Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua

Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI

TAA 15-005
PID 2039

Abril 2016

Índice

Socios del Programa 9

Participantes del PECC-Chih: Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI 10

Capítulo I. Antecedentes y visión general 13

1. 1. México y el cambio climático 13

1.2. Chihuahua y el cambio climático 15

Capítulo II. Inventario y proyecciones de emisiones de GEI de Chihuahua 19

Capítulo III. PECC-Chih: Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI 25

3.1 Fundamento y objetivo 25

3.2 Dinámica de las instituciones participantes 26

3.3 Descripción del proceso general 27

3.3.1. Selección y Diseño de políticas 29

3.3.2. Análisis Microeconómico 33

A. Conformación de las bases de datos 33

B. Herramientas: LEAP & Cuaderno de Trabajo 36

C. Cálculo de mitigación 37

D. Cálculo de los costos 39

3.3.3. Diseño del Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica 41

A. Fundamentos del Modelo MMSD-Chih 42

B. Sub-Modelo Demográfico 44

C. Sub-Modelo del Mercado Laboral 50

D. Sub-Modelo Económico 51

E. Sub-Modelo Medio Ambiente 63

F. Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica de Chihuahua 67

3.4. Panel de Expertos 69

3.5. Expertos Locales de Chihuahua 69

3.6. Entrenamiento proporcionado al panel de expertos (LEAP) 70

Capítulo IV. Sector Generación de Energía 71

4.1 Generalidades y antecedentes del sector. 71

4.2 Retos y Oportunidades del Sector 74

4.3 Políticas del Sector 75

4.4 Metodología utilizada. 75

4.5 Resultados 78

4.6. Implicaciones en materia de Política Pública. 79

Capítulo V. Sector Residencial, Comercial e Industrial 81
5.1. Generalidades y antecedentes del sector 81
5.2. Retos y oportunidades del sector 83
5.3. Políticas del sector 85
5.4. Metodología utilizada (desafío de los cálculos) 88
5.4.1. Sector Residencial 88
5.4.2. Sector Industrial 92
5.4.3. Sector Comercial 95
5.4.4. Construcción de escenarios 96
5.5. Resultados 96
5.6. Implicaciones en materia de Política Pública 98
Capítulo VI. Sector Transporte y Desarrollo Urbano 100
6.1. Generalidades y antecedentes del sector 100
6.2. Retos y oportunidades del sector 102
6.3. Políticas del sector 102
6.4. Metodología utilizada (desafío de los cálculos) 104
6.5. Resultados 108
6.6. Implicaciones en materia de Política Pública 109
Capítulo VII. Sector Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos 111
7.1 Generalidades y antecedentes del sector 111
7.1.1. Agricultura 111
7.1.2. Ganadería 113
7.1.3. Silvicultura 114
7.1.4. Residuos Sólidos Urbanos 115
7.1.6. Resultados del inventario de GEI del Sector AFW 119
7.2 Retos y oportunidades del sector 120
7.3 Políticas del sector 121
7.5 Resultados 129
7.6 Implicaciones en materia de Política Pública 132
Capítulo VIII. Resumen de resultados 135
8.1. Resultados del análisis microeconómico 135
8.2. Resultados macroeconómicos: creación de empleos y PIB economía verde 139
8.2.1. La Economía de Chihuahua 139
8.2.2. Impacto Macroeconómico de las medidas de mitigación 141
8.2.3. Impacto Ambiental de las medidas de mitigación 146
Capítulo IX. Discusión de resultados 153
9.1 Acercamientos de política 153

9.2 Particularidades por sector y por política. 154
9.3 Implementación efectiva: opciones de financiamiento 157
Capítulo X. Conclusiones generales 161

Abreviaturas y Acrónimos 163
Tabla de Unidades 165
Bibliografía 167
Agradecimientos 173
Anexos: 173
Anexo 1. Modelo insumo producto dinámico 173
Anexo 2. Proceso de selección de las políticas del PECC-Chih: etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica. 173
Anexo 3. Impacto de las políticas sobre el empleo directo e indirecto del estado de Chihuahua (2017-2025) 173
Anexo 4. Fichas técnicas-descriptivas de las políticas del PECC-Chih: etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica. 173

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de colaboración del PECC-Chih en la etapa de cuantificación. 27
Figura 2. Proceso del PECC-Chih etapa de cuantificación 28
Figura 3. Ejemplo del cálculo de mitigación de una política 39
Figura 4. Estructura Básica del Modelo MMSD-Chih. 43
Figura 5. Sub-Modelo Demográfico del MMSD-Chih. 47
Figura 6. Sub-Modelo Económico del MMSD-Chih 55
Figura 7. Sub-Modelo Medio Ambiente 65
Figura 8. Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica de Chihuahua (MMSD-Chih) 68
Figura 9. Esquema metodológico de las políticas de RCI 89
Figura 10. Políticas más destacadas en mitigación y costos. 138
Figura 11. Participación porcentual del Producto Interno Bruto en los diferentes sectores. 139
Figura 12. Participación de la Industria Maquiladora. 139

Índice de gráficas

Gráfica 1. Emisiones brutas de GEI basadas en el consumo en Chihuahua por sector, 1990-2025.. 22
Gráfica 2. Emisiones brutas de GEI basadas en el consumo en Chihuahua por sector del PECC-Chih. 24
Gráfica 3. Evolución de la Población Total de Chihuahua en 50 años. 49
Gráfica 4. Evolución de la Población de Chihuahua por Cohorte de Edad en 50 años..... 49
Gráfica 5. Evolución de la Población Económica Activa de Chihuahua en 50 años 51
Gráfica 6. Producción, Capacidad, Inversión y Producción Tendencial del Sector S1..... 59
Gráfica 7. Producción, Capacidad, Inversión y Producción Tendencial del Sector S2..... 60
Gráfica 8. Producción, Capacidad, Inversión y Producción Tendencial del Sector S3..... 60
Gráfica 9. Evolución de la Emisión de GEI Total de Chihuahua en 50 años..... 66
Gráfica 10. Generación anual bruta de energía eléctrica en Chihuahua, 2005-2014. 71
Gráfica 11. Capacidad efectiva de Chihuahua, 2005-2014. 72
Gráfica 12. Participación en la Generación de Electricidad en Chihuahua, 2015. 72
Gráfica 13. Emisiones de GEI basadas en la Producción de procedentes del Sector Eléctrico: 1990-2025. 73
Gráfica 14. Consumo energético final del sector RCI, 2014. 81
Gráfica 15. Consumo final de energía en los subsectores residencial, comercial e industrial. 82
Gráfica 16. Emisiones de CO_2 directas e indirectas del sector RCI. 83
Gráfica 17. Viviendas que cuentan con algunos de los principales servicios de energía en Chihuahua (2014). 84
Gráfica 18. Crecimiento en números índice de la industria manufacturera y el sector comercio y servicios (1999-2014). 85
Gráfica 19. Consumo de energía en el sector residencial de Chihuahua por tipo de combustible (2014). 90
Gráfica 20. Consumo de energía en el sector residencial de Chihuahua por tipo de combustible, 2014 95
Gráfica 21. Emisiones de GEI del combustible del Sector Transporte: 1990-2025 100
Gráfica 22. Estados con mayor superficie sembrada 2014. 112
Gráfica 23. Composición de los RSU en relleno sanitario de Cd. Juárez. 117
Gráfica 24. Tipo de proceso de las PTAR´s de Chihuahua. 118
Gráfica 25. Emisiones de GEI del Sector AFW: 1990-2025 119
Gráfica 26. Curva de Costos de Abatimiento, Chihuahua, 2025, en miles de toneladas de CO2e. 137
Gráfica 27. Impacto de las políticas en el PEB y en el Empleo de Chihuahua. 146
Gráfica 28. Abatimiento de mtCO2e y VPN del PIB de Chihuahua, valores acumulados al 2025. 148

Índice de tablas

Tabla 1. Emisiones de GEI Históricas y de Casos de Referencia en Chihuahua por sector. 21
Tabla 2. Política de la etapa de cuantificación del PECC-Chih. 30
Tabla 3. Variables e indicadores utilizados en el PECC-Chih. 35
Tabla 4. Indicadores Demográficos para Chihuahua, 2005. 48
Tabla 5. Indicadores de Población total, PEA total y Empleo Sectorial total. 48
Tabla 6. Indicadores de Población, PEA y Empleo Sectorial por Cohorte de Edad 48
Tabla 7. Matriz de Transacciones Intersectoriales 52
Tabla 8. Matriz de Transacciones Intersectoriales para Chihuahua, 2008. 57
Tabla 9. Indicadores de Insumo-Producto y Empleo Sectorial Total 58
Tabla 10. Emisiones de GEI Sectorial por Unidad de Producción, 2005 66
Tabla 11. Características de Generación por Planta en Chihuahua, 2015. 73
Tabla 12. Resultado del análisis microeconómico de las políticas del sector ES. 78
Tabla 13. Consumo energético sector residencial de Chihuahua por uso final (2014) 91
Tabla 14. Clasificación del consumo del sector industrial de la SENER de acuerdo al SCIAN 92
Tabla 15. Intensidades energéticas de las principales ramas del sector industrial en Chihuahua 94
Tabla 16. Consumo energético sector residencial de Chihuahua por uso final (2014) 95
Tabla 17. Resultados del análisis microeconómico de las políticas del sector RCI. 97
Tabla 18. Resultados del análisis microeconómico de las políticas del sector TDU. 108
Tabla 19. Cultivos de Chihuahua más importante a nivel nacional, 2014. 111
Tabla 20. Población ganadera de Chihuahua 2014. 114
Tabla 21. Promedio diario de RSU recolectados. 116
Tabla 22. Resultados del análisis microeconómico de las políticas del sector AFW. 130
Tabla 23. Comparación entre proyecciones y abatimiento para el 2025. 136
Tabla 24. Impacto de las políticas sobre el PEB del Estado (millones de pesos, 2008). 141
Tabla 25. Impacto de las políticas sobre el Empleo del Estado (puestos de trabajo). 144
Tabla 26. Impacto en la Mitigación y Rentabilidad de las Políticas. 149

Socios del Programa

Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF)

Desarrollo de Proyectos Sostenibles (DPS)

El Colegio de la Frontera Norte (El Colef)

Instituto Municipal de Investigación y Planeación Ciudad Juárez (IMIP)

Instituto Municipal de Planeación Chihuahua (IMPLAN)

Iniciativa Climática Regional de América Latina (LARCI)

Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)

Participantes del PECC-Chih: Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI

Miembros del Panel de Expertos

El Colegio de la Frontera Norte

Dr. Carlos Alfonso de la Parra Rentería
Coordinador

Dr. Alejandro Brugués Rodríguez
Panel de Expertos. Diseño del MMSD/Análisis Macroeconómico

Dra. Ana Córdova y Vázquez
Panel de Expertos. Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos.

Dr. Noé Aron Fuentes Flores
Panel de Expertos. Diseño del MMSD/Análisis Macroeconómico

Dr. Rigoberto García Ochoa
Panel de Expertos. Generación de Energía/ Residencial, Comercial, Industrial e Institucional

Mtra. Claudia Marcela Achoy López
Panel de Expertos. Transporte y Uso de Suelos

Mtro. Federico Antonio Martínez Aguilar
Panel de Expertos. Generación de Energía/ Residencial, Comercial, Industrial e Institucional/ Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos.

Mtra. Carolina del Rosario Sánchez Gastélum
Panel de Expertos. Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos.

Mtro. Israel Díaz Arcos
Panel de Expertos. Diseño del MMSD/Análisis Macroeconómico

Lic. Teresa de Jesús Contreras Domínguez
Panel de Expertos. Diseño del MMSD/Análisis Macroeconómico

Mtra. Mayra Patricia Melgar López
Compilación de base de datos

Miembros de la Coordinación Local

Desarrollo de Proyectos Sostenibles

Ing. José Ignacio Legarreta Castillo
Coordinador Local

Lic. Zyanya Vicke
Equipo de la coordinación local

Tanya Ramírez
Equipo de la coordinación local

Expertos Locales de Chihuahua

GERSA, S.A. DE C.V.

Ing. Gerardo Cisneros González
Experto Local. Planeación Estratégica.

Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez

Ing. Alba Celeste Pérez Sánchez
Experto Local. Transporte y Desarrollo Urbano

Instituto Municipal de Planeación Chihuahua

Arq. Claudio Fierro Islas
Experto Local. Transporte y Desarrollo Urbano

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Dra. Nancy Moreno González

Experta Local. Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica

Universidad Autónoma de Chihuahua

Dr. Gilberto Aquino De los Ríos

Experto Local. Residencial, Comercial e Industrial & Transporte y Desarrollo Urbano

Dr. Carmelo Pinedo Álvarez
Experto Local. Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos

Dra. Marusia Rentería Villalobos
Local. Suministro de Energía

Capacitación

Stockholm Environment Institute

M.Sc. Taylor Binnington
Capacitador del taller LEAP para el análisis microeconómico

Capítulo I. Antecedentes y visión general

El fenómeno del calentamiento global se define como el incremento de la temperatura del aire y de las aguas de los océanos, de los glaciares, al descenso del permafrost y al ascenso del nivel del mar que se ha observado desde finales del siglo XIX (Semarnat, 2009:2). La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) atribuye el Cambio Climático (CC) directa o indirectamente a las actividades antropogénicas que alteran la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Naciones Unidas, 1992).

Aunque existen discrepancias si el incremento de la temperatura se debe a la actividad humana o no, y hay un debate sobre si el calentamiento global impacta directa o indirectamente en los sistemas naturales, los problemas de salud pública derivados por las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) provenientes del sector transporte o de otras actividades son innegables. Por lo anterior, la implementación de acciones que mitiguen las emisiones de GEI ha logrado el interés del gobierno de varios países, incluido el mexicano.

1. 1. México y el cambio climático

Para la administración federal actual la implementación de acciones contra el CC es considerado como algo ineludible e impostergable (ENCC, 2013). Se considera que en México oficialmente el CC se convirtió en un tema de la agenda gubernamental en marzo de 1994, cuando se integró a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Después de su introducción a la Convención, el involucramiento ha sido gradual, ya sea mediante su participación en eventos de carácter internacional o en la implementación de acciones internas, como la promulgación de políticas públicas relacionadas con el tema.

Aunado a lo anterior, el gobierno mexicano ha trabajado en la implementación de políticas públicas para la mitigación y adaptación al CC en el sector forestal, agropecuario, energético, transporte, hídrico y residuos. Dentro de este esfuerzo se encuentra la Ley General para el Desarrollo Forestal Sustentable, la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, la Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía, el Programa de ahorro de energía en inmuebles de la administración pública federal, el Programa nacional hídrico, la Ley General para la prevención y gestión integral de los residuos, entre otros (INE-Semarnat, 2003).

Asimismo, el fomento de proyectos de investigación sobre el CC ha sido otra estrategia que ha impulsado el gobierno mexicano. El involucramiento de la comunidad científica en la búsqueda de acciones para la mitigación y adaptación del CC ha sido indispensable para obtener los resultados alcanzados hasta el día de hoy (IBÍD). Aunque la lista de las

instituciones involucradas y los proyectos sobre CC es larga, según el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en México se realiza investigación sobre variabilidad climática, impactos del CC, vulnerabilidad y adaptación al CC, observación sistémica del clima y mitigación de emisiones de Gases de Efectos Invernadero (GEI), y se analizan y evalúan los posibles efectos en las actividades sociales y económicas del país (INE, 2010).

De las políticas públicas del gobierno federal en materia de cambio climático, es importante destacar los siguientes logros claves:

1. La creación de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) en 2005 para promover el desarrollo de programas y estrategias de acción climática.
2. La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) publicada por primera vez en 2007, donde se derivó el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), que inició en 2008 y concluyó en 2012.
3. Un reconocimiento y respeto por su activismo en foros internacionales como país No-Anexo I, que a pesar de ello ha emitido Cinco Comunicaciones Nacionales.
4. La Ley General de Cambio Climático (LGCC) en 2012.
5. Reglamento de la LGCC en 2014.

En el artículo 47 de la LGCC se estipula que la CICC está compuesta por 14 secretarías del estado[1], y que sus atribuciones son: 1) formular e instrumentar políticas nacionales de mitigación y adaptación al CC, así como su incorporación a los programas y acciones sectoriales correspondientes; 2) Impulsar las acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos y compromisos contenidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el CC y demás instrumentos derivados de ella; 3) Participar en instrumentación del PECC; y 4) Difundir sus trabajos y resultados así como publicar un informe anual de actividades.

La ENCC más actualizada publicada en 2013, se define como el instrumento de planeación que define la visión de largo plazo y que además rige y orienta la política nacional con una ruta a seguir que establece prioridades nacionales de atención y define criterios para identificar las prioridades regionales (ENCC, 2013). La ENCC está a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), con la participación del Instituto de Ecología y Cambio Climático, la opinión del Consejo de CC, y la aprobación de la Comisión Intersecretarial de CC y publicada en el Diario Oficial de la Federación.

Con base en la ENCC de 2007, se desarrolló el PECC 2009-2012[2] donde se propusieron 105 objetivos y 294 metas. El PECC es conocido como el principal instrumento del

[1] La lista de las Secretarías está disponible en la siguiente liga:
http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PPD02/DO3599.pdf
[2]En abril de 2014, se presentó la actualización de este programa para el periodo 2014-2018
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014

gobierno federal para la implementación de acciones específicas para la reducción de GEI (IMCO, 2011). Después de la promulgación de la LGCC, se presentó la nueva actualización del PECC 2014-2018 donde se establecen los objetivos, estrategias, acciones y metas para enfrentar el CC mediante la definición de prioridades en materia de adaptación, mitigación, investigación, y la asignación de responsabilidades, tiempos de ejecución, coordinación de acciones y de resultados y estimación de costos, de acuerdo con la ENCC (PECC, 2014).

La LGCC se publicó el 6 de junio de 2012 en el DOF, pero entró en vigor hasta el 10 de Octubre de ese mismo año. Esta Ley define el marco institucional de las acciones de adaptación y mitigación en México. La LGCC establece la división de las responsabilidades entre los diferentes órdenes del gobierno (federal, estatal y municipal); la creación de la CICC, el Consejo de Cambio Climático y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Los instrumentos de planeación son 1) la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), 2) el Programa Especial de Cambio Climático y 3) los programas de las entidades federativas y de los municipios (Semarnat, 2012:394). De esta manera, los estados al igual que el gobierno federal, tienen un marco institucional para el desarrollo de objetivos ante los impactos del CC. En la LGCC se establecen metas de reducción para el 2020 y 2050: en 2020 la meta es reducir el 30% las emisiones con respecto a la línea base (2005) y en 2050 se estableció reducir el 50% de las emisiones calculadas en el año 2000.

Por último, lo que respecta al Reglamento de la LGCC, fue publicado hasta octubre de 2014. El reglamento permite que la Administración Pública Federal pueda contar con información completa, detallada y a tiempo a cerca de las emisiones de GEI (por tipo y fuente), lo que facilitará el establecimiento de instrumentos útiles y reales de política sectorial o industrial.

1.2. Chihuahua y el cambio climático

Chihuahua cuenta con una extensión territorial de 247 412 km^2, lo que la convierte en el estado con mayor extensión de México, con el 12.6 % del territorio nacional (INEGI, 2010). Colinda al norte con los estados de Nuevo México y Texas de Estados Unidos; al oeste con los estados de Sonora y Sinaloa, al sur con Durango, y al este con Coahuila. Se encuentra dividido en 67 municipios, su capital es la ciudad con el mismo nombre: Chihuahua. Con base en el Censo 2010, los municipios más poblados son Juárez, Chihuahua, Delicias, Cuauhtémoc e Hidalgo de Parral, en éstos se encuentra el 72% de la población total del estado. La población de Chihuahua representa el 11^{vo} lugar a nivel nacional. La población de Chihuahua se distribuye 85% en la región urbana y 15% en el área rural.

En Chihuahua predominan los matorrales desérticos desde las llanuras y desiertos del noroeste, también los bosques de coníferas y encinos de la Sierra Madre Occidental, y los

pastizales en las mesetas centrales. Asimismo, el estado tiene una fauna muy variada como el lobo mexicano, nutría de río, zorra del desierto, víbora de cascabel, tortuga del desierto, rata canguro, ardilla de montaña y voladora, musaraña desértica y de montaña, el borrego cimarrón, el puma, entre otros. Cuenta con 21 ríos, dos lagunas y siete presas (INEGI, 2012).

Considerando las riquezas naturales con las que cuenta Chihuahua y su gran extensión territorial, el CC también se ha convertido en un asunto de la agenda estatal. El gobierno de Chihuahua ha trabajado en la formulación de leyes y programas que promueven acciones de mitigación y/o adaptación al CC, y en donde destacan las siguientes:

- Ley de fomento para el desarrollo forestal sustentable del estado de Chihuahua, 2004. Esta Ley impulsa la conservación, protección, restauración, producción, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales en Chihuahua y sus municipios, lo que resulta muy congruente considerando la gran extensión silvícola con la que cuenta el estado;
- Programa Sectorial 2010-2016: Anexo Desarrollo Rural. Plantea el desarrollo estratégico para la sustentabilidad de las actividades productivas, la competitividad de la producción agropecuaria y forestal, el ordenamiento de los mercados locales y regionales, y la atención a las necesidades de la población rural y sus regiones más marginadas.
- Ley para el fomento, aprovechamiento y desarrollo de eficiencia energética y de energías renovables del estado de Chihuahua, 2013. Esta Ley tiene como objetivo establecer una política pública para la implementación de acciones orientadas al aprovechamiento y desarrollo de las energías renovables y la eficiencia energética, de manera congruente con el entorno social y ambiental.
- Ley de Cambio Climático del estado de Chihuahua, 2013. Esta Ley tiene como objetivo establecer mecanismos para el diseño, instrumentación, ejecución y evaluación de políticas públicas para la adaptación al CC y la mitigación de emisiones de GEI. Esta ley permitió el establecimiento de la Comisión Intersecretarial de CC de la entidad, siendo ésta el marco donde se desarrollan los trabajos de elaboración del PECC-Chih.

No obstante, es importante señalar que previo a la Ley de Cambio Climático del estado de Chihuahua, la primera acción que capitalizó a todos los sectores que involucran al CC fue *el inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025* (IGEI-Chih), que inició en 2009 y se presentó en 2010. El IGEI-Chih fue impulsado por la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), El Centro de Estrategias del

Clima (CCS, por sus siglas en inglés), y la colaboración del Gobierno del Estado de Chihuahua.

Después de presentarse el IGEI-Chih. en 2010 y de la promulgación de la Ley de Cambio Climático del estado de Chihuahua en 2013. La COCEF, el CCS, el Gobierno del Estado de Chihuahua y el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) iniciaron el proceso de elaboración del PECC-Chih., documento que fue presentado en enero de 2015.

En el PECC se identificaron 209 políticas de mitigación de GEI, se completó con trabajos en materia de políticas de adaptación al CC, estudios de vulnerabilidad, riesgo y cuantificación de costos e impactos socioeconómicos y ambientales. Al final del PECC se contó con una lista de 23 políticas de mitigación que los expertos identificaron como *prioritarias*, las que fueron analizadas en la *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI* del PECC-Chih.

En este documento se retoman los resultados de la primera etapa del PECC-Chih, y se presentan los resultados de la *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI.*

Capítulo II. Inventario y proyecciones de emisiones de GEI de Chihuahua

En el presente capítulo se describe de manera breve el documento "*Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025*", identificado como Inventario de GEI de Chihuahua o IGEI-Chih, elaborado por La Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), El Centro de Estrategias Climáticas (CCS, por sus siglas en inglés) y El Gobierno del estado de Chihuahua en el año 2010. Cabe destacar que dicho documento fue uno de los insumos principales para la elaboración del PECC-Chih, presentado en enero de 2015.

El objetivo del IGEI-Chih es realizar una evaluación preliminar de las emisiones de GEI durante el periodo 1990-2005, y de las proyecciones de 2006-2025. El documento sirve como referencia de las emisiones de GEI actuales y de las posibles emisiones futuras del estado. Asimismo, los resultados de este estudio fueron la base para el diseño y cálculo de mitigación de las políticas de esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica* del PECC-Chih.

El IGEI-Chih se elaboró utilizando una serie de principios y lineamientos generales aceptados para inventarios estatales de emisiones GEI. Además, considera los seis tipos de gases que se incluyeron en el Inventario Nacional de emisiones GEI de México (INEGEI) y en el Protocolo de Kioto:

- Dióxido de carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Óxido nitroso (N_2O)
- Hidrofluorocarbonos (HFCs)
- Perfluorocarbonos (PFCs)
- Hexafluoruro de azufre (SF_6)

Todas las emisiones de estos GEI se presentan en la unidad "dióxido de carbono equivalente (CO_2e)", indicando la aportación relativa de cada gas, por masa unitaria, al forzamiento radiactivo global promedio con base en el Potencial de Calentamiento Global (PCG). Los factores de conversión utilizados para cada gas son los que considera el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*[3].
El IGEI-Chih dividió la información en los siguientes sectores de estudio:

1. Con base al consumo eléctrico
2. Residencial, Comercial e Industrial (RCI)
3. Transporte
4. Industria de combustibles fósiles

[3] Documento disponible en la siguiente liga: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html

5. Procesos industriales
6. Manejo de residuos (bruto)
7. Agricultura
8. Silvicultura y uso de suelo

Para la realización del IGEI-Chih se siguieron los siguientes principios y lineamientos generales:

- Transparencia: En los anexos del documento original se incorporaron las fuentes de datos, métodos y los supuestos clave para cada uno de los cálculos.
- Consistencia: El inventario y las proyecciones se diseñaron con consistencia externa con los sistemas estatales y nacionales actuales o futuros de presentación de informes sobre GEI.
- Prioridad a las fuentes de datos estatales y locales existente: En caso de surgir alguna controversia entre distintas fuentes, el CCS concedió mayor prioridad a los datos y análisis locales y estatales, seguido por las fuentes regionales y nacionales, como la extrapolación lineal constante de las tendencias usadas por defecto cuando sea necesario.
- Prioridad a las fuentes de emisiones significativas: Se le dio menos atención a las fuentes con niveles de emisión relativamente bajos que a las que presentaron mayores contribuciones.
- Cobertura integral de gases, sectores, actividades estatales y periodos de tiempo: Se abordaron los seis gases GEI considerados por el IPCC; las estimaciones de los inventarios son del periodo 1990-2005; las proyecciones para cada fuente inicia al año siguiente del inventario más reciente y se extiende hasta el 2025.
- Uso de estimaciones basadas en el consumo: Se calcularon las emisiones generadas por las actividades que se realizan en Chihuahua para el sector suministro de electricidad. El objetivo de elegir este método fue porque refleja de manera más precisa el impacto de las estrategias políticas basadas en datos estatales tendientes a la eficiencia energética en las emisiones globales de GEI.

En el reporte de IGEI-Chih se señala la existencia de algunas lagunas de información en el cálculo, especialmente con las proyecciones de los casos de referencia. Para subsanar dichas lagunas se recurrió al análisis y actualización de los generadores de emisiones claves en las emisiones de GEI en el futuro del estado, como los supuestos sobre el índice de crecimiento para la generación y consumo de electricidad, consumo de combustible para transporte, procesos industriales y consumo de combustible en el sector RCI. Los detalles de estos ajustes y adecuaciones se encuentran en los apéndices A y H del documento completo[4].

Siguiendo la metodología del IPCC, con las adecuaciones necesarias para ajustarlo a las condiciones del estado y con la colaboración de diversas instituciones estatales y federales, se presentan los siguientes resultados:

[4] El documento disponible en la siguiente liga: http://www.cocef.org/desarrollo-de-capacidades/publicaciones-e-informes/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-chihuahua-y-proyecciones-de-casos-de-referencia-1990-2025#.VgQ35stViko

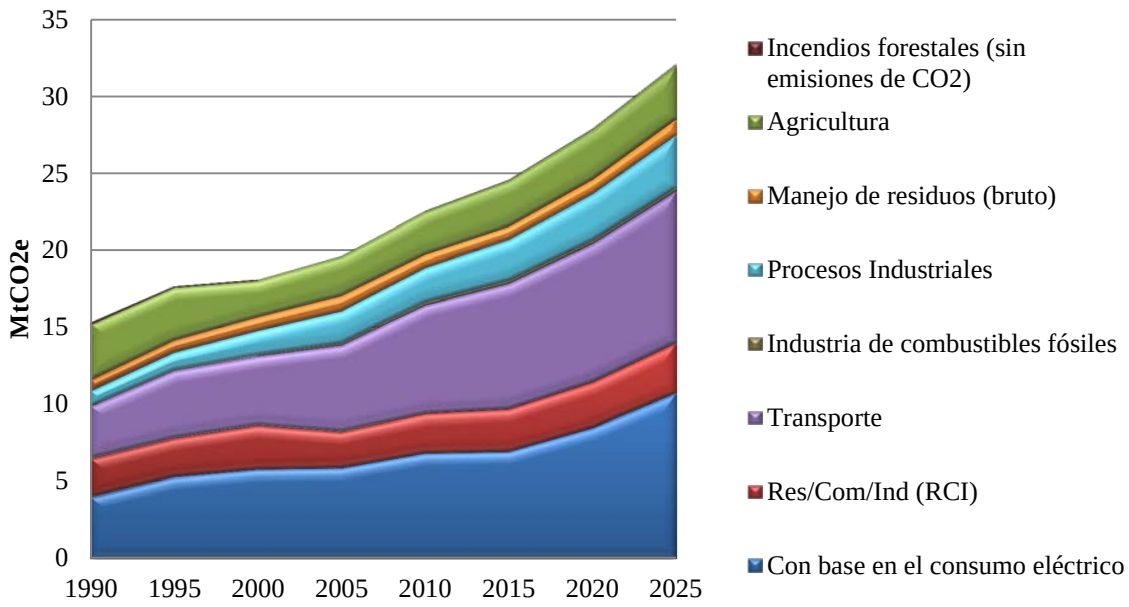
Tabla 1. Emisiones de GEI Históricas y de Casos de Referencia en Chihuahua por sector.

Emisiones de GEI Históricas y de Casos de Referencia en Chihuahua por Sector								
Millones de toneladas métricas de CO2	**1990**	**1995**	**2000**	**2005**	**2010**	**2015**	**2020**	**2025**
Con base al con consumo energético	**9.9**	**12.2**	**13.2**	**14**	**16.7**	**18.1**	**20.7**	**24.1**
Con base en el consumo eléctrico	**4.02**	**5.34**	**5.83**	**5.91**	**6.86**	**6.98**	**8.52**	**10.79**
Con base en la producción de electricidad	*4.31*	*4.04*	*5.96*	*6.2*	*5.55*	*8.22*	*7.19*	*7.55*
Gas/Diésel	0.23	0.25	0.2	0.02	0.004	0	0	0
Gas natural	0.79	0.94	2.83	3.67	3.98	7.42	7.19	7.55
Combustóleo	3.29	2.85	2.93	2.51	1.57	0.81	0	0
Electricidad Neta Importada	-0.3	1.29	-0.13	-0.29	1.31	-1.24	1.33	3.24
Res/Com/Ind (RCI)	**2.52**	**2.53**	**2.86**	**2.37**	**2.58**	**2.76**	**2.96**	**3.25**
Gas/Diésel	0.08	0.19	0.22	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06
Gasolina:Motor	0	0	0	0	0	0	0	0
Gas licuado de petróleo	1.40	1.37	1.09	0.94	0.84	0.78	0.74	0.71
Gas natural	1.01	0.93	1.39	1.18	1.46	1.68	1.9	2.20
Combustóleo	0	0	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21	0.23
Biocombustibles sólidos: leña	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
Transporte	**3.37**	**4.36**	**4.49**	**5.60**	**7.02**	**8.12**	**8.98**	**9.85**
Transportación carretera-gasolina	1.95	2.88	3.05	3.84	4.57	5.26	5.77	6.29
Transportación carretera-diésel	0.96	1.13	0.97	1.37	2.10	2.49	2.81	3.14
Transportación carretera-GLP	0.02	0.05	0.21	0.20	0.08	0.07	0.07	0.07
Transportación carretera-Gas Nat.	0	0	0	0	0.01	0.01	0.02	0.03
Aviación	0.22	0.11	0.07	0	0	0	0	0
Ferrocarril	0.22	0.19	0.19	0.20	0.26	0.29	0.31	0.33
Industria de combustibles fósiles	**0**	**0**	**0.05**	**0.11**	**0.20**	**0.21**	**0.21**	**0.22**
Transmisión de gas natural	0	0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Distribución de gas natural	0	0	0.04	0.11	0.19	0.2	0.2	0.21
Procesos Industriales	**0.98**	**1.17**	**1.59**	**2.10**	**2.25**	**2.64**	**3.04**	**3.44**
Producción de cemento	0.18	0.24	0.30	0.42	0.62	0.78	0.93	1.09
Producción de hierro y acero	0.38	0.38	0.38	0.65	0.61	0.72	0.83	0.94
Uso de piedra caliza y dolomita	0.32	0.45	0.77	0.87	0.81	0.91	1.01	1.12
Sustitutos SDO	0.09	0.11	0.13	0.17	0.20	0.24	0.27	0.30
Manejo de residuos (bruto)	**0.73**	**0.82**	**0.91**	**1.02**	**0.89**	**0.88**	**0.93**	**1.03**
Aguas residuales domésticas	0.29	0.34	0.37	0.39	0.40	0.42	0.43	0.45
Aguas residuales industriales	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Rellenos sanitarios	0.33	0.37	0.41	0.46	0.33	0.30	0.34	0.42
Quema a cielo abierto	0.10	0.12	0.13	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15
Almacenamiento de carbono en rellenos sanitarios	-0.08	-0.08	-0.10	-0.09	-0.10	-0.11	-0.12	0
Agricultura	**3.64**	**3.46**	**2.38**	**2.55**	**2.76**	**3.00**	**3.27**	**3.54**
Fermentación entérica	2.23	2.19	1.39	1.54	1.70	1.88	2.08	2.26
Manejo de estiércol	0.059	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07
Suelos manejados	1.35	1.21	0.96	0.97	1.02	1.07	1.13	1.21
Silvicultura y uso de suelo	**-7.09**	**-7.65**	**-6.52**	**-7.85**	**-8.36**	**-8.36**	**-8.36**	**-8.36**
Forestal (flujo de carbono)	-7.24	-7.69	-6.57	-7.75	-8.31	-8.31	-8.31	-8.31
Incendios forestales (sin emisiones de CO2)	0.15	0.06	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Cultivos leñosos	0.01	-0.02	-0.01	-0.1	-0.06	-0.06	-0.06	-0.06
Emisiones brutas (en base al consumo)	**15.4**	**17.74**	**18.18**	**19.67**	**22.57**	**24.6**	**27.94**	**32.13**
Incremento relativo a 1990	0%	15%	18%	28%	47%	60%	81%	109%
Sumideros para emisiones	**-7.32**	**-7.78**	**-6.67**	**-7.82**	**-8.41**	**-8.42**	**-8.43**	**-8.31**
Emisiones netas (incl. silvicultura*)	**8.09**	**9.96**	**11.51**	**11.83**	**14.16**	**16.18**	**19.5**	**23.82**
Incremento relativo a 1990	0%	23%	42%	46%	75%	100%	141%	195%
Emisiones brutas (con base a la producción)	**15.7**	**16.45**	**18.31**	**19.97**	**21.26**	**25.85**	**26.61**	**28.89**
Incremento relativo a 1990	0%	5%	17%	27%	35%	65%	69%	84%
Emisiones netas (incl. silvicultura*)	**8.38**	**8.67**	**11.64**	**12.12**	**12.85**	**17.42**	**18.18**	**20.58**
Incremento relativo a 1990	0%	3%	39%	45%	53%	108%	117%	145%

Fuente: Elaboración propia con datos de COCEF-CCS-Gobierno del estado de Chihuahua, 2010.

Nota: *Los totales difieren de la suma exacta de los subtotales mostrados en este cuadro debido al redondeo independiente.*

Gráfica 1. Emisiones brutas de GEI basadas en el consumo en Chihuahua por sector, 1990-2025



Fuente: Elaboración propia con datos de COCEF-CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010.

Considerando las emisiones brutas basadas en el consumo de Chihuahua durante el periodo 1990-2005, se puede identificar que los GEI aumentaron un 27%, 4 unidades menos que las emisiones nacionales para esos mismos años que fue de 31%.

En 2005 la principal fuente de emisiones de GEI en el estado es el uso de energía, tales como generación de energía, transporte, producción de combustibles fósiles y exploración, así como el consumo de combustibles primarios residencial, comercial e industrial (gasolina, diésel, carbón, gas natural, gas licuado de petróleo). En ese mismo año, el sector energético representó el 72% de las emisiones totales de GEI en el estado, mientras que a nivel nacional el sector eléctrico representó el 63% del total.

Los GEI incluidos en el sector Con base en el consumo eléctrico fueron el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Las emisiones para este sector se estiman en la fuente de combustión de la planta de generación de electricidad. Las emisiones *upstream* o *Corriente Arriba* del sector eléctrico que ocurren dentro de las de las fronteras de Coahuila se incluyen en el sector de industria de combustibles fósiles. Los datos utilizados fueron los estimados de las emisiones basadas en el consumo, excepto cuando se comparan las emisiones estatales con las del INEGEI, cuyos resultados siguen una contabilidad por producción.

Los GEI incluidos en el sector RCI fueron el CO_2, CH_4 y N_2O al quemar combustible en calefacciones domésticas, calentadores de agua, procesos industriales, cocinas y otras aplicaciones energéticas. Las emisiones totales directas de GEI procedentes de la quema de petróleo, Gas Natural (GN), Gas Licuado de Petróleo (GLP), carbón y leña. El sector industrial incluye las emisiones relacionadas con el consumo energético en la agricultura y el gas natural que se usa como combustible para operaciones de extracción y como combustible en plantas de procesamiento. Cabe destacar que en el sector RCI no se contabilizaron las emisiones producidas por el consumo de electricidad.

Los GEI incluidos en el sector Transporte fueron el CO_2, CH_4 y N_2O, donde el CO_2 representa el 96% de las emisiones, seguido por el N_2O con 3% y metano 0.5%. Considera las emisiones del consumo de energía relacionadas con el transporte carretero, embarcaciones marítimas, motores ferroviarios y aviación. Los cálculos se realizaron considerando las ventas de combustible en el estado, los consumos de combustible para ferrocarril se estimaron con base en el consumo nacional, porque los datos a nivel estatal no estaban disponibles. Las estimaciones de óxido nitroso y metano están basadas en el consumo de combustibles y en el tipo de equipo de control instalado en el vehículo.

Las emisiones de Combustibles Fósiles incluidas fueron las emisiones fugitivas relacionadas con la producción, procesamiento, transmisión y distribución de petróleo y gas, y las emisiones fugitivas derivadas de la explotación de las minas de carbón. Las emisiones de GEI en Chihuahua están limitadas a la transmisión y distribución de gas natural, porque Chihuahua no tiene depósitos de carbón, ni petróleo, ni reservas de gas natural.

Los GEI incluidos en el sector Procesos industriales fueron CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC y SF. Las emisiones generadas en este sector son una lista larga de actividades y reflejan fuente de emisiones de GEI que no proceden de la combustión. Las emisiones derivadas de la combustión por parte del sector industrial están comprendidas en el sector Quema de Combustibles Residencial, Comercial e Industrial. Se consideraron las emisiones de las siguientes actividades: combustión de la producción de cemento, uso de piedra caliza y dolomita, emisiones sin combustión de la producción de hierro y acero, y sustitutos de sustancias destructoras del ozono (SDO) usadas en la aplicación de refrigeración y aire acondicionado.

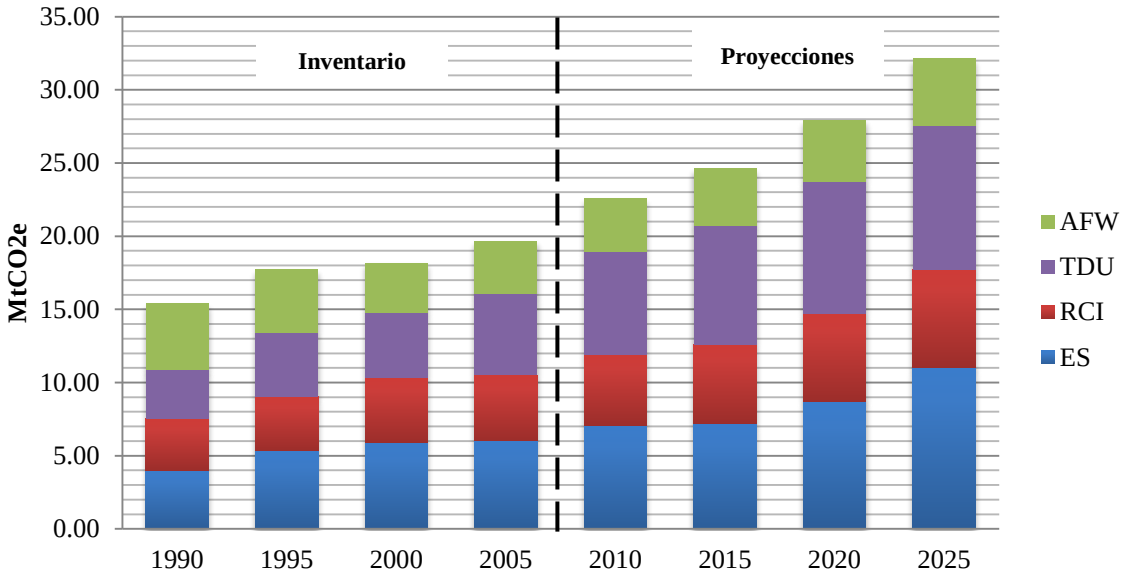
Por otro lado, el PECC-Chih estructuró la información ligeramente diferente a la del IGEI-Chih. En el primer documento, los sectores se organizaron de la siguiente manera:

1. Agricultura, silvicultura y gestión de residuos (AFW, por sus siglas en inglés), este sector también incluye ganadería.
2. Suministro de Energía (ES)
3. Residencial, Comercial e Industrial (RCI)
4. Transporte y Desarrollo Urbano (TDU)

El sector AFW incluye acciones de la Agricultura, Manejo de Residuos, Silvicultura y Uso de Suelo; RCI considera el consumo de energía en el sector Residencial, Comercial e Industrial y Procesos industriales; ES contempla el sector con base en el consumo eléctrico y la industria del combustible fósil; por último, TDU incluye el sector transporte.

Con base en los 4 sectores del PECC-Chih, los resultados del inventario y pronóstico de emisiones para el periodo 1990-2025 quedaría de la siguiente manera:

Gráfica 2. Emisiones brutas de GEI basadas en el consumo en Chihuahua por sector del PECC-Chih.



Fuente: Elaboración propia con datos de COCEF-CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua

Los resultados organizados como en el PECC-Chi, muestran que el sector ES se posiciona como el mayor emisor durante todo el periodo de estudio; seguido por los sectores: TDU, RCI, y al final AFW.

Capítulo III. PECC-Chih: Cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI

El presente capítulo es una narrativa del proceso de elaboración de la *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de los Gases de Efecto Invernadero* (GEI) del PECC-Chih. Se incluyen los antecedentes del PECC-Chih, sus objetivos, los actores, la dinámica de trabajo, y la descripción y metodología de cada una de las actividades del proyecto.

3.1 Fundamento y objetivo

El esfuerzo por diseñar estrategias para la reducción de GEI en los estados de: Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas, inició en 2009, cuando la COCEF, con el apoyo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), pidió al Centro de Estrategias del Clima (CCS, por sus siglas en inglés) que colaborara con expertos e instituciones de los estados para realizar los inventarios estatales de GEI, con datos de 1990-2005, y con proyecciones hasta 2025.

Posteriormente, la COCEF con fondos del Programa Ambiental México-Estados Unidos/ Frontera 2012, con la participación del CIMAV, y el apoyo del Gobierno del estado de Chihuahua, realizó la primera etapa del PECC-Chih, la cual consistió principalmente en la Identificación de políticas de mitigación.

En relación a lo anterior, cabe mencionar que la primera etapa del PECC-Chih, fue presentada en enero de 2015, los contenidos principales de dicho documento son:

1) la lista de políticas de mitigación y adaptación al CC,

2) estudios de vulnerabilidad y riesgo,

3) el inventario realizado por el CCS.

Al final de la primera etapa del PECC-Chih se incluyó la lista de *23 políticas de mitigación prioritarias*, aquellas políticas que según los expertos y participantes consideraron como pertinentes en los sectores de actividad correlacionadas con el inventario de GEI.

Los esfuerzos anteriores, sentaron las bases para "La *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI del estado de Chihuahua", la cual* constituye el siguiente paso dentro del esfuerzo para mitigar el CC en la región fronteriza, especialmente en el estado.

Cabe destacar que Chihuahua es el tercer estado fronterizo en desarrollar esta etapa. En el inicio del proyecto se plantearon las siguientes metas:

- Desarrollar un PECC que incluyera el diseño de las políticas de mitigación de GEI, con la cuantificación de acciones y resultados esperados, y el análisis microeconómico para identificar reducciones de emisiones y los costos de implementar dichas políticas;
- Ser el primer estado en diseñar un Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica con las características socioeconómicas y ambientales locales, para llevar a cabo el análisis macroeconómico de las políticas seleccionadas;
- Realizar un análisis macroeconómico para las propuestas de política de mitigación;
- Preparar un reporte final de la etapa de cuantificación del PECC-Chih.
- Mejorar la capacidad del gobierno estatal para planificar acciones ante el CC, la cuantificación y el análisis económico de las propuestas de política.

3.2 Dinámica de las instituciones participantes

Las instituciones que trabajaron en la elaboración de *la etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de mitigación de GEI* del PECC-Chih:

- *Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF)*: La COCEF aportó los recursos para la realización de esta etapa de cuantificación, y estuvo a cargo de la coordinación.

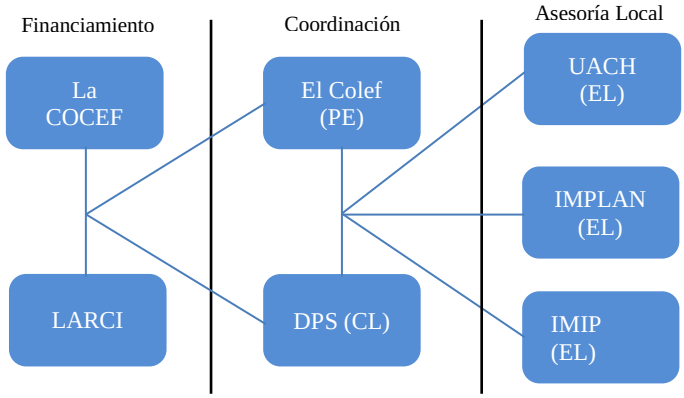
- *El Colegio de la Frontera Norte (El Colef)*: El Colef proporcionó al Panel de Expertos (PE) que llevaron a cabo: 1) la selección y diseño de política, 2) el cálculo de mitigación de GEI, 3) el cálculo de los costos, 4) el diseño del Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica (MMSD), 5) el análisis macroeconómico, y 6) la redacción del reportes de resultados.

- *Desarrollo de Proyectos Sostenibles (DPS)*: La consultoría DPS estuvo a cargo de la coordinación local del proyecto, y fue el principal enlace entre el Panel de Expertos de El Colef y los Expertos Locales de Chihuahua. La consultoría DPS proporcionó su plataforma electrónica del mismo nombre para realizar el intercambio de ideas y documentos entre todos los participantes.

- *Iniciativa Climática Regional de América Latina (LARCI)*: Fue a través de LARCI que el organismo *Climate Works Foundation*, se sumó a la iniciativa de la COCEF para realizar este estudio y proveyó de una parte de los recursos para contratar a El COLEF.

- *Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ciudad Juárez (IMIP):* El IMIP a través de su equipo de expertos, proporcionó la asesoría para el diseño y cálculo de las políticas de mitigación del sector TDU.
- *Instituto Municipal de Planeación Chihuahua (IMPLAN):* El IMPLAN proporcionó asesoría en el diseño y cálculo de las políticas del sector TDU.
- *Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH):* La UACH a través de personal académico del Departamento de Recursos Naturales y Ecología, brindaron la asesoría para el diseño, el cálculo de mitigación y el cálculo de los costos de las políticas de los sectores: AFW, ES y RCI.

Figura 1. Diagrama de colaboración del PECC-Chih etapa de cuantificación.

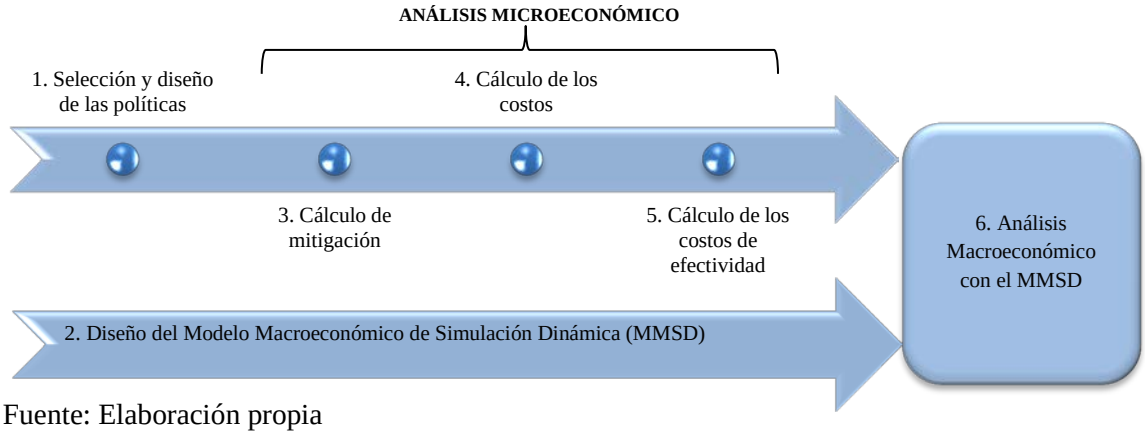


Fuente: Elaboración propia

3.3 Descripción del proceso general

El propósito de esta sección es describir el proceso general de elaboración de la *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI* del PECC-Chih. Los detalles específicos del diseño y cálculo de cada una de las políticas analizadas serán presentados en los apartados correspondientes a cada sector.

Figura 2. Proceso del PECC-Chih etapa de cuantificación



Fuente: Elaboración propia

El proceso se divide en 6 actividades:

1. *Selección de políticas.* Al principio se seleccionaron las políticas que fueron evaluadas, se verificó que fueran cuantificables en materia de emisiones de GEI y que contaran con información disponible. Después se definieron los siguientes componentes para cada política: 1) meta de reducción, 2) temporalidad, 3) cobertura, 4) actores involucrados, 5) mecanismos de implementación, y 6) fuentes de financiamiento.
2. *Diseño del MMSD.* A la par de la primera actividad, se inició el diseño del Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica (MMSD). El MMSD se realizó de una manera ordenada y coherente con la realidad económica del estado de Chihuahua, para la cuantificación socio-económica de los impactos macroeconómicos de las políticas públicas seleccionadas de mitigación de las emisiones de GEI.
3. *Cálculo de mitigación posible de cada política.* Después que se seleccionaron y diseñaron las políticas que fueron evaluadas en esta etapa, se inició el *cálculo de mitigación* de emisiones de GEI que se podrían abatir con la implementación de cada una de las políticas seleccionadas.
4. *Cálculo de costos.* Enseguida se calculó el costo de capital, y operación y mantenimiento de cada una de las políticas seleccionadas.
5. *Costo de efectividad.* Con base en los resultados de las dos actividades anteriores, se procedió a determinar el costo de efectividad, en este caso, el costo por tonelada de CO_2e reducida. A esta parte del proceso también se le conoce como *análisis microeconómico,* y los resultados de estas actividades son el insumo del análisis macroeconómico. La ejecución de esta actividad se llevó a cabo con la ayuda del

software *The Long-range Energy Alternatives Planning System* (LEAP, por sus siglas en inglés).

6. *Análisis macroeconómico.* Al final se lleva a cabo el análisis macroeconómico con la ayuda del MMSD. Con los datos dentro del modelo econométrico, se simularán impactos en la economía del estado de cada opción de política, principalmente midiendo efectos en los principales indicadores como el Producto Interno Bruto Estatal (PIB Estatal) y el empleo.

3.3.1. Selección y Diseño de políticas

A continuación se describe el proceso para la selección y diseño de las 36 políticas analizadas en la *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica* del PECC-Chih. El primer paso fue la selección, ésta se elaboró tomando en cuenta y respetando las acciones propuestas por los Grupos Técnicos de Trabajo de la primera etapa del PECC-Chih. El proceso está compuesto por los siguientes pasos:

- En el primer paso se identificaron las 23 acciones marcadas como prioritarias en la primera etapa del PECC-Chih, que se encontraban organizadas en cinco diferentes sectores:
    a. Residencial, Comercial e Industrial (RCI);
    b. Suministro de Energía (SE);
    c. Transporte, Uso del Suelo y Desarrollo Urbano (TDU);
    d. Agricultura, Silvicultura y Manejo de Residuos (AFW); y
    e. Temas Transversales (TT).

- En el segundo paso se revisó que las 23 opciones de política fueran cuantificables en materia de mitigación de emisiones. Esto quiere decir, que en la implementación de estas acciones se pueda medir la reducción de emisiones de GEI. Después de este ejercicio se encontraron 13 acciones que cumplían con este parámetro estipulado. Se descartaron todas las acciones del sector TT porque la mayoría estaban enfocadas a la educación ambiental o elaboración de programas.

- En el tercer paso se hizo un esfuerzo por darle especificidad a cada una de las 13 opciones de política, porque algunas de ellas estaban un poco generales, o incluían más de un tema. Por lo que se intentó identificar hacia donde se enfocaría la propuesta. Dos casos destacados de esta situación fue: 1) la acción número 4 del sector RCI, estaba enfocada en la eficiencia energética en los hogares, pero no describía las técnicas que se podrían implementar; y 2) la acción número 2 del sector AFW, que incluía 2 temas diferentes, la eficiencia en el riego agrícola y en el uso de fertilizantes. En esta actividad la lista de políticas creció de 13 a 31 opciones cuantificables y especificadas.

- En el cuarto paso se identificó que cada una de las acciones estuviera ubicada en el sector donde su tema impactara directamente. Del resultado de esta tarea, 9 acciones tuvieron que ser reubicadas a otro sector, estas fueron: RCI.12, RCI.13, RCI.14 y RCI.15 que provenían de la acción número 2 del sector SE; SE.3 que estaba en la acción número 1 de AFW; y AFW.4, AFW.6 y AFW.7 que estaba ubicada en la acción número 2 de SE (Los detalles de este paso pueden ser revisados en el Anexo 2).

La lista de políticas que fueron analizadas en esta etapa de cuantificación quedó de la siguiente manera

Tabla 2. Listado de políticas de la etapa de cuantificación del PECC-Chih.

Sector	Política
Generación de Energía	
ES.1	Celdas Fotovoltaicas Concentradas para la Generación de Electricidad
ES.2	Celdas Fotovoltaicas Distribuidas en Edificios para la Generación de Electricidad
ES.3	Uso de Residuos Forestales para Generar electricidad, calor y vapor
ES.4	Generación de Electricidad con Gas Natural
ES.5	Micro-hidroeléctricas
Residencial, Comercial e Industrial	
RCI.1	Eficiencia Energética en Refrigeradores
RCI.2	Eficiencia Energética en Iluminación en Viviendas Existentes
RCI.3	Instalación de Calentadores Solares de Agua en Viviendas Existentes
RCI.4	Instalación de Calentadores Solares de Agua en Nuevas Viviendas
RCI.5	Calentadores Solares en Hoteles y Restaurantes
RCI.6	Calentadores de Paso en Viviendas Nuevas
RCI.7	Calentadores de Paso en Viviendas Existentes
RCI.8	Aislamiento Térmico en Nuevas Viviendas
RCI.9	Aislamiento Térmico en Viviendas Existentes
RCI.10	Eficiencia Energética en el Sistema de Bombeo Agrícola
RCI.11	Sustituir Otros Combustibles por GN en el sector Industrial para generación de calor
RCI.12	Cogeneración en hoteles y establecimientos similares
RCI.13	Eficiencia Energética en Maquinaria del Sector Industrial Manufacturero
RCI.14	Eficiencia Energética en Iluminación del Sector Industrial Manufacturero
RCI.15	Intensidad Energética en maquinaria del Sector Minero
RCI.16	Eficiencia Energética en motores del Sector Construcción
Transporte y Uso de Suelo	
TDU.1	Sustitución de autobuses de transporte colectivo
TDU.2	Conducción eficiente para conductores de camiones de carga
TDU.3	Programa de autos eficientes
TDU.4	Consumo de bioetanol en el sector transporte

TDU.5	Ruta para el transporte de carga
Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos	
AFW.1	Sustitución de fertilizantes inorgánicos por orgánicos
AFW.2	Reconversión de cultivos agrícolas
AFW.3	Mejoras en la silvicultura de la región forestal.
AFW.4	Biodigestores en granjas lecheras
AFW.5	Aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU
AFW.6	Biodigestor para la PTAR de Cd. Juárez
AFW.7	Biodigestor para la PTAR de Chihuahua
AFW.8	Bioetanol a partir de esquilmo agrícolas
AFW.9	Aplicación de Prácticas de Manejo de Agostaderos
Temas Transversales	
TT.1	Crecimiento Inteligente

Una vez que se contó con la lista de las 36 políticas, se procedió con el diseño de las mismas. La primera versión del diseño fue trabajada por el Panel de Expertos (PE), y posteriormente se le compartió el documento a los Expertos Locales de Chihuahua (EL), los cuales incorporando su experiencia y conocimiento de la región, propusieron algunas modificaciones y aportaron información que hacía falta.

La colaboración entre el PE y los EL de Chihuahua se realizó a través de la plataforma electrónica del DPS. Este medio facilitó el intercambio de documentos y permitió la discusión de algunos temas muy específicos. Asimismo, se realizaron diversas videoconferencias entre los expertos de cada uno de los sectores para revisar avances del proyecto. El trabajo entre estos dos grupos inició a finales del mes de junio y finalizó a principios de septiembre de 2015.

El formato guía o base para el diseño de política fue la “Ficha Técnico-Descriptiva”, éste es un documento-resumen donde se muestran los componentes más importantes de la política. Este formato permite capitalizar el conocimiento especializado de las partes involucradas en el desarrollo del PECC-Chih. Como se mencionó anteriormente, el PE llenó los campos descriptores de las políticas (Descripción, Meta de reducción, Temporalidad, Cobertura), mientras que los EL de Chihuahua con la ayuda del PE, completaron los campos que requirieron conocimiento local (Actores, Mecanismos, Barreras, entre otros). Los componentes de estas fichas son los siguientes:

1. Título de la política:
[*En esta sección se colocará el título de la propuesta de política***.]**
2. Clave de la política:
[*A cada propuesta de política le corresponde una clave según al sector que pertenece, y el número de política que es. Por ejemplo: ES.1****]***
3. Descripción de la política:
[*En esta sección se incluye la visión general de la política. También se puede agregar brevemente el escenario actual a nivel estatal del tema en cuestión***.]**
4. Meta de reducción:
[*Expresar en forma numérica la cifra que se propone como objetivo de mitigación, en la unidad que le corresponda. Por ejemplo: Reducir la intensidad energética en el sector industrial de 0.43 KWh/$. Las unidades pueden variar, según la política***.]**
5. Tiempo:
[*El año de inicio y finalización de la política. Por ejemplo: 2017-2025; 2018-2025; etc****.]***
6. Cobertura:
[*Favor de especificar el sector, y alcance geográfico (municipio, región, sección, etc.) donde se implementará la política.***]**
7. Actores involucrados:
[*Las instituciones, organismos de la sociedad civil, universidades, centros de investigación, dependencia de gobierno y/o empresas que estarán relacionadas directa e indirectamente en la implementación de la política***.]**
8. Mecanismos de implementación:
[*Agregar las actividades que se requieren para cumplir con la meta de la política.***]**
9. Programas relacionados con el tema:
[*Agregar los programas o planes que tengan relación con objetivos similares de la política***.]**
10. Barreras de implementación:
[*Agregar los posibles obstáculos que impidan o retrasen la aplicación de la política***.]**
11. Fuente de financiamiento:
[*Las instituciones que proporcionarán el financiamiento para la implementación de la política***.]**
12. Bibliografía:
[*En esta sección se van agregar las fuentes que fueron utilizadas para el análisis o aquellas que podrían exponer otros casos similares a esta política***.]**

Respecto a lo anterior cabe destacar que las fichas de las políticas, estaban disponibles en la plataforma del DPS para que los EL de Chihuahua pudieran tener acceso a ellas, para realizar las modificaciones u observaciones que ellos considerasen necesarias. Una vez que se definió cada uno de los componentes de las fichas, el siguiente paso consistió en realizar el análisis Microeconómico, tal como se describe en el siguiente apartado.

3.3.2. Análisis Microeconómico

De las 36 políticas seleccionadas, 35 fueron consideradas para el análisis microeconómico, porque la política TT.1-*Crecimiento inteligente* no es cuantificable. Considerando el diagrama del proceso general de la *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI* del PECC-Chih presentado en la figura 2, la actividad 3, 4 y 5 corresponden al análisis microeconómico. En esta sección la información se presentará en tres partes importantes, en la primera se describirán las bases de datos que fueron utilizadas para las cálculos, en la segunda las herramientas empleadas, y al final el procedimiento del cálculo de mitigación y costos.

El análisis microeconómico de las políticas de mitigación permite conocer 1) el potencial de abatimiento y 2) el costo total por el uso de cierta tecnología o la implementación de alguna actividad que se propone en cada una de las políticas analizadas. Al final, uno de los resultados más importantes del análisis microeconómico, es el costo de efectividad de cada política, expresado en pesos por tonelada equivalente de CO_2e mitigada (MXN$/t$CO_2e$).

El análisis microeconómico está compuesto por dos cálculos: mitigación y costos, en el primero se obtiene la cantidad total de CO_2e que se podría reducir o incrementar con la implementación de cada política, y del segundo se obtiene el costo total de dicha actividad. El cálculo de estos dos resultados arroja el costo de efectividad.

Los resultados del análisis microeconómico son presentados en la curva de costo de abatimiento, esta curva facilita la identificación de las acciones que mitigan más, las que cuestan menos, que presentan ahorros y las más caras. Esta herramienta gráfica es de gran utilidad para los tomadores de decisiones, pues es fácil de interpretar.

A. Conformación de las bases de datos

En esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación* del PECC-Chih se utilizaron una serie de variables e indicadores de temas diversos como población, vivienda, economía, energía, transporte, agricultura, ganadería y ambiente. Para su conformación se utilizaron bases y fuentes de información entre las cuales destacan las siguientes:

1) Censo General de Población y Vivienda;
2) Censo Agrícola, Ganadero y Forestal,
3) Censos Económicos, información por sector, rama y sub rama;
4) Anuarios Estadísticos del Estado de Chihuahua;
5) Cuentas Nacionales;
6) Tabulados básicos del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía).

Asimismo se consultaron las Proyecciones de Población y de los Hogares y Viviendas de CONAPO (Consejo Nacional de Población y Vivienda); Compendios de Estadísticas Ambientales de la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales); datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación); Prospectivas de Petróleo y Petrolíferos de la SENER (Secretaría de Energía). Para cierta información se contactó de manera directa a la Dirección de Transporte del Estado de Chihuahua; a la Gerencia Regional de Producción Norte, Subgerencia Regional de Generación Centro Norte de la CFE (Comisión Federal de Electricidad) y a la Conagua (Comisión Nacional del Agua).

En algunos casos, para el desarrollo de algunas políticas, el acceso a las estadísticas fue complicado. En este sentido, se calcularon estimados a manera de evitar la ausencia de información. Cabe mencionar que se consultaron también estudios diversos como "La importancia de reducción del uso del automóvil en México" y "El Diagnóstico sobre determinantes de deforestación y degradación forestal en zonas prioritarias en el Estado de Chihuahua", entre otros.

El nivel de la información fue principalmente estatal, aunque en algunos casos se utilizó por ciudad, municipio y a nivel nacional. La mayoría de los datos utilizados corresponden al 2012, por eso se estableció como el año base, pero también hubo información de antes y después de ese año. Asimismo, se tomaron las proyecciones de energía (2028) y de población y vivienda (2050). A continuación se presenta una tabla de las variables e indicadores utilizados, entre ellos se pueden mencionar: la población total y proyecciones, el Producto Interno Bruto (PIB) por sector, rama y sub rama, consumo de energía, ventas y precios de combustibles como diésel y gasolina, consumo de agua por sector, generación de residuos sólidos urbanos, entre otros (Ver tabla 3).

Tabla 3. Variables e indicadores utilizados en el PECC-Chih.

Tema	Datos
Población y vivienda	• Población total • Población urbana y rural • Viviendas particulares habitadas • Proyecciones de población y vivienda
Economía	• Producto Interno Bruto (PIB) total y por sector, sub sector, rama. • Tasa de inflación
Energía	• Generación de energía por planta • Capacidad efectiva (Megawatts) • Energía eléctrica producida y entregada (Gigawatss-hora) • Factor de planta (%) • Eficiencia (%) • Valor de las ventas (Miles de pesos) • Precio de productos refinados (gasolina, diésel)
Transporte	• Índice de motorización • Vehículos registrados en circulación • Camiones de carga, taxis, etc.
Agricultura y ganadería	• Población ganadera (bovino, ovino, caprino porcino) • Población bovina lechera • Superficie agrícola (has) • Producción agrícola (por cultivo cíclico y perenne)
Ambiente	• Generación de residuos sólidos urbanos • Residuos sólidos orgánicos • Planta de tratamiento, en operación, capacidad instalada • Gasto tratado de agua residual municipal • Uso de agua por sector

Fuente: Elaboración propia.

B. Herramientas: LEAP & Cuaderno de Trabajo

El análisis microeconómico (cálculo de mitigación y de los costos) fue realizado con dos diferentes herramientas: LEAP y Cuaderno de Trabajo. En las políticas donde las emisiones de GEI provienen directamente del consumo de energía (eléctrica o combustible) se utilizó el software LEAP. Tal fue el caso de las políticas del sector transporte (TDU), generación de energía (ES) y consumo de energía (RCI). Las políticas del sector AFW fueron calculadas en el Cuaderno de Trabajo (CT) o *spreadsheets* (como se les conoce en inglés), que es una hoja de datos de Excel; se seleccionó esta opción porque las fuentes emisoras de GEI son las excretas de ganado, los fertilizantes nitrogenados, aguas residuales y la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos.

Por un lado, *The Long-range Energy Alternatives Planning System* (LEAP) es un software desarrollado por el *Stockholm Environment Institute*, y utilizado como herramienta para el análisis y evaluación de políticas de mitigación de CC. LEAP es un paquete especializado en la modelación de 1) generación de energía, 2) consumo de energía y 3) cuantificación de emisiones generadas por ambas actividades.

Esta herramienta permite modelar escenarios actuales y futuros para un país, estado o región. Gran parte de los fundamentos que utiliza LEAP están basados en la metodología propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

LEAP permite modelar la situación actual, mediante un escenario de referencia en el cual se realizan proyecciones de largo plazo sobre oferta y demanda de energía y los efectos en cuanto a la generación de GEI. Esta herramienta facilita, con la construcción del escenario de referencia, evaluar los diferentes impactos de políticas ambientales, a través de: los efectos en la demanda futura de energía, las emisiones mitigadas, los costos en que se incurre y el costo de efectividad.

LEAP no es un software difícil de utilizar, ya que no requiere de demasiados datos estadísticos, así también existe transparencia en cada uno de los procesos y cálculos que realiza, cuenta con soporte técnico en su manejo y que se acompaña de un curso de capacitación.

Es importante destacar que la información para las políticas del PECC-Chih se dividió en tres escenarios:

1) Escenario base: Corresponde el año de la mayoría de las fuentes que se están considerando para los cálculos, para el caso del PECC-Chih es 2012.
2) Escenario de referencia: También se le conoce como **línea base** o **BAU**, en este caso son las proyecciones de GEI de Chihuahua para el periodo 2017-2025, información tomada del estudio que realizó La COCEF, el CCS y el Gobierno del Estado de Chihuahua en 2010.

3) Escenario de mitigación: Corresponde a los datos con la implementación de cada una de las políticas. Son los datos del escenario de referencia menos la mitigación lograda por las políticas.

Por otro lado, el Cuaderno de Trabajo también es una herramienta sencilla que permite organizar la información de la manera más conveniente y manipularla con gran facilidad. No se requiere de algún entrenamiento previo para poder utilizarla, puesto que se trata de una hoja de cálculo de Excel.

La lógica general que se sigue en el Cuaderno de Trabajo es construir una plantilla que cuente con el objetivo cuantificable de la política (toneladas, litros, hectáreas, etcétera) y las variables requeridas con sus fuentes. Es importante mencionar que aunque existe un procedimiento genérico para calcular la mitigación de las políticas en los cuadernos de trabajo, cada política tiene objetivos y temáticas diferentes, por lo que en algunas ocasiones se requirieron de algunos ajustes.

En el Cuaderno de Trabajo la información se organiza en una matriz, el cálculo se divide en mitigación y costos. Por lo tanto, en la matriz de mitigación tenemos a los años en las filas y las toneladas de CO_2e en las columnas; y en la matriz de los costos se acomodan los años en las filas y los costos de cada una de las actividades en las columnas.

La desventaja del CT respecto a LEAP es que todos los cálculos son manuales y se tienen que programar, lo que requiere de más tiempo y aumenta el margen de error. No obstante, cuando el análisis de la política es complejo, porque incluye muchas actividades o la interrelación entre éstas complica alguno de los cálculos, el CT puede ser una opción atractiva, porque permite organizar y manipular mejor los datos.

C. Cálculo de mitigación

El cálculo de la mitigación permite conocer la cantidad de toneladas de CO_2e que se podrían reducir o incrementar con la implementación de cada una de las políticas para el periodo 2017-2025. Para esta etapa del PECC-Chih, solamente las políticas que presentan reducción de emisiones son llevadas al análisis de costos, que es la siguiente actividad.

El procedimiento y los factores de emisión utilizados en la mayoría de los cálculos son los que propone el Grupo Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en el documento "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero"[5].

Es necesario mencionar que las actividades que el IPCC contempla, no tienen metodología y/o factores de emisión, por esta razón se deben buscar referencias bibliográficas que

[5] Documentos disponibles en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/

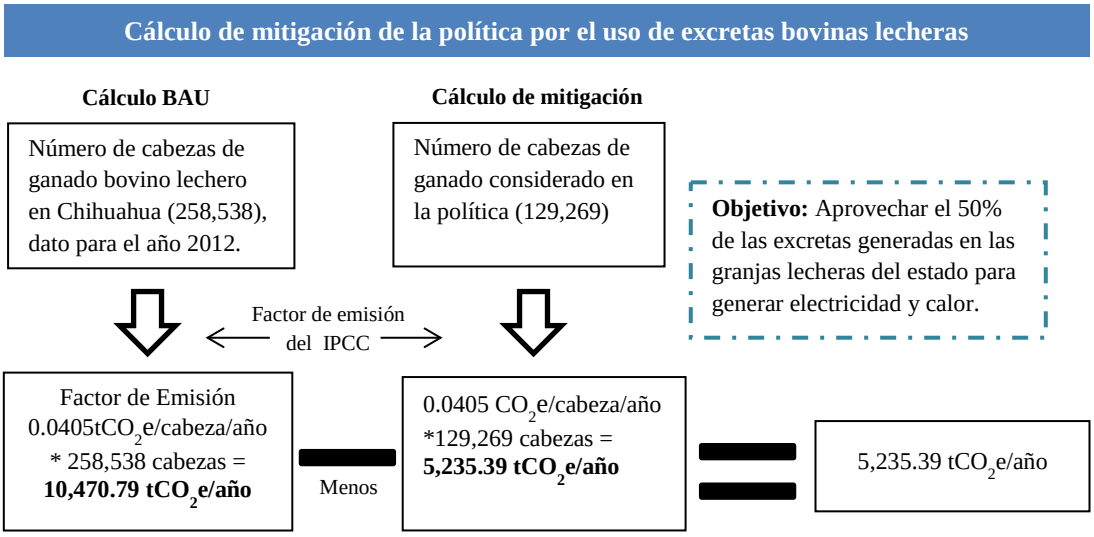
respalden el procedimiento, en estos casos la experiencia del panel de expertos y la aportación de los expertos locales es estratégica. Asimismo, otro documento base es: "Emisiones de gases de efecto invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025[6]" que elaboraron la COCEF-Centro de Estrategias del Clima-Gobierno del Estado de Chihuahua en 2010.

Los resultados de las emisiones de CO_2e que se podrían reducir o incrementar, con cada una de las políticas se calcula para cada año y se hace la sumatoria para todo el periodo, a dicho proceso se le identifica como las emisiones acumuladas.

El procedimiento básico que sigue el cálculo de mitigación es el siguiente: primero se consideran las emisiones de CO_2e que se están generando por la actividad objetivo sin la implementación de la política que se propone; a esto se le conoce como línea base o Business As Usual (BAU, por sus siglas en inglés[7]). La mayoría de estos datos se encuentran en el inventario de emisiones de GEI (IGEI) de Chihuahua. Es importante destacar que no todas las políticas cuentan con datos del BAU; después se calculan las emisiones que se podrían reducir con la acción o acciones propuestas de la política; y al final se restarán las emisiones que podrían abatirse. En el caso de las políticas que no cuentan con BAU, los datos que se consideran son los del sector que impacte la política directamente (residuos, agrícola, transporte, etc).

[6] Disponible en: http://www.cocef.org/uploads/files/inventario_emisiones_gei_chihuahua_junio_2010.pdf
[7] El escenario BAU se refiere a la realización de las actividades sin ningún cambio, hacerlo *como siempre*.

Figura 3. Ejemplo del cálculo de mitigación de una política



Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que en la figura no se presentan detalles del procedimiento completo del cálculo de mitigación de la política AFW.4-*Biodigestores en granjas lecheras*, porque el objetivo de este ejercicio es ejemplificar el proceso general del cálculo, pero el análisis microeconómico de AFW.4 consideró otras variables técnicas para obtener el resultado final, como la eficiencia del sistema de biodigestión para el aprovechamiento de metano, los detalles se encuentran en el capítulo VII y en las fichas técnico descriptivas del sector AFW, Anexo 4.

El objetivo de mitigación de cada política se determina durante la fase de diseño, y dependiendo de su nivel de complejidad es como se definen las metas de reducción, porque cada política tiene un procedimiento distinto. Por ejemplo, si la política es sencilla de implementarse se considera cumplir el objetivo desde el primer año de ejecución, pero en la mayoría se propone que el incremento sea gradual dentro de los primeros 3 años, y cubrir 100% del objetivo en 2020. Esta información está en las fichas técnico-descriptivas de cada política, en la sección de anexos.

D. Cálculo de los costos

Este cálculo proporciona el costo total de implementar cada una de las políticas propuestas en el PECC-Chih, la base del análisis es el costo-efectividad, el resultado que se obtiene al final es el costo total por reducir cierta cantidad de CO_2e (MXN$/$tCO_2e$). El cálculo se hace para cada uno de los años estudiados.

Primero, para calcular el costo de implementación se requiere identificar el procedimiento completo de cada una de las políticas y los siguientes datos:

- Inversión total.
- Operación y mantenimiento.
- Ahorros que esta actividad podría generar.
- Fuentes de financiamiento (programas ya existentes).

Es importante identificar las fuentes de financiamiento y los porcentajes de estas aportaciones, que pueden provenir principalmente de: La iniciativa privada o de algún programa del gobierno estatal o federal. De existir con algún recurso que apoye la implementación de la política, le brinda cierta viabilidad a la propuesta, puesto es más sencillo cuando existe algún tipo de apoyo económico.

El desarrollo de la sección de cálculo de costos, se sub-dividió en los siguientes 8 pasos:

1. Costo de inversión de toda la política (costo capital), puede considerarse toda la inversión en el primer año o dividirse en varios, este dato dependerá de la manera en que se haya diseñado la política;
2. Costo de inversión anualizado, para este cálculo se considera la tasa de descuento del 5%, la vida útil del equipo (varía de cada equipo) y con los dos datos anteriores, se calcula el factor de recuperación del capital;
3. Costo de operación y mantenimiento para cada año de implementación, se incluye combustible, luz, agua, mano de obra, entre otros materiales;
4. Incluir los ahorros directos que pudiera presentarse en la implementación de la política, el más común es el ahorro en el consumo de electricidad. Hay muchos ahorros indirectos que pudieran considerarse, pero la base del estudio es el costo-efectividad, y este análisis no incluye las importancia relativa de los productos, en el cálculo solo se consideran los ahorros económicos directos;
5. Incluir los apoyos económicos por parte de alguna instancia, y determinar el porcentaje de la inversión que podría representar dicho apoyo.
6. Sumar todos los costos y restar los ahorros y apoyos, este paso es muy importante para conocer la viabilidad de la política.
7. Calcular el costo descuento para cada año, se considera el costo total de la política para cada año, tasa de descuento, año de estudio y año base (que en este caso es el 2015).
8. Al final se calcula el costo de efectividad, este dato se obtiene con el total de emisiones acumuladas y el total del costo de descuento para todo el periodo de estudio. Cada política tendrá la cifra que conlleva la reducción de emisiones (MXN$/t$CO_2$e), que puede ser positiva o negativa, si es negativa significa que efectuar dicha tecnología o

actividad repercutirá en ahorros para el implementador que pueden ser agricultores, ganaderos, gobierno municipal y/o estatal, choferes de camiones, entre otros.

El análisis costo-efectividad es un indicador financiero que mide los costos o ahorros de una inversión. Este análisis es utilizado para evaluar proyectos de inversión para mitigar GEI, el costo de efectividad no considera los beneficios que se obtienen de la inversión, más bien es la diferencia de costos y ahorros por cada unidad de GEI que mitiga dicha inversión.

3.3.3. Diseño del Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica

Para llevar a cabo el análisis Macroeconómico de las políticas de *la etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica* del PECC-Chih se propone la utilización del instrumental matemático que permita esquematizar en forma ordenada y coherente el funcionamiento de la realidad económica del estado, en un "Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica de Chihuahua (MMSD-Chih)", para la cuantificación socio-económica de los impactos macroeconómicos sectoriales en la economía chihuahuense de las políticas públicas seleccionadas de mitigación del CC y GEI.

En esencia la estructura propuesta del modelo MMSD-Chih puede expresarse por un conjunto de ecuaciones dinámicas en cuatro sub-modelos, las cuales están basadas en las relaciones de interdependencia entre las variables económicas (producto interno bruto total y por sectores), laborales (empleo total, por sectores y cohortes de edad), demográficas (población total, por cohortes de edades y migración) y ambientales (inventario de las emisiones de GEI emisiones y coeficientes de emisiones por sector económico) que han de ser consideradas y las que necesariamente reflejan la estructura socioeconómica y ambiental del estado de Chihuahua. Ello permitirá, no sólo describir el funcionamiento del sistema socioeconómico y ambiental de la entidad federativa, sino también, partiendo de la estructura interna del modelo y de resultados obtenidos de cada política de mitigación llegará a prever los impactos económicos totales de manera coherente y consistente con ciertos objetivos “deseables”.

En general, las políticas de mitigación del CC y GEI tienen como objetivos “deseables” la reducción del consumo de combustibles fósiles y/o la absorción de las emisiones de GEI y el nulo impacto en la producción y empleo. Por ello, los factores que hay que atender son los que ocasionan la contaminación atmosférica, los cuales se relacionan principalmente con la actividad económica sectorial. La medición de impactos de las políticas de mitigación del CC y GEI para la economía estatal se expresa de manera diferencial por

contraste con el escenario referencial o base del modelo MMSD-Chih en las variables clave.

El modelo MMSD-Chih se sustenta en la técnica de simulación dinámica (Víctor and Jackson; 2013; Ruiz, 2014), haciendo posible de manera sistemática la realización de simulaciones de la evolución de las distintas variables de la economía, demografía, mercado de trabajo y medio ambiente estatal en forma completa y con un grado de exactitud razonable (lo que es difícil lograr con las técnicas tradicionales).[8] Este tipo de instrumental permite un control dinámico de la forma en que se desarrolla la economía estatal y, consecuentemente, permite determinar los impactos de la política pública para el logro de los fines propuestos, en razón de que hace posible la simulación de políticas específicas o conjuntas o alternativas para decidir acerca de su viabilidad y coherencia con los objetivos "deseados".

El modelo MMSD-Chih es programado en el lenguaje informático STELLA (ISEE Systems; 2005) y consiste en un conjunto de sub-modelos: demográfico, económico, laboral y ambiental. El paquete STELLA permite realizar una programación por objetos sencilla, versátil e intuitiva y el modelo resultante puede ser consultado en cuanto a las ecuaciones que lo componen y los parámetros de calibración.

A. Fundamentos del Modelo MMSD-Chih

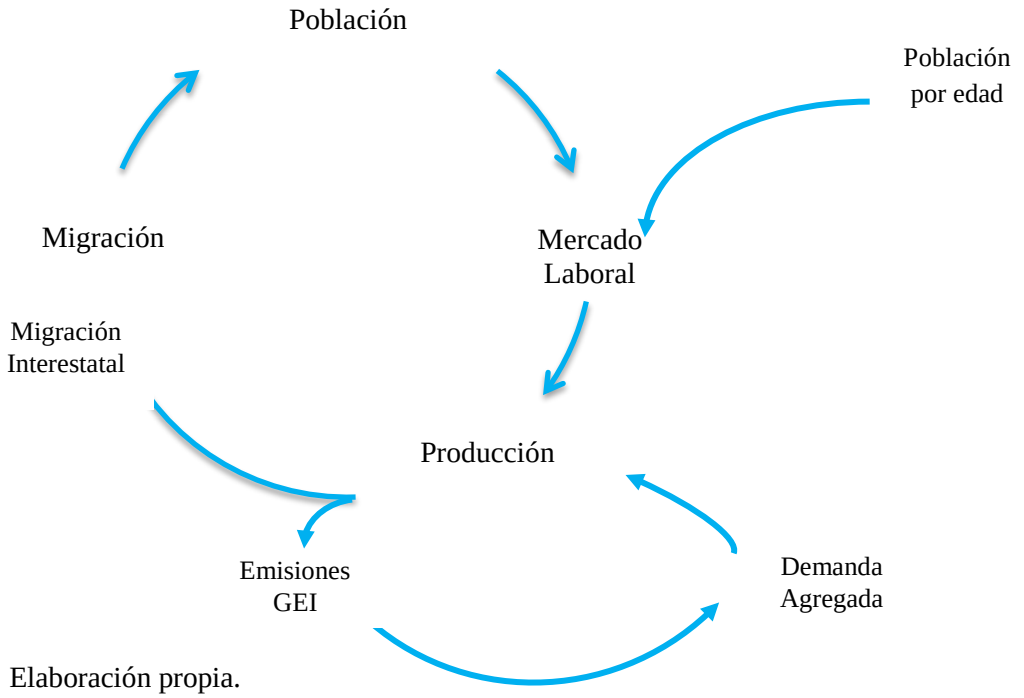
Extendiendo la idea de Bloom y Canning (2005) tenemos que, "*la interacción del crecimiento económico, demográfico, laboral y ambiental es un proceso dinámico donde cada uno afecta al otro*". En otras palabras, la estructura económica influye y se ve influenciada por los cambios en la demografía, mercado de trabajo y el medio ambiente, a la vez que la dimensión y la composición de la población también encuentran condicionantes en las capacidades productivas y en el medio ambiente. Los procesos del medio ambiente, que son a la vez afectados por la economía, debido a las intensidades de uso de energía de los sectores económicos acaban por incidir en variables demográficas claves, como es el mercado de trabajo.

La estrecha interrelación entre la economía, demografía, mercado laboral y el medio ambiente aparecen en distintos momentos históricos, en ocasiones generando círculos venturosos de retroalimentación que dan lugar a avances sustantivos en el bienestar de la población –fin último de la actividad económica.

[8]Existen varias consideraciones metodológicas sobre la estimación econométrica de las ecuaciones intersectoriales del modelo MMSD-Chih para una región, debido a que a pesar de que existen indicadores regionales no existe un sistema de cuentas regionales. Además, no existe una serie temporal suficientemente extensa para cada sector ni tampoco de calidad confiable.

Una forma de modelar la economía regional desde el anterior punto de vista es construir el MMSD-Chih, basado en cuatro sub-modelos para cuantificar los impactos macroeconómicos de las políticas públicas seleccionadas de mitigación del CC y GEI.

Figura 4. Estructura Básica del Modelo MMSD-Chih.



Fuente: Elaboración propia.

B. Sub-Modelo Demográfico

La importancia del crecimiento demográfico en el crecimiento económico ha sido objeto de debate desde hace siglos. Sin embargo, es hasta principios de este decenio que surgen un conjunto de trabajos que tratan de demostrar que es el cambio en la estructura de edades de la población y no el crecimiento poblacional, el principal factor demográfico que afecta al crecimiento económico. El interés por la estructura de edades y sus efectos económicos se debe fundamentalmente a las transiciones demográficas que han experimentado la mayor parte de las economías en los últimos siglos.[9]

En general, el término transición demográfica se refiere al patrón de cambio de las tasas de natalidad, mortalidad y crecimiento de la población que acompaña al proceso de desarrollo económico. Dicha transición se va a traducir en un cambio de la estructura de edades de la población. Antes del comienzo de la primera transición, el crecimiento de la población es prácticamente nulo; las altas tasas de mortalidad contrarrestan las elevadas tasas de natalidad características de las economías agrícolas. La transición comienza con una caída de las tasas de mortalidad -principalmente infantil- y un aumento de la esperanza de vida, ambas debidas a la mejora de las condiciones de vida, al desarrollo de programas de salud públicos y de prevención, al uso de vacunas y antibióticos, etc. La caída de las tasas de mortalidad infantil provoca un rápido crecimiento de la población joven, lo que se denomina un *baby boom*. La tasa de fertilidad permanece elevada al comienzo pero disminuye posteriormente. Esto último se debe sobre todo al acceso de la mujer al mercado de trabajo y a la educación, a la disminución de la demanda de hijos por "motivo de precaución" al caer sus tasas de mortalidad y a la extensión de la planificación familiar. La caída de las tasas de fertilidad (segunda transición) indica que la generación del *baby boom* es precedida y seguida por generaciones de menor tamaño. Las tasas de fertilidad continúan cayendo, y la población tiende a ser mayoritariamente anciana o a estar próxima a la edad de jubilación.

Dichas transiciones han provocado importantes cambios demográficos relacionados estrechamente con la estructura de edades de la población. Así por ejemplo, en las entidades federativas de México, se pueden tener poblaciones mayoritariamente jóvenes y con altas tasas de fecundidad teniendo consecuencias sobre el crecimiento económico regional de largo plazo.

[9] Debemos señalar el trabajo pionero de los demógrafos Coale y Hoover (1958), donde ya se analiza el efecto de la estructura de edades sobre el crecimiento económico. En particular, estos autores analizan el coste de tener un alto porcentaje de población dependiente al principio de la fase de transición demográfica en México e India. Citado por (Roa y Cendejas, 2007; p.3).

Por ello, el modelo MMSD-Chih en el sub-modulo demográfico intenta vincular el tamaño de la población y la estructura de la fuerza de trabajo; la forma que evoluciona esta población y si se produce algún tipo de estabilización en el tiempo; y, la relación entre la composición de la estructura de edades de la población y el tamaño de la economía estatal. Luego entonces, nos parece sumamente importante incorporar en la programación en STELLA (ISEE Systems; 2005), el movimiento intergeneracional a la hora de explicar las trayectorias de crecimiento del estado de Chihuahua.

El sub-modelo demográfico está basado en el concepto de transición demográfica y cuenta con las siguientes características:

Cohortes o grupos de edad. Es el conjunto de personas nacidas en un período determinado. Una forma muy habitual de representar gráficamente el tamaño de diferentes cohortes en un momento determinado es la pirámide de población. El análisis longitudinal de las cohortes y las comparaciones entre cohortes son también muy ilustrativos de la dinámica de población. En nuestro caso, cada cohorte es de 10 años de edad.

Crecimiento demográfico. Mide el aumento, en un período específico, del número de personas que viven en un país o una región. La tasa de crecimiento demográfico depende, además de la tasa de natalidad y de la tasa de mortalidad, de los movimientos migratorios.

Natalidad. Indica el número de nacidos vivos por cada 1,000 habitantes en un determinado año. La tasa de natalidad depende a su vez de la tasa de fecundidad.

Fecundidad. Se refiere al número medio de hijos que tienen las mujeres. Para medirlo con precisión es necesario delimitar con precisión la variable que queremos medir ya que la cifra que la exprese será muy distinta según consideremos a todas las mujeres que viven en un momento determinado en un país, o sólo a las mujeres fértiles, eliminando las que mueren antes de alcanzar la edad fértil. Podremos estimar también tasas de fecundidad por edades o tasa de fecundidad de cohortes. En nuestro caso, la tasa de fecundidad promedio aplicado a cada cohorte en edad reproductiva.

Mortalidad. Es el número de defunciones por cada 1,000 habitantes en un año determinado. En nuestro caso, las muertes son una función de las tasas específicas de mortalidad y el número de personas sujetas a esas tasas.

Longevidad es la duración de la vida de una persona. Se mide mediante el concepto de **esperanza de vida**. La esperanza de vida de un tipo de persona es la media de la duración de la vida de ese tipo de personas.

Migración Neta Interestatal.La migración neta interestatal es el total neto de personas que migraron durante el período a razón de cada 100,000 habitantes: la cantidad total de inmigrantes menos la cantidad anual de emigrantes.

Tasa de supervivencia. Es el porcentaje de individuos que sobreviven y pasan al siguiente cohorte de edad.

El sub-modelo demográfico está programado en el paquete informático STELLA que emplea cuatro elementos de la simbología de Forrester.[10]

Rectángulo. Representa una variable estado o acervo, la cual es una variable que se acumula. Los rectángulos con sombra representan variables matriciales.

Válvula. Representa los variables flujo, las cuales son variables que afectan el comportamiento de las variables estado, o acervos. Las válvulas con sombra representan variables matriciales.

Circulo. Representa las variables auxiliares, las cuales afectan al valor de los flujos.Los círculos con sombra representan variables matriciales, sin sombra variables escalares, y los círculos con un guion (~) representan una función gráfica.

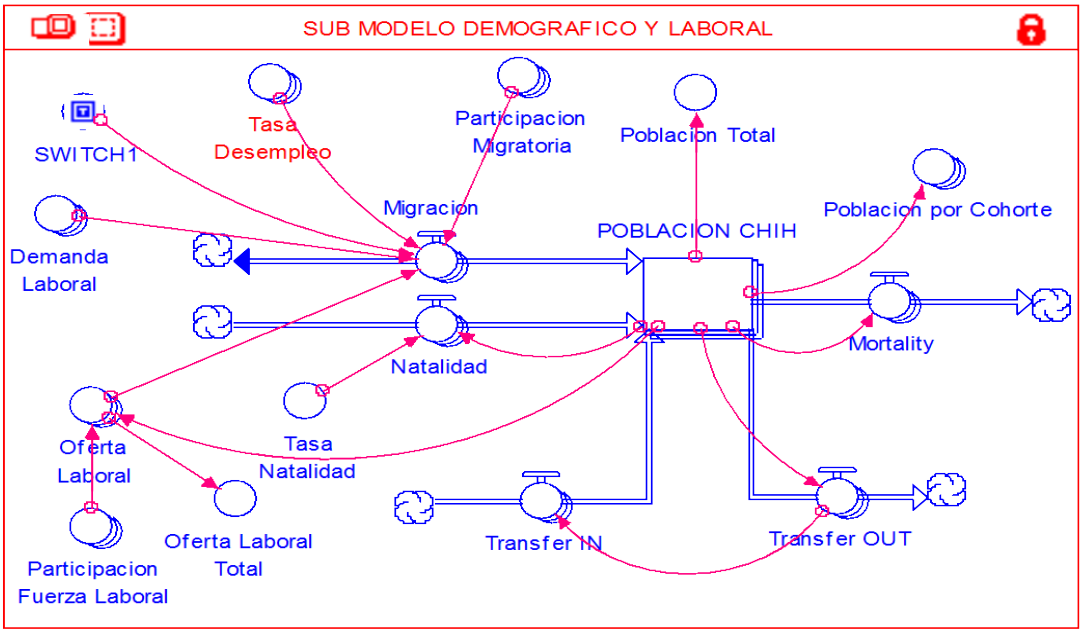
Flecha. Representa un canal de material o un canal de información.

Es importante observar que el software permite una programación a partir de diagramas causales (código objeto) y admite el uso de variables en forma matricial, así como especificaciones estocásticas de las mismas. Cada círculo representa una variable, y tiene una especificación numérica si se trata de un valor inicial, o una expresión algebraica si se obtiene a partir de otras variables. Los círculos con sombra representan variables matriciales. El código objeto del programa se traduce a un código fuente (un conjunto de líneas de texto que son las instrucciones que debe seguir la computadora) que define al modelo multisectorial dinámico. Por lo tanto, en el código fuente está descrito por completo el funcionamiento del modelo dinámico.

[10]El Diagrama de Forrester proporcionan una representación gráfica de los sistemas dinámicos, modelando cualitativamente las relaciones entre las partes mediante símbolos que corresponden a una interpretación hidrodinámica del sistema.

El sub-modelo demográfico se puede representar mediante un diagrama causal. Este diagrama se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Sub-Modelo Demográfico del MMSD-Chih.



El sub-modelo demográfico está estructurado de manera que se puede acomodar a entradas de datos demográficos de cualquier entidad federativa del país. En nuestro caso, los datos de Chihuahua para la población inicial, las tasas de fecundidad específicas por edad y la tasa de supervivencia de los cohortes de edad y así como la tasa de inmigración, provienen de la base de datos de estadísticas CONAPO para el año 2010.

Con el propósito de establecer las necesidades de información estadística utilizada, se realiza un ejercicio para la población dividida en 7 cohortes de edad y la economía dividida en 3 sectores económicos para 2010. En la tabla 4, se exhiben los indicadores demográficos.

Tabla 4. Indicadores Demográficos para Chihuahua, 2005.

Cohortes de edad	Población Total (miles)	Tasa de mortalidad	Tasa de natalidad	PEA Total (miles)	Tasa de supervivencia	Tasa de Participación laboral	Tasa Interregional de migración neta
0 a 9	696.1	0.002	0.000	0000	ND	0.050	0.059
10 a 19	657.2	0.002	0.021	109.3	0.995	0.236	0.386
20 a 29	575.1	0.003	0.067	336.9	0.983	0.613	0.320
30 a 39	538.0	0.003	0.030	366.0	0.980	0.634	0.093
40 a 49	408.2	0.005	0.003	350.2	0.884	0.622	0.060
50 a 59	252.0	0.009	0.000	198.0	0.776	0.594	0.039
60 y +	273.7	0.036	0.000	128.4	0.662	0.461	0.044
Total	3,400.2			1,488.7			

Fuente: INEGI

Por consistencia de la variable población económicamente activa y del empleo por sector económico (por simplicidad usamos: S1 primario, S2 secundario y S3 terciario) tenemos:

Tabla 5. Indicadores de Población total, PEA total y Empleo Sectorial total.

POB TOT (miles)	3,400.2
PEA (miles)	1,488.7
EMP (miles)	1,416.4

Sectores	S1	S2	S3
Empleo (miles)	392	340	695
Empleo Total (miles)		1,416.4	

Fuente: CONAPO, 2010.

Igualmente por coherencia ente las variables PEA y Empleo por grupo de edad, tenemos:

Tabla 6. Indicadores de Población, PEA y Empleo Sectorial por Cohorte de Edad

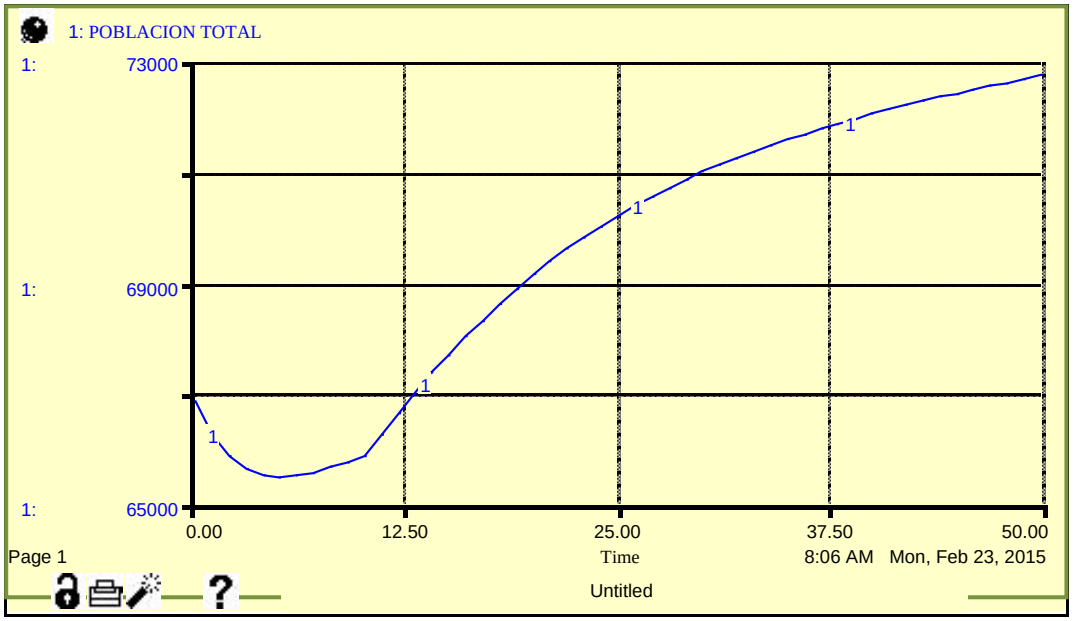
	S1	S2	S3	Emp Total
Cortes de edad	392	340	695	1416
0 a 9	0	0	0	0
10 a 19	0.186	0.171	0.177	252
20 a 29	0.232	0.337	0.329	431
30 a 39	0.189	0.221	0.213	294
40 a 49	0.158	0.140	0.134	202
50 a 59	0.112	0.082	0.081	128
60 y más	0.123	0.050	0.065	108

PEA	PEA-EMP	Tasa Desempleo
1,488.7	1,416.4	0.080
000.0	000	0.000
109.3	252	0.085
336.9	431	0.083
366.0	294	0.082
350.2	202	0.084
198.0	128	0.076
128.4	108	0.062

Fuente: CONAPO, 2010.

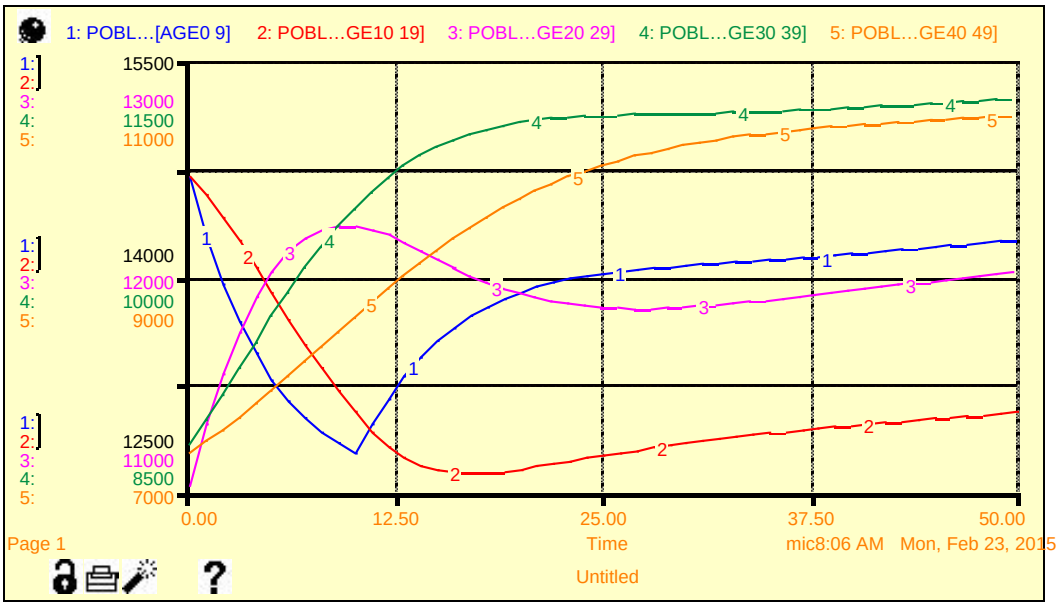
Ahora estamos listos para reproducir las características dinámicas del sub-modelo demográfico. En particular, estamos interesados en estudiar la evolución de la población total y de la población estructurada en cohortes de edad, es decir, distinguiremos dentro la población varios segmentos o generaciones, y se quiere estudiar la evolución de cada grupo de edad. La primera pregunta es ¿Cómo crece la población de Chihuahua?

Gráfica 3. Evolución de la Población Total de Chihuahua en 50 años.



A partir de una composición inicial de la población del estado ¿Cuántos individuos de cada grupo habrá (aproximadamente) al cabo de 1, 2, 3,…,50 años? ¿Qué ocurre con la población en el largo plazo? ¿Es razonable esperar algún tipo de estabilización? En la tabla 6 se exhibe la evolución en el largo plazo de la población de Chihuahua.

Gráfica 4. Evolución de la Población de Chihuahua por Cohorte de Edad en 50 años



Fuente: Elaboración Propia.

Como es evidente de las anteriores figuras, la evolución dinámica mostrada por el sub-modelo demográfico es como la predicha por la teoría de la transición demográfica.

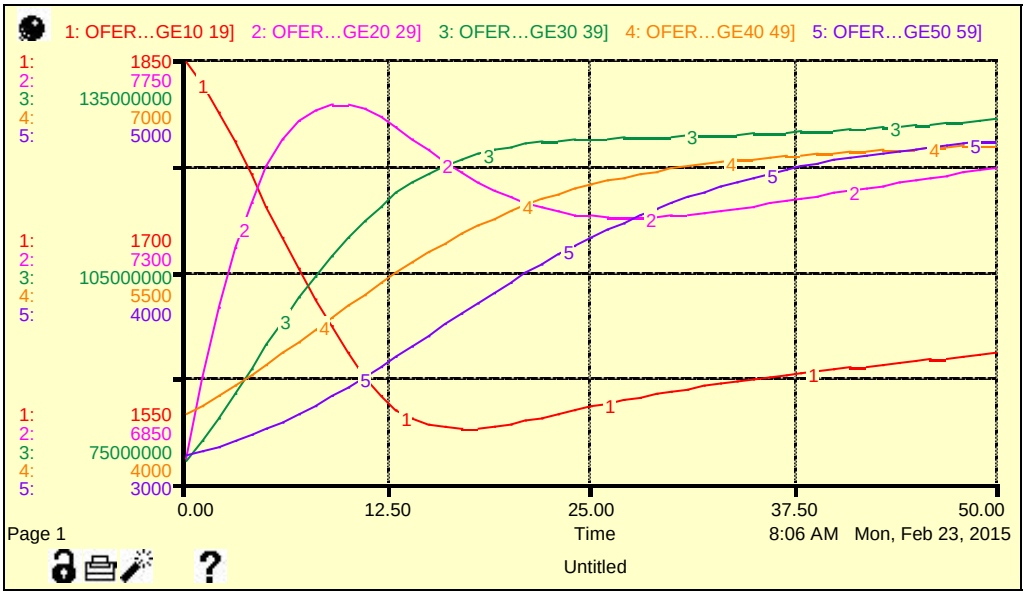
C. Sub-Modelo del Mercado Laboral

Ahora un conjunto de variables del mercado de trabajo están relacionadas con las características del sub-modelo demográfico. De importancia particular son las variables relativas a tasa de participación laboral y oferta total de trabajo (o PEA).

> **Mercado Laboral.** Es el lugar donde se encuentran quienes ofrecen su fuerza de trabajo (los trabajadores) y quienes demandan trabajo (empresas y organizaciones públicas y privadas). Importancia del mercado laboral tiene que ver con su relación con la actividad económica y la participación de los salarios en el ingreso de los hogares (70%).
>
> **Población Económicamente Activa**. Corresponde a la fuerza laboral efectiva de un país, al estar constituida por las personas en edad de trabajar que están laborando o buscan trabajo. En otras palabras, corresponde a los individuos que participan del mercado de trabajo, ya sea que hayan encontrado un empleo o no.
>
> **Oferta Laboral.** Personas dispuestas a trabajar al salario vigente en el mercado. Incluye ocupadas y las que buscan empleo.
>
> **Tasa Bruta de Participación Laboral**. Mide el tamaño de la oferta laboral o fuerza de trabajo en relación con la población total. Es decir, la cantidad de personas de cierta edad --en este caso, de 10 años y más-- que están en capacidad y disponibilidad de ejercer actividades económicas productivas.

Así, a partir de la información anterior, estaremos interesados en predecir (aproximadamente) el número de individuos de la población total en la PEA durante un periodo de tiempo. La evolución de la PEA de Chihuahua se muestra en la Gráfica 5.

Gráfica 5. Evolución de la Población Económica Activa de Chihuahua en 50 años



Fuente: Elaboración Propia.

Según datos del Censo 2010 de CONAPO, en Chihuahua había 2’113, 333 personas de 12 años y más, de las cuales 1’089,111 son individuos económicamente activos. Esto significa que el 54.15% de la población de 12 años de edad o más, tuvieron o realizaron alguna actividad económica (población ocupada) o buscaron activamente hacerlo (población desocupada) en la semana de referencia del evento censal

La lógica del mercado de trabajo es lo que determina el volumen de la PEA, indicando qué tan desarrolladas están las transacciones mercantiles entre los oferentes y demandantes de fuerza laboral. En Chihuahua una mayor inserción entre los hombres con 73.3%, que entre las mujeres, cuyo valor es de 35.6%. Incluso el valor para los hombres es superior al promedio nacional.

D. Sub-Modelo Económico

El crecimiento económico es sin exagerar el principal objetivo a nivel regional. Por esta razón, se han diseñado una serie de instrumentos para investigar los cambios inducidos en la actividad económica (medios por el producto interno bruto (PIB) como resultado de cambios en gastos autónomos (gastos de gobierno, consumo de los hogares, inversión, etc.). En ese sentido Wassily Leontief desarrollo el Modelo de Insumo Producto (MIP) para calcular los niveles brutos de producción de los sectores económicos en respuesta a los

valores específicos de la demanda final.[11] Posteriormente, esta versión estática del MIP ha sido extendida a dinámica, al incluir, en alguna forma, el proceso de formación de capital (en el anexo 1 se muestra la versión dinámica utilizada del modelo de insumo producto)

La base del análisis de la MIP radica en la denominada matriz de transacciones intersectoriales, esquematizada en la tabla 7.

Tabla 7. Matriz de Transacciones Intersectoriales

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Sectores</td><td colspan="4">Ventas Interindustriales</td><td rowspan="2">Demanda Intermedia</td><td rowspan="2">Demanda Final</td><td rowspan="2">Ventas Totales</td></tr>
<tr><td>Sector 1</td><td>Sector 2</td><td>…</td><td>Sector n</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Compras Interindustriales</td><td>Sector 1</td><td colspan="4" rowspan="4">Transacciones interindustriales. Constituyen el valor de los bienes y servicios vendidos entre los sectores economicos para ser consumidos como parte del proceso productivo (Z)</td><td rowspan="4">Transacciones interindustriales. (∑Z)</td><td rowspan="4">Volumenes de producción destinado al consumo de los Hogares (C) , el Gobierno (G), a la Formación Bruta de Capital Fijo (Ik), a las Exportaciones (E), y a las variaciones en las existencias de Productos Terminados(Ie).</td><td rowspan="4">Valor de las ventas totales a los diferentes agentes económicos (X)</td></tr>
<tr><td>Sector 2</td></tr>
<tr><td>…</td></tr>
<tr><td>Sector n</td></tr>
<tr><td colspan="2">Consumo Intermedio</td><td colspan="4">Transacciones interindustriales. (∑Zj)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Valor Agregado</td><td colspan="4">Salarios, Beneficios, Asignaciones por Depreciación, Impuestos Netos , Pago de Alquileres, Intereses y Derechos (VA)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Importaciones</td><td colspan="4">Importaciones destinadas al consumo productivo (</td></tr>
<tr><td colspan="2">Producción Total</td><td colspan="4">Total de los gastos incurridos en el proceso productivo (X)</td></tr>
</table>

Fuente: Fuentes y Brugués (2001)

La matriz de transacciones muestra en dirección horizontal los sectores productivos 1, 2…n, la demanda intermedia (DI o$\sum_{j=1}^{n} Z_{ij}$), que representa las transacciones intersectoriales de bienes y servicios producidos y consumidos entre los sectores de una economía; la demanda final (DF o $\sum_{j=n+1}^{k} Y_i$) que es el vector que incluye los bienes destinados al consumo privado (CP), consumo del gobierno (CG), formación bruta de capital (FBK), variación de existencias, y exportaciones (E); finalmente las ventas totales representan el valor bruto de producción (VBP).

En dirección vertical encontramos primero a los sectores 1, 2… n en lo que corresponde a las compras intersectoriales o consumo intermedio (CI o $\sum_{i=1}^{n} Z_{ij}$), seguidos del valor agregado bruto (VAB) conformado por las remuneraciones a los asalariados, el superávit de explotación, e impuestos indirectos de subsidios, así como el total de insumos (IT) generados dentro de la región o estado, además las importaciones (M) regionales e internacionales que corresponden a la cantidad de insumos provenientes de otros estados y del exterior del país, respectivamente, por último el VBP (X).

[11]Wassily Leontief recibió el Premio Nobel por esta contribución en 1973.

El modelo insumo-producto ha sido transformado en un modelo dinámico al introducir al proceso endógeno de formación de capital, restricciones de capacidad productiva instalada actual y deseada y rezagos en la producción ante cambios en la demanda agregada.[12]

El sub-modelo económico está basado en el concepto del modelo intersectorial de insumo-producto dinámico y cuenta con las siguientes características:

Matriz de coeficientes insumo producto. Esta matriz es una derivación simple de la tabla de transacciones intersectoriales. Se obtiene dividiendo los componentes del consumo intermedio y valor agregado de cada sector por su correspondiente valor de producción. Esta matriz de coeficientes técnico, de por sí, brinda una importante visión de la estructura de la economía y de las estructuras de costos sectoriales. Sin embargo, no permite determinar las repercusiones totales en los niveles de producción ante cambios en la demanda final.

Demanda Intermedia. Conjunto de bienes intermedios demandados como factores de la producción a los sectores económicos de un país o región. Está constituida por el consumo de un conjunto de bienes y servicios tales como materias primas, materiales de oficina, combustibles, servicios profesionales, de asistencia técnica, etc., que se emplean directamente en los procesos productivos que llevan a cabo los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, con el fin de generar otros bienes y servicios que pueden ser de uso intermedio o final. La dinámica de la demanda intermedia depende del nivel de producción sectorial.

Demanda Final. Conjunto de bienes o servicios para consumo, inversión, públicos o privados o para exportación. Desde otro punto de vista, es igual al gasto bruto de la economía, o empleo de los recursos. Está integrada por el valor de las compras que realizan los consumidores finales de los bienes y servicios generados por las unidades productivas. Se consideran demandantes a las familias, empresas y al gobierno. Se incluyen asimismo dentro de este rubro las exportaciones, la variación de existencias y la formación bruta de capital fijo

Valor Bruto de la Producción. Este concepto representa la suma total del valor de los bienes y servicios producidos por una sociedad, independientemente de que se trate de insumos -es decir, bienes intermedios que se utilizan en el proceso productivo- o de artículos que se destinan al usuario final. Por tanto, incluye el valor de todos los productos sin considerar si son de demanda intermedia o de demanda final. Esta variable determina el nivel de producción sectorial inicial que se modifica de acuerdo con las anteriores dos demandas.

[12] John B, Bryden ha realizado simulaciones usando el modelo de insumo-producto dinámico para una región pequeña –por ejemplo, una entidad federativa— en el programa informático STELLA (Bryden, 2009).

Capacidad Productiva. Se refiere al grado de utilización de la capacidad instalada que cambia considerablemente de un sector de actividad y de un periodo de tiempo a otro. Esta variable introduce endógenamente el proceso de formación de capital que depende del nivel de producción e inversión sectorial.

Capacidad Deseada. Se refiere que la tasa deseada de capacidad de producción en cualquier punto de tiempo depende de la tasa de producción y del exceso de capacidad instalada.Aquí suponemos que los sectores se ajustan de forma adaptativa a la diferencia entre su capacidad productiva ideal y su capacidad productiva instalada.[13] La capacidad ideal es proporcional al nivel esperado de consumo, que a su vez, está relacionada a la demanda final. La dinámica del acervo de la capacidad productiva (capital) está determinada positivamente por la inversión, y negativamente por la depreciación.

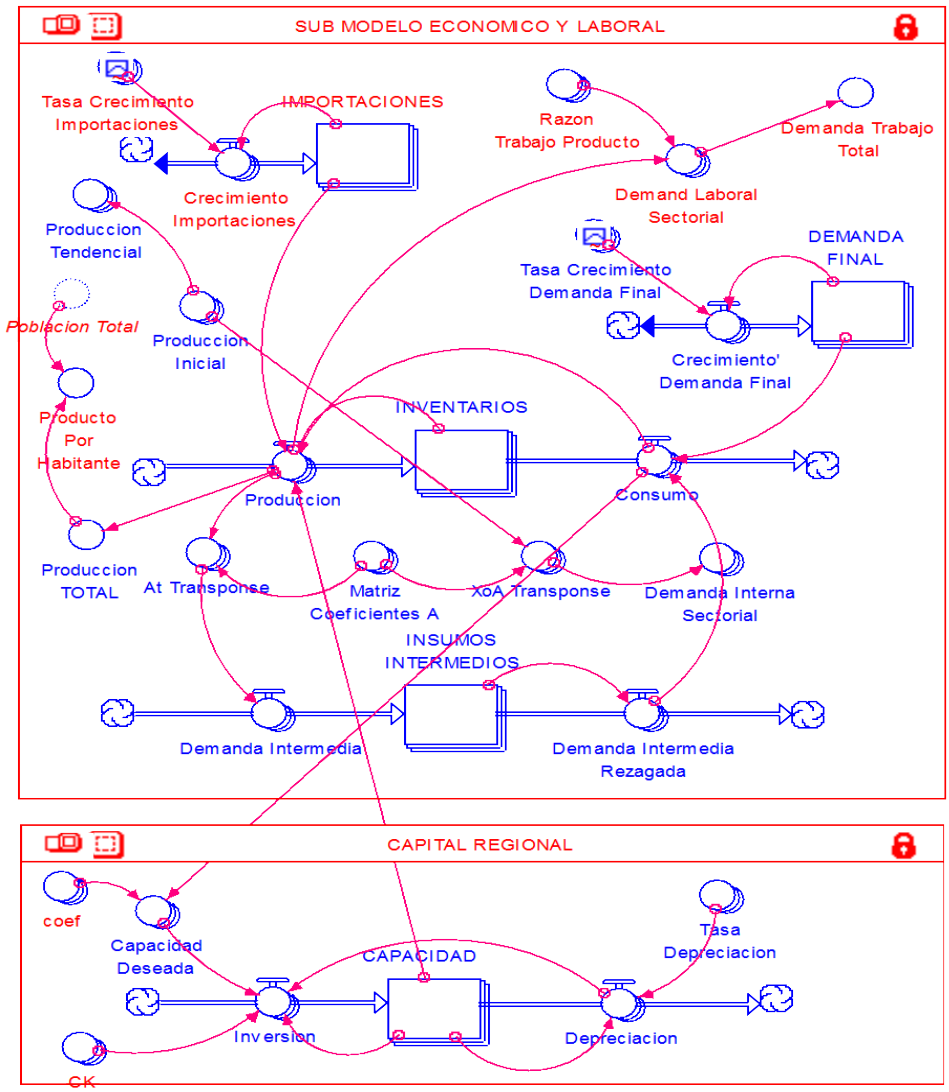
Inventarios. Hay que notar que como un sistema ecológico el ajuste en la producción sectorial es una función de la demanda regional excedente (PRODUCCION – CONSUMO). La economía responde a los cambios en la demanda excedente (el desequilibrio) aumentando o disminuyendo la producción sectorial en la dirección opuesta. El mecanismo de ajuste es denominado "inventarios no planeados".

En relación a la variable de inventarios no planeados tenemos que la producción sectorial es en sí misma una tasa de cambio, es un sistema de ecuaciones en diferencias de segundo orden —los inventarios son el acervo que está determinado por un flujo, ajuste en la producción, pero el nivel de cambio del inventario determina la variación de la tasa de cambio de la producción sectorial—. Por lo tanto, la tasa de producción sectorial está determinada por los cambios en la tasa de producción sectorial, que requiere un sistema diferencial de segundo orden para solucionar el módulo. Se soluciona tratando a la tasa de producción como un acervo (producción anual) que está relacionada con a un flujo, el ajuste de la producción.

El sub-modelo económico estatal se representa en el diagrama causal de la Figura 6.

[13] Para permitir restricciones de capacidad productiva sectorial (capital), la producción sectorial se define como el mínimo del consumo requerido (incluyendo inventarios), más la capacidad productiva sectorial.

Figura 6. Sub-Modelo Económico del MMSD-Chih



Fuente: Elaboración Propia.

El sub-modelo económico estatal también está diseñado de manera que se puede acomodar a entradas de información estadística de cualquier entidad federativa del país. En este caso se consideran los datos del estado de Chihuahua para la producción inicial, la demanda intermedia y la demanda final provienen de la Matriz de Insumo-Producto de Chihuahua (2008) del INEGI.

Con propósitos de determinar las necesidades de información estadística del sub-modelo económico se realiza el ejercicio simplificado para la economía de Chihuahua dividida en tres sectores (S1=agricultura, ganadería y minería; S2= manufactura y S3= comercio y servicios). El valor bruto de la producción del estado es $ 289,784, 183 pesos en 2005.

Tabla 8. Matriz de Transacciones Intersectoriales para Chihuahua, 2008.

Rama número		Demanda intermedia				Demanda final						
		S_1	S_2	S_3	Total	Consumo privado	Consumo del gobierno	Formación bruta de capital fijo	Variación de existencias	Export	Demanda Final	Valor bruto de producción
		1 10	11 61	62 72	Σ 1-72							
1	Sector 1	1,298	5,815	42	7,154	2,913	5	156	333	736	4,142	11,296
11	Sector 2	1,373	11,048	2,311	14,732	15,044	248	7,822	1,032	1,250	25,396	40,129
62	Sector 3	585	5,156	4,425	10,166	21,198	2,121	1,653	0	269	25,241	35,407
75	Tot. Ins.	3,342	23,824	7,088	34,254	38,913	2,399	10,798	1,497	2,925	56,532	90,786
76	VAB	7,954	16,305	28,319	52,578		1,527				1,527	54,106
a	REN	2,408	6,816	8,590	17,814		1,484				1,484	19,297
b	SupEx Bt	5,416	8,464	18,257	32,136		37				37	32,173
c	Imp.	131	1,025	1,473	2,629		7				7	6,589
77	TVB	11,296	40,129	35,407	86,833	38,913	3,927	10,798	1,497	2,925	58,059	289,784

Fuente: Matriz de insumo-producto de Chihuahua agregada a 3 sectores para el año 2008, INEGI (2008)

Por consistencia de las variables valor bruto de la producción y empleo por sector económico (que por motivos de exposición suponemos tres: S1, S2 y S3) tenemos:

Tabla 9. Indicadores de Insumo-Producto y Empleo Sectorial Total

Empleo (miles)	392	340	695
Empleo Total (miles)		1,416.4	

Trabajo-Producto	s1	s2	s3
Razón	0.0241	0.0056	0.0136

Coef. Directos Empleo

Empleo (miles)	Producción (miles pesos)	Coef de Empleo
392	16,266	0.0241
340	60,714	0.0056
695	51,103	0.0136

Coeficientes Técnicos I

0.115	0.145	0.001
0.122	0.275	0.065
0.052	0.128	0.125

Var. Exi.	DFNt	FBK
333	3,653	156
1,032	16,542	7,872
0	28,588	1,653

Matriz de Demanda Intermedia

1,298	5,855	42	7,153
1,373	11,048	334	14,782
585	5,156	4,425	10,166
3,346	13,828	7,088	

Matriz Demanda Intermedia Transpuesta

1,298	1,373	585	3,346
5,855	11,048	5,156	13,828
42	334	4,425	7,088
7,153	14,782	10,166	

Fuente: Matriz de insumo-producto de Chihuahua año 2008.

Para analizar las características dinámicas del sub-modelo económico estatal,[14] los parámetros anteriores deberían permitirnos proyectar los niveles sectoriales de producción hacia el futuro tomando en cuenta no sólo el crecimiento de las demandas finales autónomas, la restricción de capacidad productiva sectorial y valores iniciales de producciones sectoriales, sino también la formación endógena de capital sectorial, indispensable para hacer posible dicho crecimiento sectorial. No obstante, para averiguar si las proyecciones del modelo intersectorial regional tienen algún sentido se propuso compararlo con alguna pauta "razonable" de crecimiento de las producciones sectoriales que denominamos producción tendencial.

> **Producción Tendencial**. Se asumió que un comportamiento razonable podría consistir en un crecimiento uniforme de los valores iniciales de las producciones sectoriales según la misma tasa de crecimiento que las demandas finales autónomas.

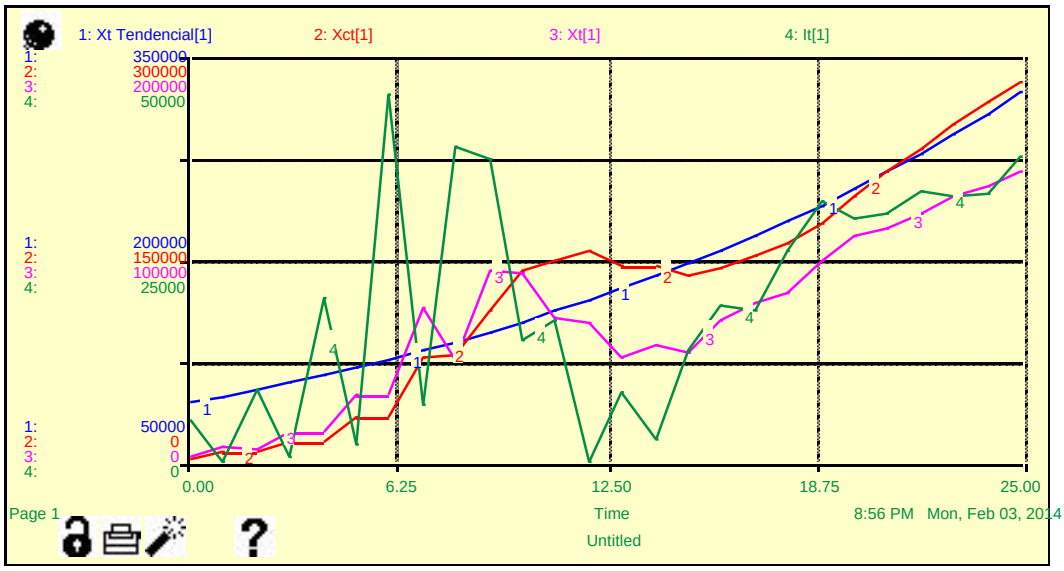
De este modo, podremos examinar la dinámica del sub-modelo económico regional para cada sector con el patrón de crecimiento proporcional en el tiempo, tratando de comparar los resultados de ambas proyecciones.

[14] Es importante reconocer que el modelo insumo producto dinámico presentado es consistente estableciendo el supuesto que a nivel regional los precios y salarios son exógenos.

En las siguientes figuras se muestran las trayectorias de los niveles sectoriales de producción, formación de capital sectorial regional, las limitaciones de capacidad instalada sectorial, el nivel de producción tendencial; cuando se conocen los niveles iniciales de producción sectorial.

Las preguntas fundamentales son: ¿Cómo impacta a la economía de Chihuahua un cambio en la demanda agregada en virtud de la aplicación de una política de mitigación del CC? y ¿Cuál es el efecto para cada sector económico en la entidad? En la gráfica 6 se presenta el movimiento de las variables del sector primario–compuesto por agricultura, minería y silvicultura— (S1) debido a que es el sector que encara mayores limitaciones en la capacidad instalada, dado un cambio exógeno en su demanda final.

Gráfica 6. Producción, Capacidad, Inversión y Producción Tendencial del Sector S1



Fuente: Elaboración Propia.

Comparando la dinámica del modelo intersectorial regional con el patrón de crecimiento tendencial en el sector primario, se puede constatar lo siguiente:

a) las proyecciones del modelo dinámico a corto, mediano y largo plazo, son razonables;

b) la restricción de la capacidad instalada en el sector primario determina el máximo de producción de dicho sector en el corto plazo (variable en color rojo);

c) el valor requerido de producción al inicio es igual a la capacidad instalada, sin embargo, debido al crecimiento de la demanda final y al impacto autónomo sectorial del valor de su producción, el valor de producción es mayor a la capacidad instalada en el corto plazo. Es decir, existe un exceso de demanda regional (Variables en color rojo y rosa);

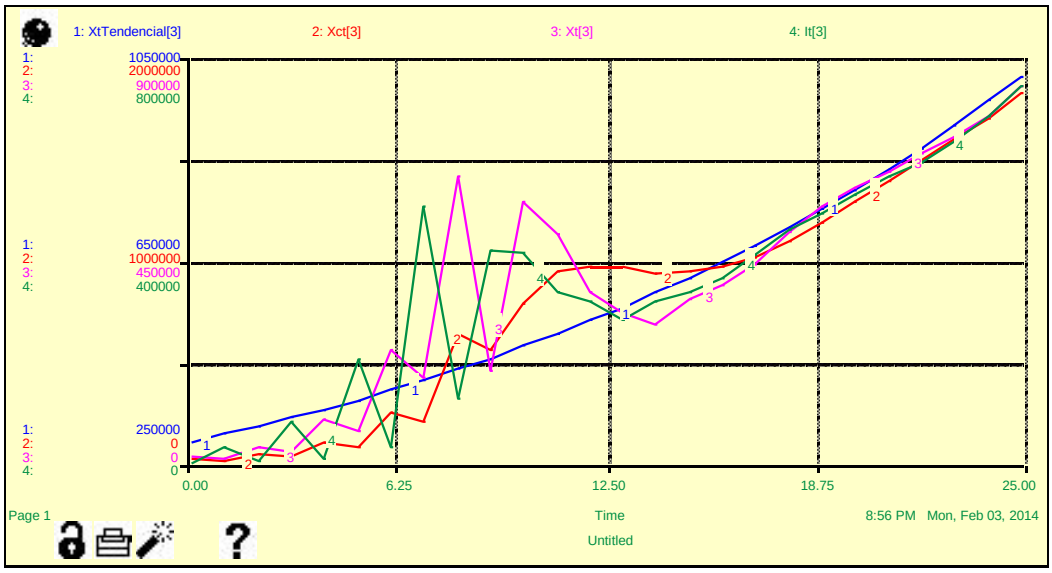
d) la expansión de la inversión (motivada por el aumento de producción sectorial) incrementa la capacidad de producción en el mediano plazo, que está sujeto a un mayor número de rezagos que la producción sectorial (variable en color verde);

e) en el sector hay diferencias significativas en el corto plazo entre las trayectorias dinámicas del modelo y el patrón de crecimiento tendencial (variable en color azul). Pero a mediano plazo, las diferencias desaparecen; y,

f) la solución del modelo parece más "realista" que la solución de crecimiento proporcional constante, porque toma en cuenta la formación de capital inducida por el crecimiento de la demanda final y el impacto autónomo sectorial del valor de la producción.

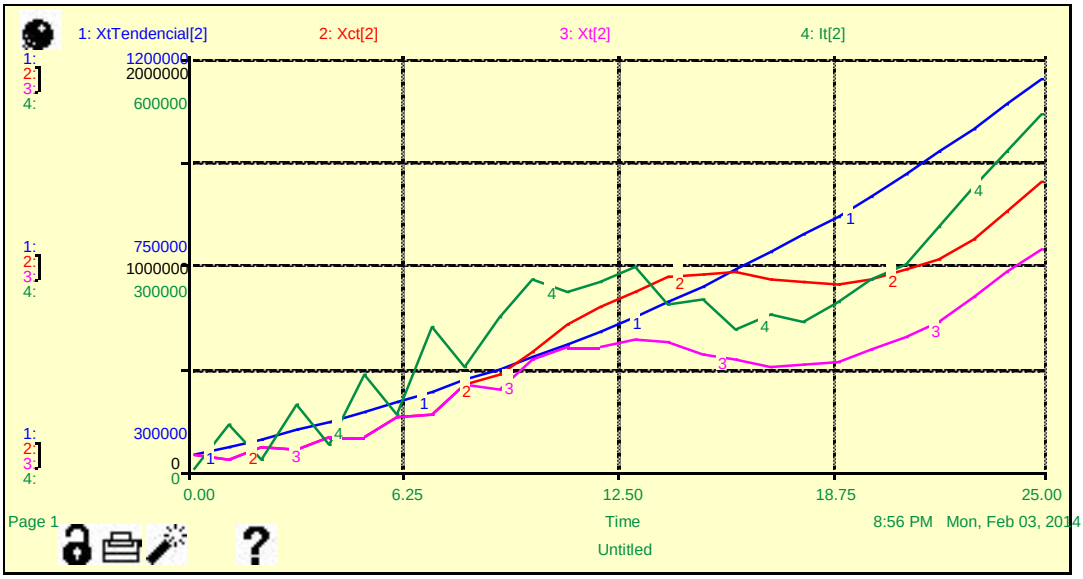
La dinámica de variables en el sector secundario y terciario se muestra a continuación.

Gráfica 7. Producción, Capacidad, Inversión y Producción Tendencial del Sector S2



Fuente: Elaboración Propia

Gráfica 8. Producción, Capacidad, Inversión y Producción Tendencial del Sector S3



Fuente: Elaboración Propia

Respecto al comportamiento de las variables que se presenta en las gráficas del sector secundario (gráfica 7) y terciario (gráfico 8), se desprenden las siguientes explicaciones:

a) El comportamiento del modelo multisectorial regional es del todo razonable en el periodo.
b) En los sectores secundario y terciario, no se enfrentan restricciones de capacidad instalada en el corto plazo dada la trayectoria de los niveles de producción vinculados con la demanda exógena, siempre y cuando la demanda final autónoma crezca a un ritmo constante y no existan impactos sectoriales exógenos.
c) En el sector terciario, el valor requerido de producción al inicio es menor a la capacidad instalada; entonces no se genera un cuello de botella en la producción en el corto plazo;
d) En el sector secundario, el valor requerido de producción al inicio es igual a la capacidad instalada. Sin embargo, la diferenciación sectorial de la tasa de depreciación tendrá un impacto ligero sobre las trayectorias dinámicas de la función de inversión en los primeros periodos. A plazos más largos el efecto no existirá;
e) Este resultado difiere para el sector terciario, puesto que la diferenciación sectorial de la tasa de depreciación genera un comportamiento oscilatorio de la inversión a corto plazo. Sin embargo, a plazos más largos el efecto será considerable;
f) esto quiere decir que la diferenciación sectorial de las tasas de depreciación tendrá impactos en la trayectoria de la inversión total;

g) en los sectores secundario y terciario, las proyecciones basadas en el patrón de crecimiento constante del nivel de producción coinciden con la proyección de los niveles de producción sectorial en el mediano plazo; y
h) respecto a los sectores secundario y terciario se comprueba la consistencia del movimiento de las variables del sector primario ya que es el que encara mayores limitaciones en la capacidad instalada dado un cambio exógeno en la demanda final.

Como resultado de lo anterior, podemos señalar que la simulación del sub-modelo económico regional dinámico produce un comportamiento que puede ser considerado satisfactorio desde el punto de vista del conjunto de hipótesis formuladas: restricción de capacidad instalada por sector y por periodo, rezagos en las relaciones intersectorial, y efectos inerciales en el proceso de inversión.[15]

Por último, un conjunto de variables del mercado de trabajo están relacionadas con las características del sub-modelo económico. Específicamente, las variables razón trabajo-producto y demanda laboral.

> **Razón trabajo-producto**. Es el coeficiente directo de empleo que se obtiene dividiendo el empleo sectorial entre el valor total de los insumos de ese sector.
>
> **Demanda de trabajo**. Esta variable representa la cantidad de trabajadores que las empresas o empleadores contratan debido a su actividad económica.

[15] Incluso si el comportamiento no es satisfactorio desde el punto de vista de algunas pautas históricas (o según una valoración subjetiva) es posible modificar los valores de los parámetros y la forma de las relaciones funcionales. Este procedimiento se puede repetir hasta lograr un comportamiento "más adecuado" del modelo.

E. Sub-Modelo Medio Ambiente

La actividad económica impacta en el medio ambiente en virtud del consumo de recursos naturales y la generación de contaminación. Los sectores económicos son altamente emisores de GEI.[16] Por esta razón, para inducir entre los productores de bienes y servicios un cambio que reduzca la contaminación atmosférica, los gobiernos cuentan con una variedad de instrumentos y medidas de política a aplicar: programas orientados al mercado, medidas regulatorias, acuerdos voluntarios, impulso a la investigación y desarrollo (I y D) en áreas específicas y medidas de apoyo en infraestructura.

Ahora, en relación con los sub-modelos anteriores que producen un comportamiento satisfactorio del conjunto de variables clave del estado de Chihuahua, estos pueden ser considerados como la representación de un "modelo de producción contaminante a nivel estatal." Es decir, el volumen de producción económica y el tamaño y composición de la población deben ser consistentes con un cantidad de emisión total de GEI y sumideros de carbono antropogénicos (almacenamiento de carbono) de la entidad federativa.

Por ello, el modelo MMSD-Chih en el sub-módulo de emisiones de GEI intenta vincular las actividades de la producción –identificando sectores estratégicos por su importancia en la estructura económica con las cantidades que emiten de GEI; y a los sectores económicos que son altamente emisores de GEI en términos absolutos y en términos relativos. Además, de las actividades antropogénicas que generan emisiones de GEI por consumo.

La forma que evoluciona el volumen de la contaminación atmosférica en Chihuahua depende de la emisión de GEI según el inventario que comprende seis tipos de gases incluidos en el inventario nacional de emisiones de GEI de México y que comúnmente se reportan en los informes internacionales conforme al Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF_6). Las emisiones de estos GEI se presentan usando una métrica común, el CO_2 equivalente (CO_{2e}). [17] Por lo tanto, los factores que se deben atender son los que ocasionan este volumen de contaminación atmosférica, los cuales se relacionan de un modo u otro con la estructura de la actividad económica y demográfica de la entidad, entendida en un sentido amplio

El sub-modelo de contaminación atmosférica está basado en el concepto de concentraciones atmosféricas de GEI y cuenta con las siguientes características:

[16] La Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) cuyo principal objetivo es apoyar proyectos ambientales para mejorar el medio ambiente y la salud humana en la frontera entre los EUA y México, ha venido implementando diversas acciones para apoyar a los estados fronterizos mexicanos para que elaboren su Plan Estatal de Acción Climática (PEAC); uno de los insumos más importantes para el PEAC es el inventario y pronóstico de los Gases de Efecto de Invernadero (GEI). Véase (COCEF, 2010).

[17] Las estimaciones históricas sobre emisiones de GEI (1990 a 2005)1 se elaboraron usando una serie de principios y lineamientos generalmente aceptados para los inventarios estatales de emisiones de GEI con base en datos y cifras específicas sobre Chihuahua en la medida de lo posible. Véase (COCEF, 2010).

Sectores Económicos Clave. En el análisis estructural se denominan como estratégicos o claves a ciertos sectores económicos por los efectos que tienen en las demás variables, ya sea a través de la demanda o de la oferta. La relación económica entre dos sectores se llama *encadenamiento (linkage*, en inglés) de los cuales hay hacia adelante (de oferta) y hacia atrás (de demanda). Para medirlos, se usan dos índices muy reconocidos en el análisis estructural: los coeficientes de Rasmussen (1956) [18] y los determinados por el método de extracción (Dietzenbacher, 1993, 1997). [19]

De acuerdo con el número de estos encadenamientos, cada rama puede tener efectos trasmisores fuertes o débiles hacia atrás o hacia adelante con el conjunto de la economía. Las que tienen más encadenamientos son consideradas clave o estratégicas porque su actividad demanda bienes de otras ramas o porque resultan proveedoras importantes de las demás.

Sectores Altamente Emisores de GEI. En el análisis ambiental se pueden identificar a los sectores altamente emisores de contaminación atmosférica ya sea en términos absolutos o relativos.

Niveles Absolutos de Emisión de GEI. Se puede calcular los niveles absolutos de emisión por sector económico tomando como base el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* del Instituto Nacional de Ecología (INE), acoplando la clasificación de actividades del IPCC que se usa en el *Inventario* con la del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), que usa la matriz de insumo-producto de México.[20]

Niveles Relativos de Emisión de GEI. Se puede calcular los niveles relativos de emisión por sector económico tomando como el vector de coeficientes de emisiones por rama normalizando las emisiones con respecto al valor bruto de la producción (VBP) del mismo año para obtener las emisiones por unidad de producto (en este caso Millones de Toneladas métricas de CO_{2e} equivalente de GEI por millón de pesos de VBP a precios del 2004).

---

[18] Rasmussen (1956) definió dos índices o coeficientes: uno de demanda (usando la matriz inversa de Leontief), al que llamó índice de poder de absorción, y otro de oferta (utilizando la matriz de distribución), que nombró índice de poder de dispersión. El primero mide los encadenamientos hacia atrás; el segundo, los que se hacen hacia adelante, ambos de cada una de las ramas o sectores que componen la matriz (Ruiz, 2014).

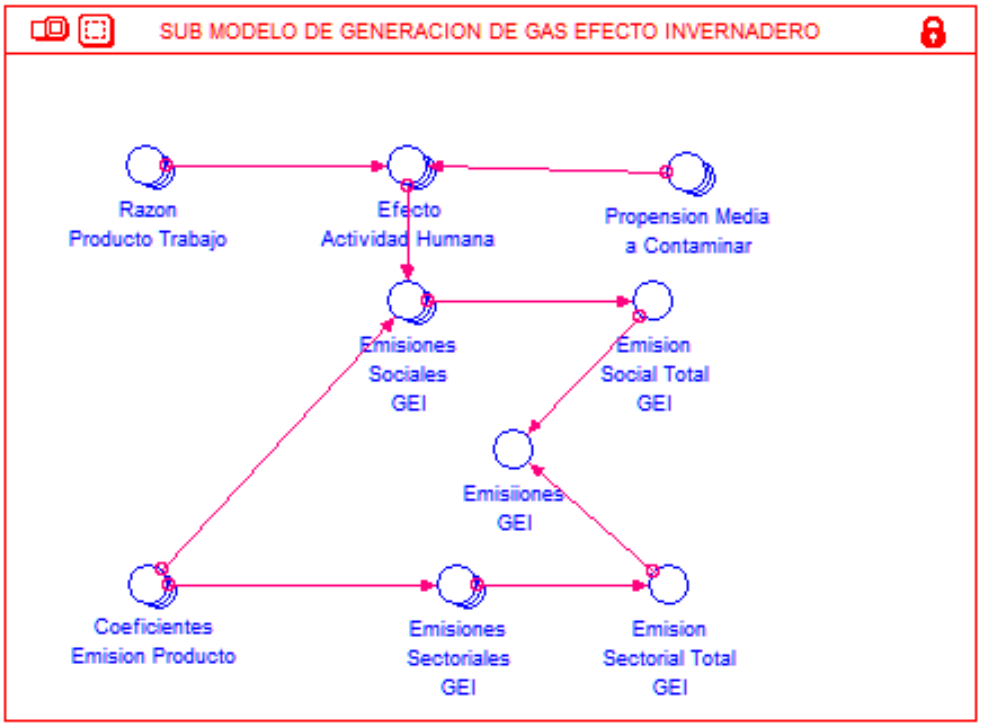
[19] Erik Dietzenbacher (1993, 1997); calcula también encadenamientos hacia atrás (de demanda) y hacia adelante (de oferta) usando, de igual forma, las matrices de insumos y de distribución, respectivamente, pero con una formulación diferente a la de Rasmussen (Ruiz, 2014).

[20] El Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) presentada en COCEF, recaba información de transferencia de contaminantes a varios medios (aire, agua o suelo) durante los procesos de producción de establecimientos industriales o actividades llevadas a cabo por los establecimientos de servicios (Ej. tintorerías, baños, hoteles, etc.). Sin embargo, la información reportada al RETC no ha sido utilizada directamente para la generación del inventario de emisión total de GEI (COCEF, 2010; p. 75).

Niveles Absolutos de Emisión de GEI per cápita. Se puede calcular los niveles absolutos de emisión por población debido a las actividades humanas con base en el *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* del Instituto Nacional de Ecología (INE).

El sub-modelo de Emisiones de GEI se puede representar mediante un diagrama causal. Este diagrama rama se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Sub-Modelo Medio Ambiente



Fuente: Elaboración propia

El sub-modelo de emisiones de GEI de igual modo que los anteriores, está diseñado de forma que se puede acomodar a las entradas de información estadística de cualquier entidad federativa del país. Los datos para Chihuahua de la emisión total de GEI, de sectores clave y contaminantes provienen del *Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* del Instituto Nacional (INGEF) de Ecología (INE, 2009), el *Inventario de Chihuahua de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero* de COCEF (COCEF, 2010), la Matriz de Insumo-Producto de Chihuahua (MIPCH, 2008) proviene de INEGI (2008) y el tamaño y composición de la población proviene de CONAPO (2010).

Con propósitos de determinar las necesidades de información estadística del sub-modelo Ambiental se continúa con el ejercicio simplificado para la economía de Chihuahua dividida en tres sectores económicos.

La tabla 10 muestra el valor bruto de la producción en términos económicos en 2005, el vector de emisiones de GEI medido en unidades de CO_2 equivalente en 2005, y el vector de emisiones de GEI por unidad de producto de 2005. [21]

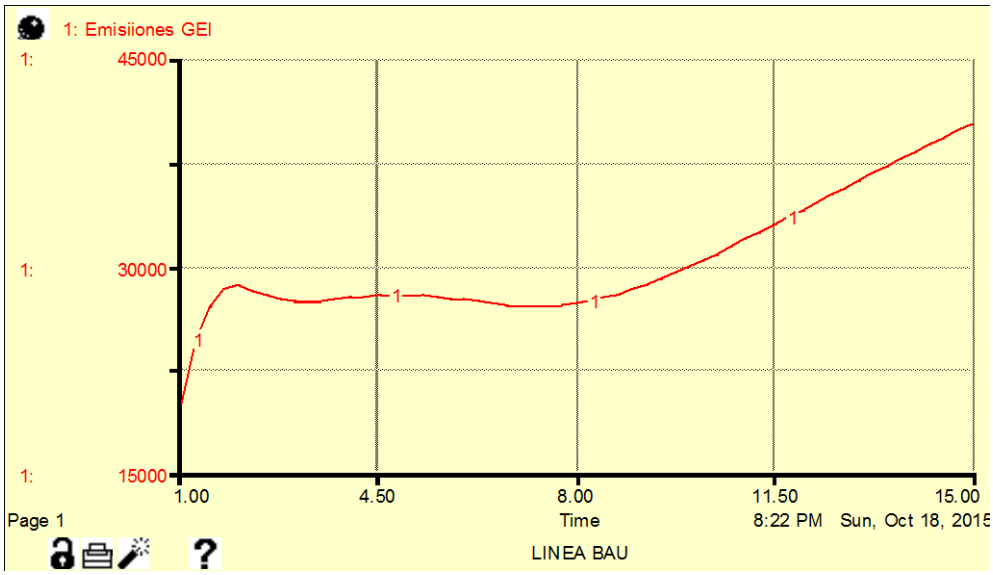
Tabla 10. Emisiones de GEI Sectorial por Unidad de Producción, 2005

Sector	Producción (Millones Pesos)	Emisiones (MTmCO2)	Emisiones/Producción (Coeficientes)
S1	11,296	2,989	0,265
S2	40,129	5,290	0.132
S3	35,408	1,960	0.056
Total	86,832	8,279	0.095

Fuente: INEGI y COCEF.

Ahora estamos listos para reproducir las características dinámicas del sub-modelo de emisiones de GEI. En particular, estamos interesados en estudiar la evolución del volumen total de GEI y de la contaminación por sector productivo, es decir, distinguiremos dentro la contaminación atmosférica varios generadores, y se quiere estudiar la evolución de cada sector económico. La pregunta fundamental es ¿Cómo crece la emisión de GEI en Chihuahua?

Gráfica 9. Evolución de la Emisión de GEI Total de Chihuahua en 50 años.



Fuente: Elaboración Propia.

[21] Este vector se re-escribirá en forma de matriz diagonal de emisiones de GEI por unidad de producto.

F. Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica de Chihuahua

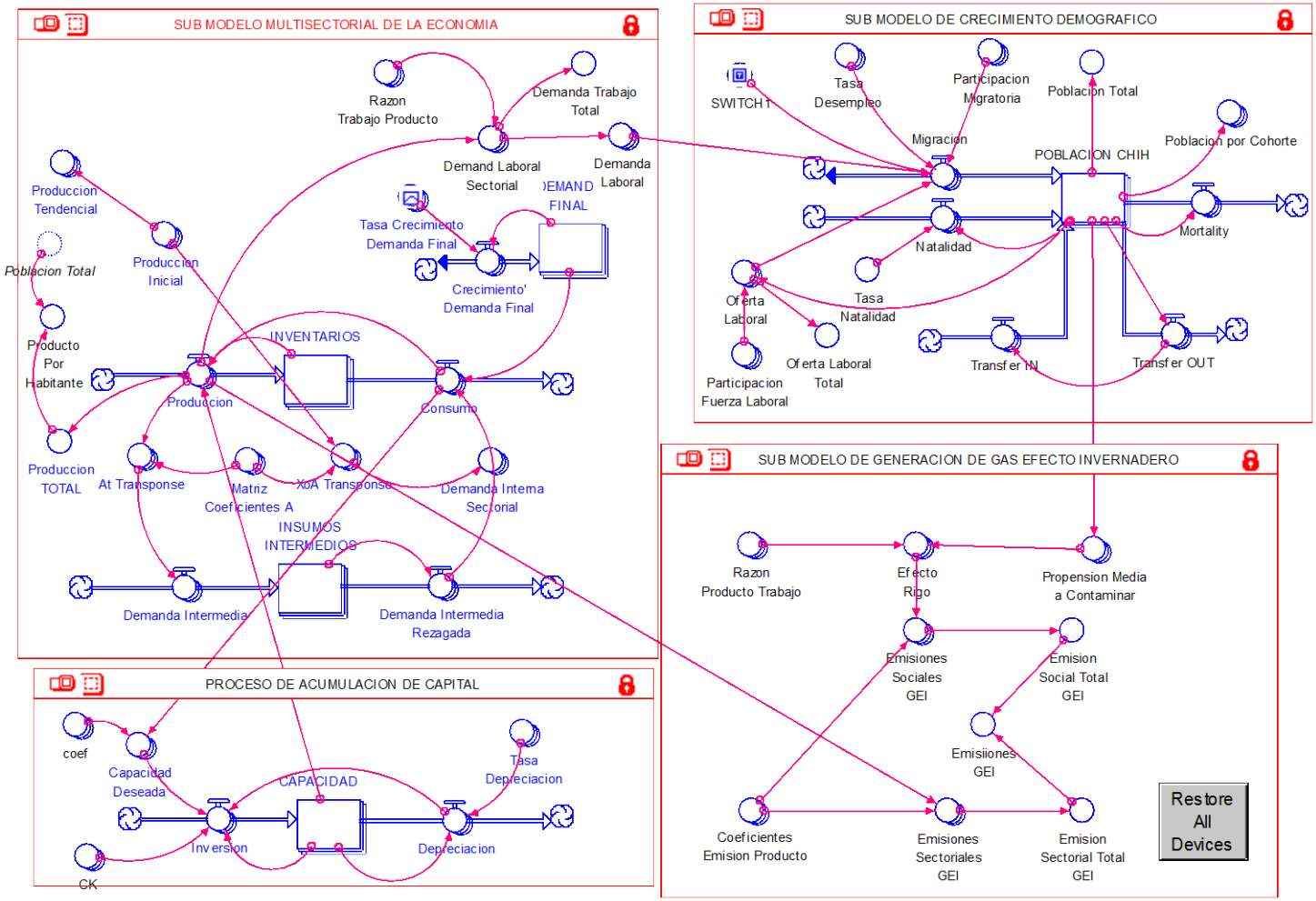
El uso de modelos macroeconómicos de simulación dinámica como el MMSD-Chih aplicado al análisis de políticas públicas es cada vez más abundante (Byden, 2009; Víctor and Jackson; 2013; Ruiz, 2014) Las razones hay que buscarlas en la creciente complejidad de los fenómenos estudiados, complejidad que se debe, entre otras razones, a que cada vez se profundiza más en la búsqueda de las causas que actúan sobre la economía, demografía y sociedad obteniendo relaciones de interacción recíproca y sobre las que no existen suficientes datos temporales o son muy imprecisos. Estas relaciones de interdependencia y/o inexistencia de datos unida a la probabilidad de que aparezcan "rupturas' y/o comportamientos discontinuos convierte a la simulación dinámica (SD) en una herramienta idónea para su análisis.

Así, el MMSD-Chih tiene como objeto reunir en un solo soporte informático los principales aspectos cuantitativos macroeconómicos de la economía chihuahuense y derivar los impactos directos, indirectos y dinámicos de las políticas de mitigación del CC y GEI. Específicamente, la información proporcionada por el modelo sirve para comprender:

> **Cómo funciona la economía**. La solución del modelo consiste en un conjunto de trayectorias temporales de los niveles de producción de los sectores económicos y producción total; así, como la evolución en las variables demográficas, de mercado de trabajo y GEI que permite proyectar dichos niveles hacia el futuro si se conoce el nivel de producción inicial y la tasa de crecimiento de las demandas finales.
>
> **Qué ocasiona cambios en la economía**. Este proceso inicia con la solicitud de cambio en la composición sectorial de la demanda final o autónoma debido a consideraciones de políticas públicas específicas relacionas a la mitigación del CC y GEI. Por su construcción el modelo trazará, en forma razonable, la trayectoria de las variables clave ajustado a la variación de la demanda final.
>
> **Qué tan sensible es la economía a ciertos cambios**. La trayectoria de la economía correspondiente a modificaciones en la composición sectorial de la demanda final o autónoma típicamente generará un comportamiento equilibrado. Aunque puede no ser así, en el caso de políticas públicas específicas.
>
> **Cuándo y cómo se producen los cambios en la economía**. El comportamiento de la economía puede variar en el tiempo debido a que los cambios en las demandas autónomas afectan de manera diferente a los sectores por las distintas restricciones de capacidad instalada y por periodo, rezagos en las relaciones intersectorial, y del proceso de inversión.

El MMSD-Chih general se presenta en la Figura 8.

Figura 8. Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica de Chihuahua (MMSD-Chih)



Fuente: Elaboración Directa

3.4. Panel de Expertos

El Panel de Expertos (PE) se le denomina al grupo de especialistas que se encargó de la realización de los análisis requeridos durante el estudio. Este grupo es la parte operativa del proyecto, y está conformado por (1) analistas de política de distintas disciplinas, que operan como los técnicos expertos en su diseño y cuantificación, y (2) los economistas que incorporan las reglas de la economía para reconocer los valores económicos (costos y beneficios) en distintos tiempos. Los primeros son conocedores de uno o varios sectores, y cuentan con experiencia en el análisis de información y la búsqueda de datos; los segundos son expertos en el desarrollo de modelos econométricos y la matriz de Insumo-Producto.

Los técnicos expertos llevaron a cabo el diseño de cada una de las propuestas de política (desarrollo de las fichas técnico-descriptivas) y el análisis microeconómico, con esto se establecen los impactos directos de dichas propuestas; mientras que los economistas se encargan de diseñar el Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica (MMSD) y hacer el análisis macroeconómico para conocer los impactos indirectos.

El PE de esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de políticas de mitigación de GEI* del PECC-Chih, estuvo conformado por nueve integrantes. Cuatro de ellos son los especialistas de los diferentes sectores, cuatro economistas encargados del modelo econométrico MMSD y del análisis macroeconómico, y una analista de información, experta en las diferentes bases de datos de la región fronteriza.

3.5. Expertos Locales de Chihuahua

Los Expertos Locales (EL) son el grupo que cuenta con la experiencia regional en temas muy específicos de cada una de las políticas del PECC-Chih. Entre las diversas funciones de dicho grupo de expertos, una de especial relevancia fue brindarle asesoría al Panel de Expertos durante el diseño, cálculo de mitigación y el cálculo de los costos de las políticas de esta etapa de cuantificación.

Se aprovechó del conocimiento regional de los Expertos Locales para la identificación de programas locales relacionados con las políticas, las barreras y mecanismos de implementación, y fuentes de financiamiento. Asimismo proporcionaron datos y estadísticas con la mejor calidad y robustez posible para tener la seguridad de contar con los datos más reales para realizar los cálculos.

El PE y los EL fueron apoyados por el coordinador local (El DPS) quien se encargó de organizar las reuniones de trabajo entre los especialistas de estos dos grupos, además de promover el intercambio de información en su plataforma electrónica.

Se contó con la participación de cinco expertos locales, tres de la Universidad Autónoma de Chihuahua, uno del Instituto Municipal de Investigaciones y Planeación de Ciudad Juárez, y uno de la iniciativa privada.

3.6. Entrenamiento proporcionado al panel de expertos (LEAP)

Los Programas Estatales de Cambio Climático a nivel estatal realizan un diagnóstico general del estado, en donde se condensan las medidas de mitigación y adaptación al CC, con el objetivo de que los PECC sean un instrumento para apoyar la planeación y desarrollo de políticas públicas en materia de CC a nivel estatal (INE, 2009). La segunda etapa de esos PEACCs tiene como objetivo la cuantificación de esas medidas de mitigación, para conocer el impacto ambiental (reducción de toneladas de dióxido de carbono equivalente), así como el costo de su implementación.

El Panel de Expertos de El Colegio de la Frontera Norte recibió una capacitación para la operación del software "Long range Energy Alternatives Planning System" (LEAP), el curso se impartió durante cuatro días (del 2 al 5 de marzo de 2015) en la ciudad de Tijuana, Baja California, con una duración total de 32 horas, dicha capacitación fue impartida por un representante del Instituto Ambiental de Estocolmo.

El panel de expertos contó con un manual que contiene ejercicios prácticos en el uso del software, desde la introducción del mismo, hasta ejemplos y ejercicios en las diferentes etapas de análisis, tanto de emisiones como de costos. Para el uso del software se utilizó información básica del estado de Chihuahua previamente seleccionada y revisada por el instructor, quien siempre estuvo al pendiente de las dudas que surgían.

Aunque el software LEAP no es complicado en su uso, requiere capacitación para su aprovechamiento adecuado.

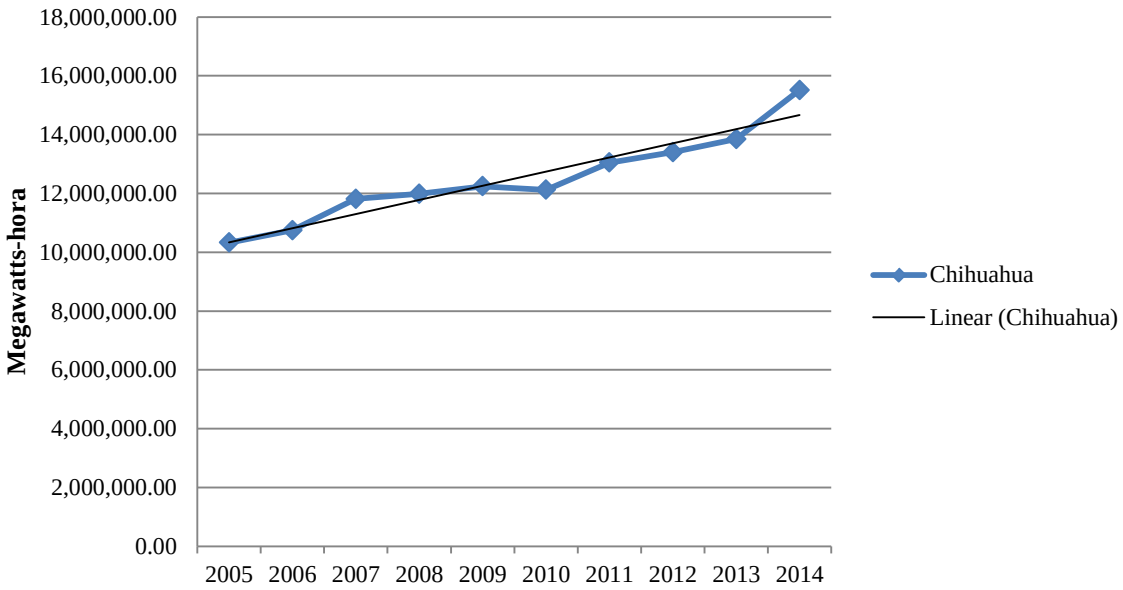
Capítulo IV. Sector Generación de Energía

4.1 Generalidades y antecedentes del sector.

Le energía es importante para las actividades socioeconómicas de un país, estado o región, de ella dependen la producción y distribución de gran parte de bienes y servicios. Sin embargo, a nivel global es uno de los principales sectores emisores de Gases Efecto Invernadero (GEI), la situación no es diferente para Chihuahua. Para tener un panorama más amplio sobre el sector, a continuación se mencionan algunas generalidades.

Durante los últimos años en Chihuahua la producción anual de electricidad ha sido creciente, datos de la SENER, 2015, muestran incrementos de 10,325,754.33 MWh en 2005 a 15,511,327.42 MWh en 2014, es decir, un aumento porcentual del 50.2% para dicho periodo, en la siguiente gráfica se observa la tendencia en la producción.

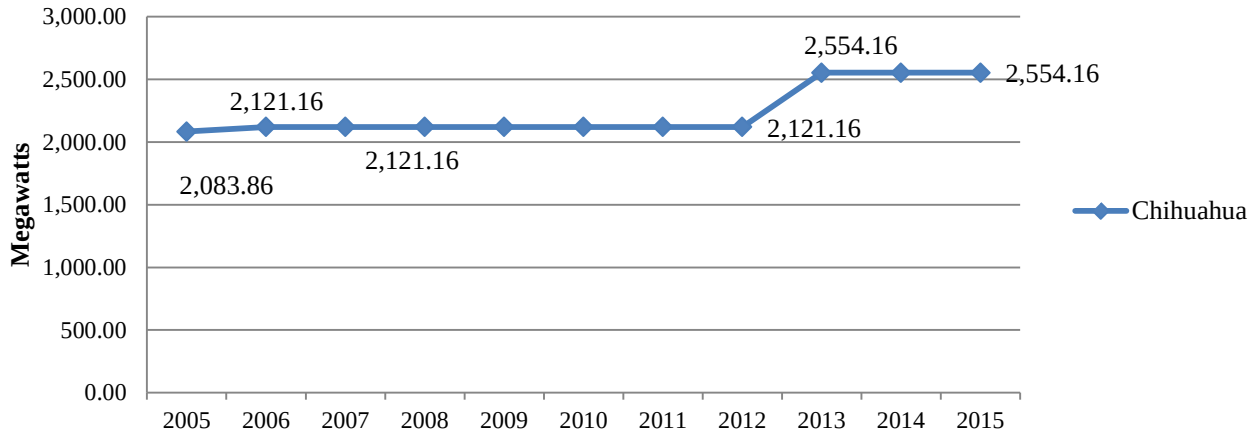
Gráfica 10. Generación anual bruta de energía eléctrica en Chihuahua, 2005-2014.



Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER, 2015. Disponible en: http://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=cuadro&cvecua=IIIA1C01

Para la generación de electricidad actualmente el estado dispone de una capacidad efectiva de 2,554.160 Megawatts instalados, valor que representa incremento del 22.5% si se compara con el año 2005, en un periodo de 10 años el crecimiento significativo de la capacidad se dio en el 2013 donde se alcanzó el valor actual, tal como se observa en la gráfica 11.

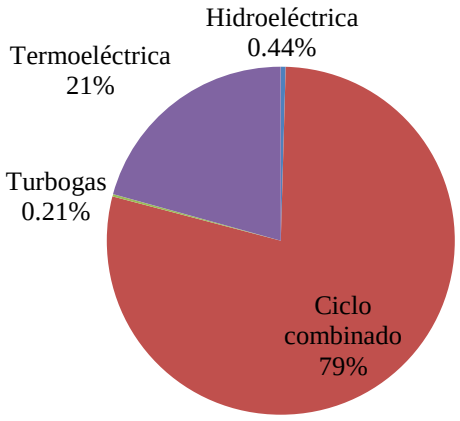
Gráfica 11. Capacidad efectiva de Chihuahua, 2005-2014.



Fuente: Elaboración propia con datos de la SENER, 2015. Disponible en: http://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=cuadro&cvecua=IIIA1C01

La capacidad efectiva de Chihuahua depende de siete centrales generadoras: tres de ciclo combinado, dos termoeléctricas, una de turbo gas y una hidroeléctrica, cuya participación porcentual en la generación de electricidad se aprecia en la gráfica 12.

Gráfica 12. Participación en la Generación de Electricidad en Chihuahua, 2015.



Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE-Subgerencia Regional de Generación Centro Norte, 2015.

De la gráfica anterior, se observa que con el 79%, las plantas de ciclo combinado son las que mayor participación tienen, vinculado con ello está la cantidad de combustible necesario para contribuir con la producción de electricidad, el cual varía dependiendo de la tecnología empleada.

Según el tipo de planta, destaca el Gas Natural como el combustible más consumido para generar electricidad en Chihuahua, esto se confirma con base en datos del Inventario de *Gases de Efecto Invernadero (IGEI) de Chihuahua 1990-2005, y las proyecciones de 2006-2025*, de donde se toma la siguiente tabla que muestra la participación por tipo de combustible.

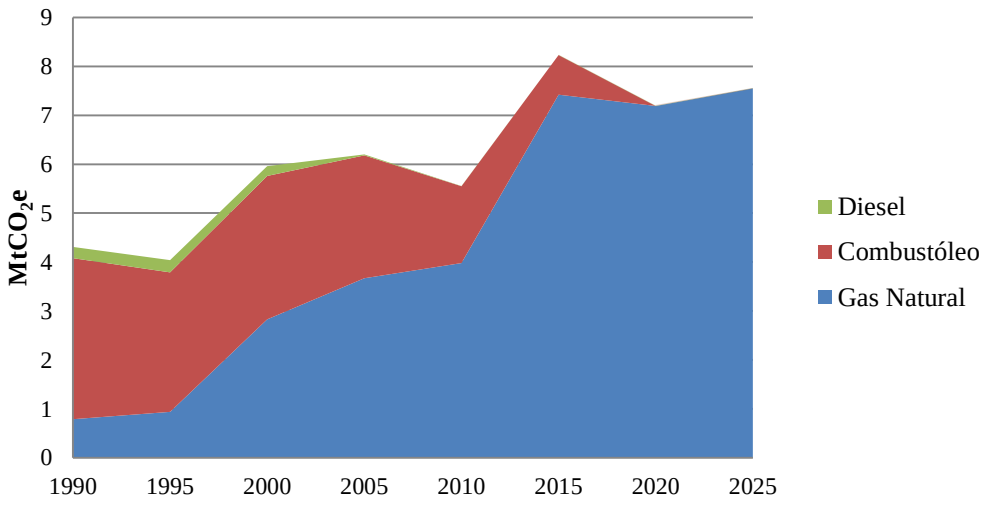
Tabla 11. Características de Generación por Planta en Chihuahua, 2015.

Nombre de la Planta	Ubicación	Tipo de Planta	Tipo de Combustible	Capacidad Efectiva (Mw)	Energía Eléctrica Producida (Gwh)	Consumo de Combustible (TJ)
Francisco Villa	Delicias	Termoeléctrica	Combustóleo	300	1,026	10,907.48
Samalayuca	Cd. Juárez	Termoeléctrica	Combustóleo	316	1,004	14,965.46
Samalayuca II	Cd. Juárez	Ciclo Combinado	Gas Natural	521.76	3,982	32,638.60
Chihuahua	Delicias	Ciclo Combinado	Gas Natural	619.4	4,301	35,253.29
Juárez	Juárez	Turbogas	Diésel	259	14288	11,704.65

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE-Subgerencia Regional de Generación Centro Norte, 2015.

Conforme cambia la cantidad consumida de combustibles, lo hace también la cantidad de emisiones de GEI derivados de los mismos, según datos del Inventario de Emisiones antes mencionado, se espera que para 2025, la producción de electricidad dependa en gran parte de Gas Natural, con lo cual la participación en cuanto a la emisión de contaminantes derivados de la quema de este combustible será mayor.

Gráfica 13. Emisiones de GEI basadas en la Producción de procedentes del Sector Eléctrico: 1990-2025.



Fuente: Elaboración propia con datos de COCEF-CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010

4.2 Retos y Oportunidades del Sector.

Debido a que existe una demanda creciente de electricidad en Chihuahua, y con ella aumentos en la contaminación atmosférica por la presencia de GEI, el principal reto que se le presenta al estado es, disminuir las emisiones derivadas de la quema de combustibles por suministrar electricidad, ello sin afectar la oferta actual ni futura.

Para afrontar dicho reto, es necesario reducir la cantidad de combustible fósil que se emplea en la producción de electricidad, para ello se requiere identificar fuentes alternas, en este caso son las energías renovables las que servirían de apoyo para reemplazar a aquellas cuyo factor de emisión es alto por cada unidad que se requiere de energía.

Entre las energías renovables identificadas en el estado, y de las cuales es factible sacar provecho, destacan las siguientes:

- Energía Solar: Dado la ubicación geográfica del estado, en un día soleado se recibe de 4 a 6 Kwh por metro cuadrado (Departamento de Electrificación y Ahorro de Energía-Chihuahua, 2009), lo cual represente valores óptimos para aprovechar la energía solar en la generación de electricidad e incluso para desplazar el consumo de gas con el calentamiento solar de agua.
- Energía Mini-hidroeléctrica: Existe potencial para producir energía eléctrica mediante el aprovechamiento del flujo de ríos o canales, el potencial instalable en el estado va desde los 2 MW en el Canal Principal Conchos, hasta un potencial identificado de 300 MW (Departamento de Electrificación y Ahorro de Energía-Chihuahua, 2009).
- Energía de Biomasa: en Chihuahua existe la producción de energía eléctrica en rellenos sanitarios en los municipios de Chihuahua y Cd Juárez, así mismo existe material para producir electricidad con estiércol o con desperdicios de aserrín. (Departamento de Electrificación y Ahorro de Energía-Chihuahua, 2009)

Al aprovechar estas diferentes fuentes de energía, es posible desplazar la quema de combustibles fósiles para la producción de energía y, al mismo tiempo disminuir las emisiones que se derivan, sin embargo, para la aplicación de las mismas se requiere conocimiento y capacitación en el uso de las tecnologías con las que operan las fuentes secundarias.

Además del reto que representa introducir y aprender a producir energías renovables, se encuentra la concientización de las autoridades y de la sociedad para adoptarlas, todo ello constituye un serio desafío ya que sin la participación conjunta de estos actores se complica introducir cambios positivos, no sólo en aspectos sociales, sino también, en términos económicos.

4.3 Políticas del Sector

En el presente sector, los análisis desde el punto de vista de emisiones y de impactos micro y macroeconómicos, se derivan de la lista de políticas prioritarias señaladas en la primera etapa del PECC-Chih, de este se tomaron aquellas que cubrieran las características de ser cuantificables con lo que se obtuvo un total de cinco políticas que a continuación se enlistan y brevemente se describen.

1) *ES.1- Celdas fotovoltaicas concentradas para la generación de electricidad.* El objetivo de la política es, instalar un campo de celdas fotovoltaicas de 25 MW de capacidad para generar electricidad con energía solar, esto para aprovechar la irradiación existente en el desierto de Ciudad Juárez, reducir el uso de combustibles fósiles y los costos de producción
2) *ES.2- Celdas fotovoltaicas distribuidas en edificios para la generación de electricidad.* El objetivo de la política es, instalar paneles fotovoltaicos con una capacidad total de 25 MW y distribuidos en edificios particulares, con tarifas de alto consumo, para generar electricidad con energía solar, esto para aprovechar la irradiación del estado, reducir el consumo de combustible fósil y los costos en el consumo de electricidad.
3) *ES.3- Uso de residuos forestales para generar electricidad, calor y vapor.* El objetivo de la política es, generar 10 MW de electricidad usando residuos forestales en las zonas madereras del estado, para ello se requiere la coordinación de ejidos y productores de madera de las diferentes uniones de silvicultores. Con esto se busca desplazar el uso de combustibles fósiles en la generación de electricidad y reducir el costo de producción de la misma.
4) *ES.4- Generación de electricidad con Gas Natural.* El objetivo es, incrementar en 15% la proporción en uso de Gas Natural respecto a otros combustibles de mayor intensidad de carbono empleados en la producción de energía eléctrica, esto para desplazar insumos, como el combustóleo o el diésel, que aportan mayores GEI por cada unidad producida.
5) *ES.5- Mini-hidroeléctricas.* El objetivo es, instalar una capacidad de 30MW en Micro-hidroeléctricas, para aprovechar flujos de agua en ríos y canales en la generación de electricidad, con lo cual se contribuye a la producción con energías limpias, se reducen costos y se aprovechan los recursos presentes en el estado

4.4 Metodología utilizada.

La cuantificación de las políticas del Sector Generación de Energía se dividió en dos partes, la primera consiste en estimar las emisiones mitigadas o generadas por cada implementación individual y la segunda es el análisis de costos o ahorros en los que se incurre.

Para las emisiones se recurre al *IGEI de Chihuahua 1990-2005, y las proyecciones de 2006-2025,* de donde se obtiene datos como: producción anual de electricidad, capacidades por tipo de planta en Chihuahua, electricidad producida por tipo de combustible, así mismo, se recurrió a bases de datos oficiales de la SENER y la CFE para incorporar datos en los cálculos.

El cálculo de emisiones se efectúo en el Software LEAP, donde es posible crear escenarios de referencia y mitigación, que ayuden a medir la reducción total que representa cada política del sector. El elemento del que se parte y que es la base comparativa para todas las políticas es el Escenario de Referencia, que se construye tomando un Escenario (o año) base.

El Escenario (año) base, para el sector generación de electricidad, fue 2015, para dicho año se calculó la producción de electricidad por cada una de las plantas existentes en el estado, para ello se alimentó al software con la siguiente información:

- Producción Histórica de electricidad por tipo de planta.
- Eficiencia de planta.
- Factor de carga de cada planta.
- Regla de despacho.
- Tipo de combustible con el que opera cada planta.
- Factor de emisión del combustible de cada planta generadora de electricidad.

La información antes mencionada se procesa en LEAP y se obtiene como resultado la producción de electricidad y las emisiones de la misma para un año específico, a partir del cual se hacen extrapolaciones que permitan observar la producción de electricidad hasta el fin del periodo a analizar, en este caso fue 2025, con esto se obtiene el escenario de referencia que sirve para medir los cambios en producción y en emisiones para cada política.

- **ES.1- Celdas fotovoltaicas concentradas para la generación de electricidad**. Para medir la reducción en emisiones de esta política, se consideró la capacidad objetivo que se tiene planteado alcanzar al final del periodo, esto representa la cantidad de electricidad que dejará de ser producida por fuentes convencionales y al mismo incluye las emisiones evitadas por producir electricidad con energía solar.

    - Para el caso de los costos/ahorros, los cálculos se hacen utilizando los costos por producir un Megawatt-hora ($624/MWh) con fuentes no renovables y los costos nivelados de capital expresados en pesos por Megawatt-hora de la energía generada con paneles fotovoltaicos. Entre mayor sea la energía generada con fuentes renovables, mayor será la capacidad de cubrir los costos del capital y se obtienen ahorros. Para llevar todo al valor presente se utiliza en todas las políticas la tasa de descuento del 5%.

- **ES.2- Celdas fotovoltaicas distribuidas en edificios para la generación de electricidad**. El procedimiento que se sigue para el cálculo de las emisiones es similar al de *ES.1*.

- La diferencia en los cálculos se encuentra en los costos, en este caso se compara el costo nivelado de capital contra el ahorro que se tiene por dejar de pagar tarifas de electricidad, ello a consecuencia de instalar paneles fotovoltaicos. Para el VPN se usa la Tasa de Descuento del 5%.

- **ES.3- Uso de residuos forestales para generar electricidad, calor y vapor.** El cálculo de emisiones es similar al de ES.1, considerando la capacidad a instalar para generar electricidad con residuos forestales.
  - La comparación en costos considera el costo nivelado de capital y el de producir 1 MWh de electricidad con fuente renovable en México. Entre más energía se alcance a producir con fuentes renovables, mayores serán los ahorros. Aquí se utiliza de igual forma la tasa de descuento del 5%.

- **ES.4- Generación de electricidad con Gas Natural**. Para calcular las emisiones mitigadas se sigue el procedimiento descrito en ES.1. Respecto a los costos, en este caso se considera el costo nivelado de modernizar las plantas para que estas operen con Gas Natural.

  - Para obtener el ahorro o el costo, se comparan los costos nivelados por cambios en la maquinaria y, los ahorros al dejar de consumir otros combustibles diferentes al Gas Natural.

- **ES.5- Micro-hidroeléctricas**. El cálculo de emisiones, costos y/o ahorros es similar al de ES.1, con diferencias en los costos nivelados de capital ya que, en este caso el equipo a considerar son Micro-hidroeléctricas.

4.5 Resultados

A continuación, se presentan los resultados de la cuantificación de las políticas de mitigación para el Sector Generación de Energía, ahí se observan las mitigaciones hasta del 2025 y acumuladas para el periodo 2017-2025, así mismo, se incluye el costo de efectividad por política y de todo el sector.

Tabla 12. Resultado del análisis microeconómico de las políticas del sector ES.

		GEI reducidos ($MtCO_2e$)		Rentabilidad (VPN) 2017-2025	Año Base 2015 MXN$
Clave	**Nombre de la Política**	**Reducción Anual**	**Acumulado**	**Valor Presente Neto**	**Costo Efectividad**
		2025	**2017-2025**	**MDP**	**($/tCO2e)**
ES.1	Celdas Fotovoltaicas Concentradas para la Generación de Electricidad	0.0269	0.1347	$111.67	$829.31
ES.2	Celdas Fotovoltaicas Distribuidas en Edificios para la Generación de Electricidad	0.0276	0.1379	$ 61.66	$ 446.97
ES.3	Uso de Residuos Forestales para Generar electricidad, calor y vapor	0.0076	0.0415	$ 5.29	$ 127.26
ES.4	Generación de Electricidad con Gas Natural	0.0006	0.0032	$6.34	$2,006.73
ES.5	Mini hidroeléctrica	0.2190	0.8028	$ 51.84	$ 64.58
	Total	**0.281663**	**1.12015**	**$236.81**	**$ 211.40**

$/tCO2e = pesos por tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente; GEI = Gases de Efecto Invernadero; MtCO2e = millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente.

Nota: Las reducciones de GEI se calcularon para cada año del periodo estudiado, pero solo se presentan los resultados para el año 2025 (tercera columna), y el acumulado para 2017 a 2025 (cuarta columna). El costo por tCO_2e (columna seis) del periodo 2017-2025, se calculó con el valor presente neto de los flujos de efectivo en 2017-2025 en millones de pesos (quinta columna), dividido entre los $MtCO_2e$ acumulados de las reducciones de GEI (cuarta columna).

Los resultados muestran que para 2025 la política del sector que más aporta en la mitigación es ES.5 Mini hidroeléctrica, con una reducción de 0.2190 Millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente, acumulada la mitigación de dicha política, durante el periodo de tiempo de 2017-2025 asciende a $0.8028MtCO_2e$.

Respecto al costo de mitigación, ES.5 destaca con el menor costo de reducir emisiones, esta arroja un valor de $64.58 pesos por cada tonelada, cabe mencionar que los valores expresados en la columna de costos de efectividad se encuentran con signo positivo, esto significa que por cada

tonelada mitigada se incurre en costos, ello tiene su explicación en el precio de las tecnologías y el corto periodo de tiempo del análisis.

Las políticas que representan los costos de efectividad más elevados son ES.4 y ES.1 con \$2,006.73/ tCO_2e y \$829.21/tCO_2e respectivamente, de estas dos ES.1 a pesar de representar altos costos es una de las tres políticas que más reducción de emisiones presenta junto con ES.2 y la ya mencionada ES.5.

Analizando el sector en conjunto, la mitigación acumulada total que se tiene al final del periodo es de 1.120 $MtCO_2e$, lo cual va representar un costo social de \$211.40 pesos por cada tonelada de CO_2e que se reduzca, en el mediano plazo no se aprecian ahorros por la implementación de las políticas para este sector, no obstante hay reducción de GEI que acarrean otros beneficios sociales que no se contabilizan en el sector pero que impactan positivamente a la sociedad.

4.6. Implicaciones en materia de Política Pública.

La implementación de las políticas consideradas en este capítulo, requiere participación coordinada del gobierno estatal y municipal, para vigilar el cumplimiento, aplicación y fomento de las mismas, o al menos, de aquellas con mayores beneficios ambientales y menores costos sociales.

En el diseño de las cinco políticas aquí planteadas, se considera a la inversión privada como la principal fuente de financiamiento, ello no significa que el sector público pueda quedar de lado o que no deba participar, por el contrario debe crear estrategias que fomenten el uso de fuentes renovables para la generación de electricidad, además de vigilar y regular que esto se lleve conforme a lo establecido en la ley.

Las estrategias que plantee el gobierno estatal, no necesariamente deben referirse a apoyos económicos, pero sí a atraer o estimular empresas interesadas dentro y fuera del estado, así mismo es importante involucrar a instituciones de investigación locales que apoyen en el desarrollo, uso y/o manejo de las tecnologías que se requieran para implementar las políticas mencionadas.

Para atraer empresas se requiere crear y fortalecer en Chihuahua el mercado de electricidad generada con fuentes renovables, para esto se requiere la participación del estado en cuanto a subsidios, financiamientos, préstamos y estímulos económicos de participar en la compra-venta de energía limpia.

Si bien, los beneficios de la aplicación de las políticas de mitigación, para el sector Generación de Energía, no se observan en el corto plazo, lo es en el largo y estos además de ser directos acarrean beneficios sociales indirectos, como reducción en el número enfermedades y muertes relacionadas por contaminación ambiental, lo que representa para el estado ahorros en el sector salud y mejor calidad de vida de los ciudadanos.

Para el estado, los costos de no implementar medidas de mitigación de GEI podrían superar al costo de inversión que se requiere para hacerlo, pues, no sólo son impactos en la salud los que tiene que atender, también hay aspectos económicos, como la pérdida de productividad y competitividad, esto significa que el no hacer nada, representaría un impacto negativo para la economía local, por lo que la correcta aplicación de las políticas mencionadas en este capítulo representan, además de beneficios ambientales, beneficios sociales y económicos.

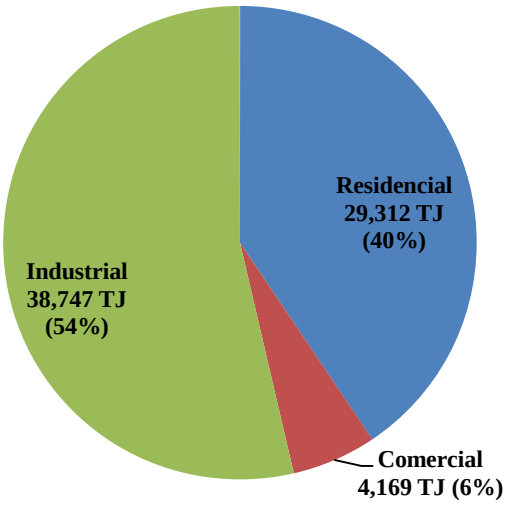
Capítulo V. Sector Residencial, Comercial e Industrial

5.1. Generalidades y antecedentes del sector

Con base en los resultados del inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chihuahua 2010 (IGEI-Chi), en 2005, el sector Residencial, Comercial e Industrial (RCI) ocupó el tercer lugar en cuanto a emisiones de GEI, seguido de Suministro de Energía (ES) y Transporte y Desarrollo Urbano (TDU) (Tabla 1). Sin embargo, cabe destacar que en esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación de GEI* es en el sector RCI donde se propone el mayor número de políticas de mitigación (16 de 35), ya que cuenta con un potencial muy importante dentro de sus tres subsectores.

El consumo energético final del sector RCI en 2014 fue 72,229 Terajoules (TJ), con lo cual se emitieron 7.8 $MtCO_2e$, esto contando las emisiones derivadas del consumo de electricidad. El sector industrial participó con 54% (38, 747 TJ) del consumo final de energía, seguido del sector residencial con 40% (29,312 TJ), mientras que el sector comercial participó con sólo 6% (Gráfica 14).

Gráfica 14. Consumo energético final del sector RCI, 2014.

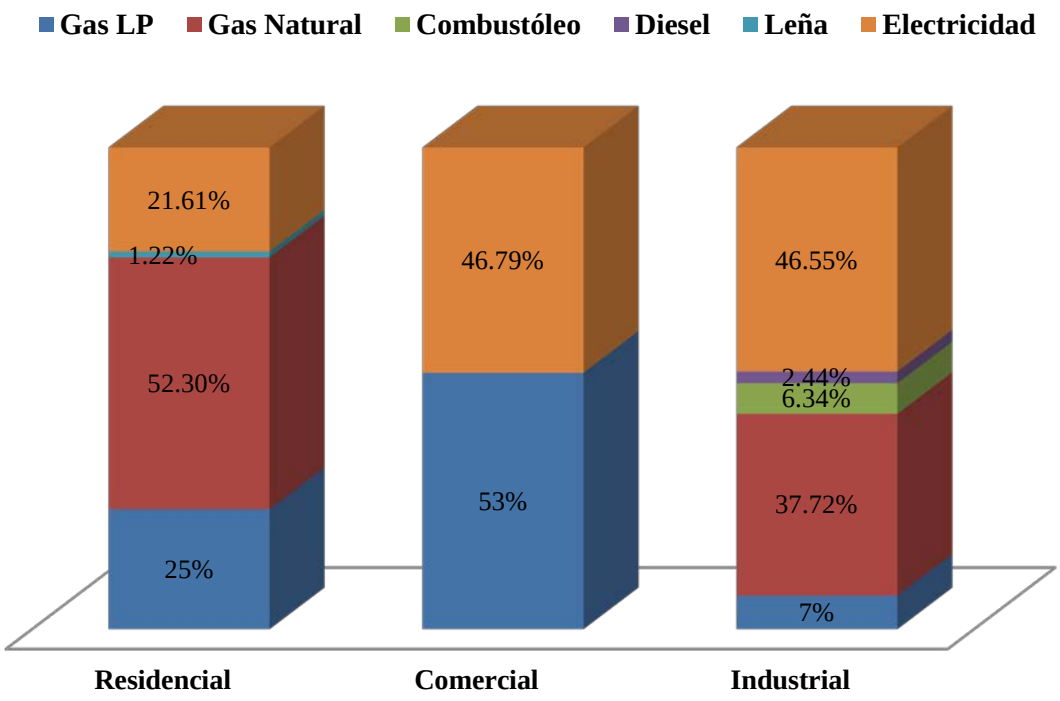


Fuente: Elaboración propia con datos de COCEF-CCS- Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010; CFE, 2015.

En cuanto al consumo energético de cada sub sector, se observa que el gas natural, con 15,330 TJ, es el energético más importante en el sector residencial, seguido del gas licuado con 7,290 TJ, la electricidad con 6,335 TJ y la leña con 357 TJ. En el caso del sub sector comercial el energético que más contribuye al consumo final es el gas licuado con 2,219 TJ seguido de la electricidad con 1,951 TJ. En el sector industrial, por su parte, la electricidad es el energético más importante con un consumo final de 18,036 TJ, seguido del gas natural con 14,617 TJ, el gas licuado con 2,694 TJ, el combustóleo con 2,455 TJ y el diésel con 945 TJ. Los porcentajes

correspondientes a los valores absolutos de cada energético en los tres subsectores de RCI se muestran en la gráfica 15.

Gráfica 15. Consumo final de energía en los subsectores residencial, comercial e industrial.



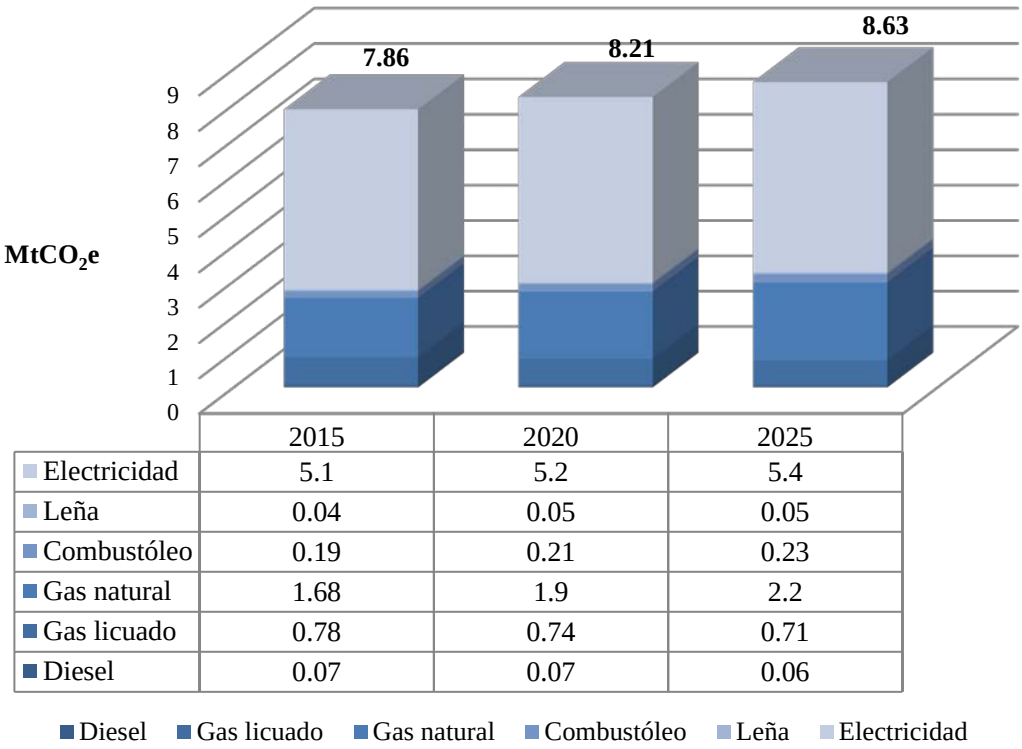
Fuente: Elaboración propia con datos de COCEF- CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010; CFE, 2015.

Respecto a las emisiones de GEI, las actividades del sector RCI generan principalmente dióxido de carbono (CO_2) y en menor volumen metano (CH_4) y dióxido de nitrógeno (N_2O), las cuales se producen al quemar combustible en la calefacción doméstica, calentadores de agua, procesos industriales, cocinas y otros servicios que brinda el consumo de energía. Existen tres categorías de emisiones vinculadas al sector RCI: 1) emisiones directas, 2) procesos industriales, y 3) emisiones indirectas derivadas del consumo de electricidad. En el caso específico de este trabajo se consideraron exclusivamente las emisiones directas procedentes del consumo de gas natural, gas licuado, diésel, combustóleo y leña; así como las emisiones indirectas procedentes del consumo de electricidad en cada uno de los tres sub sectores de RCI.

En este sentido, las prospectivas de emisiones de CO_2 directas e indirectas del sector RCI indican que estas se incrementarán de 7.86 a 8.63 $MtCO_2e$ en el período 2015-2025, lo cual indica un incremento de 9.8% en 10 años (Gráfica 16). El mayor aporte de este incremento corresponde a las emisiones indirectas por el consumo de electricidad así como por las emisiones directas procedentes del consumo de gas natural y en menor medida del combustóleo y la leña. Por el

contrario, se espera una reducción de las emisiones directas procedentes del consumo de gas licuado y diésel.

Gráfica 16. Emisiones de CO_2 directas e indirectas del sector RCI.



	2015	2020	2025
Electricidad	5.1	5.2	5.4
Leña	0.04	0.05	0.05
Combustóleo	0.19	0.21	0.23
Gas natural	1.68	1.9	2.2
Gas licuado	0.78	0.74	0.71
Diesel	0.07	0.07	0.06

Diesel Gas licuado Gas natural Combustóleo Leña Electricidad

Fuente: Elaboración propia con datos de COCEF-CCS- Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010; CFE, 2015.

El escenario actual y prospectivo de las emisiones de CO_2 procedentes del sector RCI en Chihuahua evidencia la relevancia de implementar un Plan Estatal de Acción Climática que atienda los procesos específicos de consumo energético en tres sub sectores tan importantes para la población y la economía del estado. En el caso específico de Chihuahua, se observa un efecto sustitución de combustóleo, diésel y gas licuado por gas natural; así como un incremento importante en el consumo de electricidad

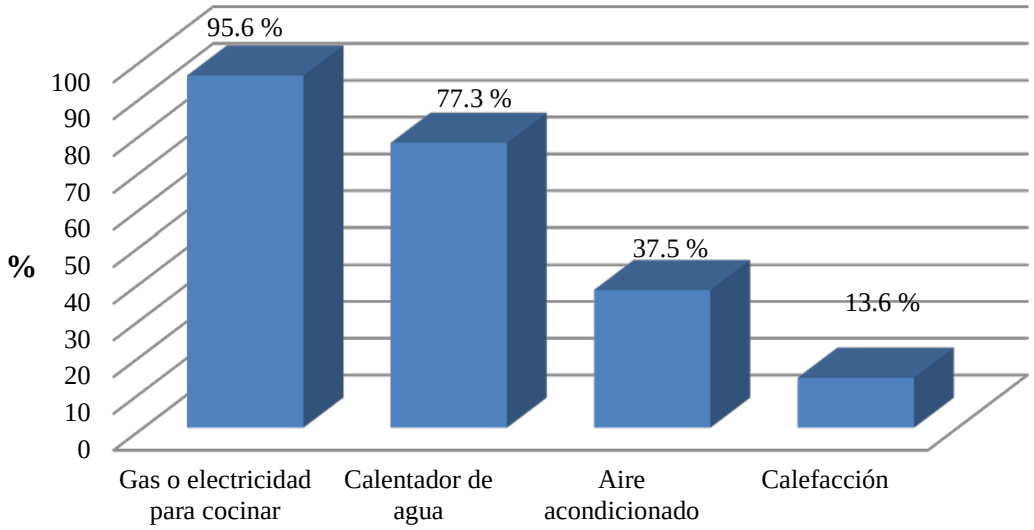
5.2. Retos y oportunidades del sector

Lograr que el sector RCI de Chihuahua alcance un desarrollo económico bajo en carbono en el corto, mediano y largo plazo, es el principal reto al que se enfrenta la implementación de una política pública tan relevante como lo es este plan estatal de acción climática. Este reto, como se verá más adelante en el capítulo correspondiente al análisis macroeconómico, conlleva en una serie de oportunidades para mejorar la calidad de vida de la población, fortalecer la economía local y estatal y mejorar al medio ambiente mediante acciones efectivas de mitigación.

En el caso del sub sector residencial, Chihuahua ha presentado una tendencia prácticamente igual que el promedio nacional en el número de viviendas particulares habitadas en los últimos años. Durante el período 1990-2014 el número de viviendas particulares en el país se incrementó en 96.4% mientras que en Chihuahua el aumento fue de 91.4%.

Actualmente en Chihuahua existen aproximadamente 1,072,000 viviendas de las cuales 99% cuentan con energía eléctrica, mientras que 95.6% de los hogares que habitan estas viviendas usan gas o electricidad como combustible para cocinar, 77.3% cuentan con calentador de agua, 37.5% con aire acondicionado o equipos de aire lavado y 13.5% con algún sistema de calefacción (Gráfica 17).

Gráfica 17. Viviendas que cuentan con algunos de los principales servicios de energía en Chihuahua (2014).



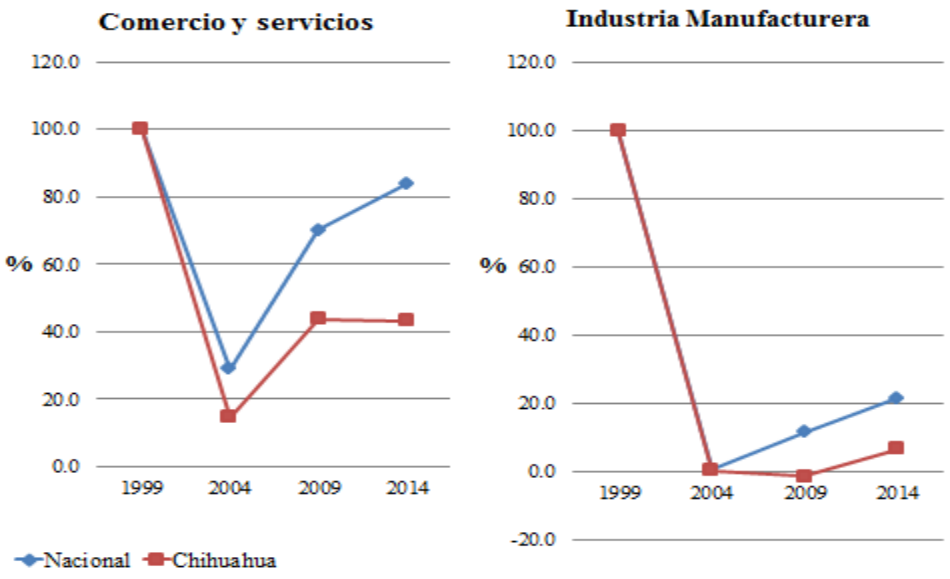
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2015a)

Es importante subrayar en esta línea que, de acuerdo a las proyecciones del Consejo Nacional de Población, se espera que en 2025 la población de Chihuahua se incremente en poco más de 364,400 habitantes con respecto a 2014, escenario que generará una demanda de vivienda adicional, infraestructura y servicios de energía para cubrir las necesidades básicas de la población, lo cual se traducirá en una mayor demanda de energía, principalmente gas natural y electricidad. Como se verá más adelante, las políticas y acciones de mitigación propuestas en este sub sector están encaminadas precisamente a que la satisfacción de necesidades básicas de la población actual y futura de Chihuahua vaya acompañada de una reducción absoluta en las emisiones de CO_2 procedentes de este consumo de energía.

En el caso de los subsectores comercial e industrial, cabe destacar que 96.6% de las 803,175 personas que a inicios de 2014 constituían la población ocupada de Chihuahua (PO) trabaja en

estos sub sectores, distribuidos de la siguiente manera: 48% en el sector comercio y servicios, 47% en la industria manufacturera, 2% en la industria de la construcción y 2% en la minería (el 3.4% labora ya sea en el sector agropecuario o en el sector transporte). Al revisar las tendencias (en números índice) de estos subsectores con respecto al promedio nacional se observa que tanto la industria manufacturera como comercio y servicios, por mucho los sub sectores económicos con la mayor parte de la población ocupada de Chihuahua, han mostrado un crecimiento menor en Chihuahua que a nivel nacional (Gráfica 18). Nótese cómo la población ocupada a nivel nacional en la industria manufacturera en 2014 representa 21.5% de la que había en 1999; mientras que en Chihuahua es de solo 6.7%. En el caso del sector comercio y servicios, la población ocupada en 2014 a nivel nacional representa 84% del total en 1999, y en Chihuahua sólo 43.2%. Este escenario evidencia el reto tan importante que tiene Chihuahua para alcanzar un desarrollo económico bajo en emisiones y que a la vez fomente mayores niveles de empleo en la población económicamente activa.

Gráfica 18. Crecimiento en números índice de la industria manufacturera y el sector comercio y servicios (1999-2014).



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2000, 2005, 2010, 2015b)

5.3. Políticas del sector

Las 16 políticas del sector RCI analizadas en esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación*, surgieron de la lista de las 23 políticas prioritarias seleccionadas en la primera etapa del PECC-Chih. Dichas políticas estaban distribuidas en cinco diferentes sectores (AFW, ES, RCI, TT y TDU), donde seis acciones le correspondían al sector RCI. Las 16 fueron el producto de diversas adecuaciones, fusiones y especificaciones para cumplir el objetivo de esta nueva etapa.

Algunos de los ejemplos de estos ajustes fueron las modificaciones de la política prioritaria número cuatro “Unidades de energía en el hogar: para reducción en el uso de energía”, que buscando mayor especificidad para esta acción, en esta nueva etapa se diseñaron nueve políticas (RCI.1 a RCI.9) relacionadas con le eficiencia energética. Por ello, se propuso la eficiencia energética en refrigeradores, iluminación, calentadores de agua y aislamiento térmico. Es importante destacar que todos los ajustes fueron discutidos y validados con los Expertos Locales de Chihuahua.

A continuación se describen brevemente las nueve políticas del sector RCI que fueron analizadas en esta nueva etapa del PECC-Chih.:

1) *RCI.1- Eficiencia Energética en Refrigeradores de viviendas existentes*: En esta política se propone reducir 35% en la intensidad energética en los hogares mediante el uso de refrigeradores eficientes, mediante el reemplazo o sustitución por aquellos de menor antigüedad y mayor eficiencia.

2) *RCI.2-Eficiencia Energética en Iluminación de Viviendas Existentes*: En esta política se propone reducir 15% en el uso energético de los hogares con el uso de focos ahorradores en las viviendas, mediante el remplazo de focos incandescentes por ahorradores, con lo que se buscar reducir consumo de electricidad y emisiones derivadas de la transmisión y distribución de la misma.

3) *RCI.3- Instalación de Calentadores Solares de Agua en Viviendas Existentes*: En esta política se propone reducir en 160,000 viviendas existentes del estado el 20% de la intensidad energética mediante el uso de calentadores solares. Esta política busca reducir, en las viviendas, las cantidades consumidas de Gas LP o de electricidad destinadas a calentar agua.

4) *RCI.4- Instalación de Calentadores Solares de Agua en Nuevas Viviendas*: En esta política se propone reducir en 50,000 nuevas viviendas el 30% de la intensidad energética mediante el uso de calentadores solares. Con la implementación de esta política se busca reducir las cantidades consumidas de Gas LP o de electricidad destinadas a calentar agua en nuevas viviendas particulares.

5) *RCI.5- Instalación de Calentadores Solares en Hoteles y Restaurantes*: En esta política se propone la reducción del 50% de la cantidad pronosticada en la demanda de gas natural y gas LP del sector servicios, esto con la instalación de calentadores solares de agua. Con esta política se busca reducir el consumo de Gas LP y Gas Natural demandadas por los Hoteles y/o Restaurantes para calentar agua.

6) *RCI.6- Instalación de Calentadores de Paso en Viviendas Nuevas*: En esta política se propone reducir en 10,000 nuevas viviendas el 50% de la intensidad energética con la instalación de calentadores de paso. La implementación de esta política reducirá la cantidad pronosticada en la demanda de gas LP del sector residencial.

7) *RCI.7- Instalación de Calentadores de Paso en Viviendas Existentes*: En esta política se propone reducir 20% de la cantidad pronosticada en la demanda de gas LP del sector residencial mediante la instalación de calentadores de paso en viviendas existentes del estado.

8) *RCI.8- Aislamiento Térmico en Nuevas Viviendas*: En esta política se propone reducir el 30% en el consumo energético en nuevas viviendas, y de esta manera reducir su intensidad energética. Todo esto mediante la construcción que permitan un óptimo aislamiento térmico, con el cual se reduce la demanda final de energía en equipos como: aire acondicionado, ventiladores o calentadores.

9) *RCI.9- Aislamiento Térmico en Viviendas Existentes*: En esta política se propone reducir 30% en el consumo final de energía por confort térmico derivado del uso de aire acondicionado, ventiladores o calentadores en cada vivienda.

10) *RCI.10- Eficiencia Energética en el Sistema de Bombeo Agrícola*: En esta política se propone reducir 30% en la intensidad energética del bombeo agrícola. Para lograr el objetivo se plantea la instalación de equipos eficientes que consuman menos electricidad por volumen bombeado de agua.

11) *RCI.11- Sustituir el uso de otros combustibles por Gas Natural en el sector Industrial para la generación de calor*: En esta política se propone reducir 30% en la cantidad pronosticada de la demanda de diésel y combustóleo del sector industrial. Para cumplir con el objetivo se plantea sustituir el combustible por otros que generen menos emisiones, como es el caso del Gas Natural. Asimismo, se contempla hacer ajustes en maquinaria y equipo para que esté en condiciones de operar con el nuevo combustible.

12) *RCI.12- Cogeneración en Hoteles y establecimientos similares*: Esta política propone aprovechar el calor que se genera al calentar agua en hoteles, hospitales, centros deportivos, gimnasios y otros establecimientos de alto consumo de energía para generar 5 MW de electricidad para autoconsumo y venta. Para ello, es necesario adecuar instalaciones y equipo que ayuden en el aprovechamiento del calor y lo transformen en electricidad factible de ser consumida por el mismo establecimiento.

RCI.13- Eficiencia Energética en Maquinaria del Sector Industrial Manufacturero: Esta política propone la reducción del 20% en la demanda final de energía consumida por la maquinaria del sector industrial manufacturero, específicamente en motores eléctricos y sistemas de automatización. Para cumplir con el objetivo de esta política se está planteando reemplazar aquellos equipos con alta intensidad energética por otros de igual rendimiento y bajo consumo de energía. Con esto lo que se obtiene es reducir la cantidad demandada de electricidad y las emisiones derivadas de su producción, distribución y transformación.

13) *RCI.14- Eficiencia Energética en Iluminación del Sector Industrial Manufacturero*: Esta política propone la reducción del 15% en la demanda final de energía consumida en la iluminación del sector industrial manufacturero del estado. Para cumplir con el objetivo de esta política se propone reemplazar aquellos equipos con alta intensidad energética en iluminación por otros de igual capacidad y bajo consumo de energía.

14) *RCI.15- Intensidad Energética en Maquinaria del Sector Minero*: Esta política propone la reducción del 15% en la intensidad energética en maquinaria del Sector Minero, específicamente con sustitución de motores eléctricos y sistemas de automatización.

15) *RCI.16- Eficiencia Energética en Motores del Sector Construcción*: Esta política propone reducir 15% en la intensidad energética en motores eléctricos del sector de la construcción, específicamente en los motores.

5.4. Metodología utilizada (desafío de los cálculos)

Las 16 políticas del sector RCI fueron calculadas utilizando la misma metodología, la cual se llevó a cabo en tres etapas. Primero, se procedió a calcular la intensidad energética de los diferentes equipos y/o enseres electrodomésticos utilizados en el sector residencial, así como la intensidad energética de las sub ramas de los sectores comercial y residencial. En la segunda etapa se aplicaron los factores de emisión de acuerdo a la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para calcular las emisiones totales del sector RCI en 2014. En la tercera etapa se estimaron los escenarios base y de mitigación del sector RCI al 2025 utilizando la plataforma del sistema LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning, en inglés). A continuación se describirá a mayor detalle el procedimiento metodológico de cada una de los subsectores de RCI.

5.4.1. Sector Residencial

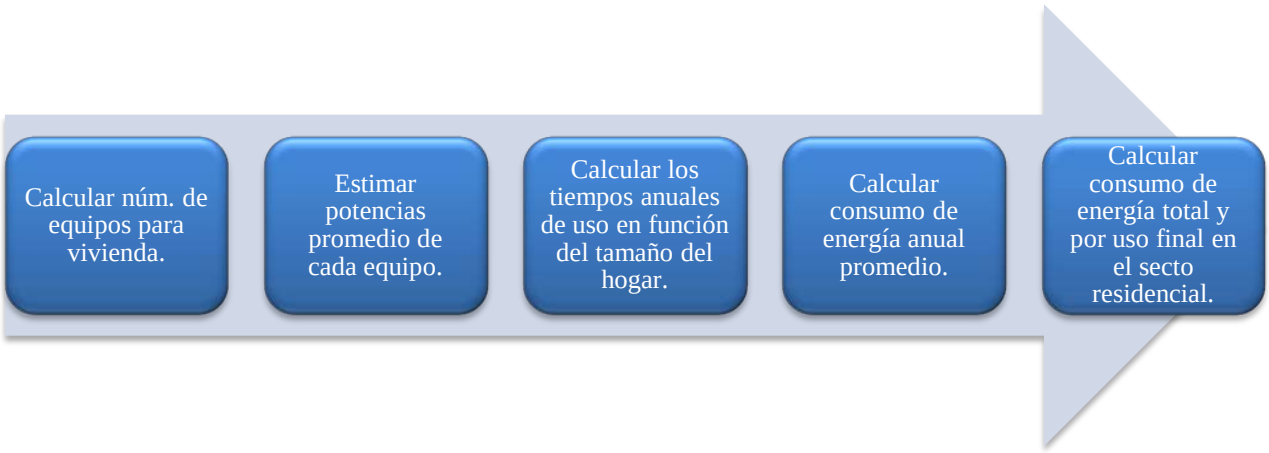
Uno de los problemas metodológicos más serios al momento de elaborar los planes de acción climática estatales en México, es que no se cuenta con información oficial de los usos de energía final en los sectores RCI, escenario que impide calcular a un nivel lo suficientemente

desagregado las acciones de mitigación propuestas. Para superar esta limitante, se decidió implementar la metodología utilizada por la Secretaría de Energía de México (SENER) en el proyecto titulado "Indicadores de eficiencia energética en México: 5 sectores, 5 retos" (SENER y AIE, 2011).

En el caso del sector residencial, el procedimiento metodológico es el siguiente (Figura 1). En primer lugar se calcula el número de equipos que usan energía y enseres electrodomésticos en los hogares de Chihuahua, utilizando para ello el Modulo de Condiciones Socioeconómicas (MCS) de la Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares (ENIGH) en México (INEGI, 2015a). Esta base de datos proporciona información de número y último año de adquisición de 18 equipos así como la disposición o no de equipos de aire acondicionado, calentador de agua y calefacción.

Enseguida, para conocer el consumo de energía anual de cada equipo se aplican los tiempo de uso mensual proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en el caso de los equipos que usan electricidad, y por la Secretaría de Energía en el caso de los equipos que usan gas licuado o gas natural (SENER & AIE, 2011: 90). Los tiempos de uso mensuales se multiplican por los doce meses del año así como por la potencia promedio de cada uno de los equipos.

Figura 9. Esquema metodológico de las políticas de RCI



Fuente: Elaboración con base en SENER & AIE, 2011.

Es importante también apuntar que el consumo energético relacionado con los diferentes usos finales depende del tamaño del hogar, es decir, del número de miembros de cada hogar. Siguiendo la propuesta de SENER & AIE (2011: 87-88) se aplicó una división de tres tamaños diferentes: 1) hasta dos habitantes; 2) de tres a cinco habitantes; y 3) seis o más habitantes. Las horas de uso de los diferentes equipos y usos finales de energía se muestran en la tabla 13.

En el caso del consumo de energía correspondiente a los usos finales de ventilación, aire acondicionado y calefacción, es necesario aclarar que varía significativamente en función del clima invernal o de verano, por lo cual no es un consumo que permanezca relativamente

constante en todos los meses como el resto de los equipos. En este sentido, se aplicó un factor mensual que se obtuvo, en el caso de la electricidad, con el promedio de los últimos tres años del incremento de la curva mensual de consumo de electricidad en las diferentes tarifas del sector residencial, incremento que se observa entre abril y septiembre de cada año. En el caso del gas licuado utilizado para la calefacción se aplicaron los consumos anuales propuestos en SENER & AIE (2011: 90) que, en el caso específico de Chihuahua, corresponda al período noviembre-febrero.

La formalización matemática de esta propuesta se expresa en la Ecuación 1:

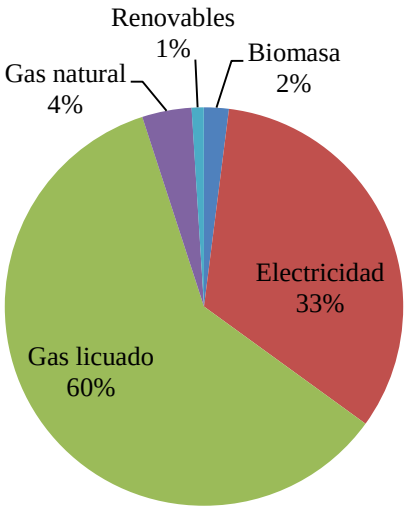
$$CER = \left[\sum_j e_{ji} p_j t_{jik} + \sum_j e_{ji} p_j t_{jik} I_{lm} \right] fe_m \quad 1)$$

Donde:

- eji = equipo o enser tipo j en el hogar i
- pj = potencia promedio del equipo tipo j
- tjik = tiempo de uso del equipo tipo j del hogar i en función del tamaño k
- Ilm = índice de encendido (sí= 1; no=0) del equipo tipo j en el mes m
- fem= factor mensual de consumo energético en el mes m

Los resultados obtenidos muestran que en 2014 el sector residencial de Chihuahua consumió 20,836 Terajoules (Tj), de los cuales 60% corresponden a gas licuado, 33% electricidad, 4% gas natural, 2% biomasa y 1% energías renovables (Gráfica 19).

Gráfica 19. Consumo de energía en el sector residencial de Chihuahua por tipo de combustible (2014).



Fuente: Elaboración propia

La distribución porcentual por uso final se muestra en el Tabla 13, observándose que el calentamiento de agua, con 44.7% del total, es el uso final más importante, seguido de la cocción de alimentos con 16.1%, el refrigerador con 11.5%, la ventilación y aire acondicionado con 7.2%, la calefacción con 6.1%, la iluminación con 5.5%, y 10 usos finales comparten el 8.7% restante.

Tabla 13. Consumo energético sector residencial de Chihuahua por uso final (2014)

Uso final	Consumo energético	
	Terajoule	**%**
Calentamiento de agua	9,316	44.71
Cocción de alimentos	3,363	16.14
Refrigerador	2,406	11.55
Ventilación y AC	1,506	7.23
Calefacción	1,275	6.12
Iluminación	1,152	5.53
Plancha	482	2.31
Lavadora	480	2.30
TV	384	1.84
Bomba de Agua	131	0.63
Computadoras	93	0.45
Estéreo	77	0.37
Aspiradora	68	0.33
Video Juegos	54	0.26
Licuadora	42	0.20
DVD_VCR	6	0.03

Total	**20,835**	**100.00**

Fuente: elaboración propia

5.4.2. Sector Industrial

La metodología empleada en el sector industrial presenta una serie de dificultades adicionales a lo comentado en la sección anterior. En primer lugar, no se cuenta con información oficial del consumo energético a nivel estatal y sectorial, y mucho menos de los usos finales de energía. Por otra parte, la clasificación industrial que utiliza la Secretaría de Energía para presentar el consumo energético de las diferentes ramas y sub ramas de la actividad económica no corresponde con la clasificación utilizada por el INEGI.

De esta manera y, para superar este complejo escenario de falta de información confiable, se procedió a homologar la clasificación de las ramas del sector industrial con base en la propuesta de SENER (2014: 131), como se muestra en el tabla 13. Enseguida se efectuó el cálculo de las intensidades energéticas (consumo de energía por unidad del Valor Agregado Censal Bruto) de cada una de las 14 ramas más intensivas en el consumo de energía a nivel nacional, utilizando para ello los datos de consumo energético proporcionados por la SENER en los balances de energía que cubren el período 2000-2013, y los datos correspondientes al Valor Agregado Censal Bruto proporcionados por el Censo Económico 2014 (INEGI, 2015b).

Tabla 14. Clasificación del consumo del sector industrial de la SENER de acuerdo al SCIAN

Balance Nacional de Energía hasta 2010	Balance Nacional de Energía (SCIAN) a parir de 2011			
	Sector	Subsector	Rama	Subrama
Siderurgia	31-33 Industrias manufactureras	331 Industrias metálicas básicas	3311 Industria básica del hierro y del acero	
Cemento	31-33 Industrias manufactureras	327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	3273 Fabricación de azúcares, chocolates, dulces y similares	32731 Fabricación de cemento y productos a base de cemento en
Azúcar	31-33 Industrias manufactureras	311 Industria alimentaria	3113 Elaboración de azúcares, chocolates, dulces y similares	31131 Elaboración de azúcares
Petroquímica de Pemex	31-33 Industrias manufactureras	325 Industria química	3251 Fabricación de productos químicos básicos	32511 Fabricación de petroquímicos básicos del gas natural y del petróleo refinado
Química	31-33 Industrias manufactureras	325 Industria química	3252 Fabricación de resinas y hules sintéticos, y fibras químicas	
			3254 Fabricación de productos farmaceúticos	
			3255 Fabricación de pinturas, recubrimientos y adhesivos	
			3256 Fabricación de jabones, limpiadores y preparaciones de	
			3259 Fabricación de productos químicos	
			3261 Fabricación de productos de plástico	
Minería	21 Minería	212 Minería de minerales metálicos y no metálicos , excepto petróleo y gas	2122 Minería de minerales metálicos	
			2123 Minería de minerales no metálicos	
Celulosa y papel	31-33 Industrias manufactureras	322 Industria del papel	3221 Fabricación de pulpa, papel y cartón	32211 Fabricación de celulosa
				32212 Fabricación de papel
				32213 Fabricación de cartón
Vidrio	31-33 Industrias manufactureras	327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	3272 Fabricación de vidrio y productos de vidrio	
Cerveza y malta	31-33 Industrias manufactureras	312 Industria de las bebidas y del tabaco	3121 Industria de ls bebidas	31212 Elaboración de cerveza
Aguas envasadas	31-33 Industrias manufactureras	312 Industria de las bebidas y del tabaco	3121 Industria de ls bebidas	31211 Elaboración de refrescos, hielo y otras bebidas no alcohólicas, y purificación y embotellado de agua
Automotriz	31-33 Industrias manufactureras	336 Fabricación de equipo de transporte	3361 Fabricación de automóviles y camiones	
Hule	31-33 Industrias manufactureras	326 Industria del plástico y hule	3262 Fabricación de productos de hule	
Fertilizantes	31-33 Industrias manufactureras	325 Industria química	3253 Fabricación de fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos	
Tabaco	31-33 Industrias manufactureras	312 Industria de las bebidas y del tabaco	3122 Industria del tabaco	31222 Elaboración de productos de tabaco

Fuente: SENER, 2012: 149; INEGI, 2009.

Habiendo calculado las intensidades energéticas de las principales ramas del sector industrial a nivel nacional, se aplicó el supuesto de que el valor de dichas intensidades energéticas es similar a nivel estatal. Este es quizás el principal supuesto aplicado en el sector industrial y, desde la perspectiva de este trabajo, no dista mucho de la realidad ya que las industrias más intensivas en consumo energético tienden a implementar en sus procesos de producción las tecnologías más eficientes. Esta propuesta presenta la ventaja que la información de los censos económicos está desagregada a nivel estatal y municipal, por lo cual se procedió a encontrar las ramas industriales más intensivas en consumo de energía en Chihuahua y, aplicando los valores de intensidad

energética previamente calculados a nivel nacional, se calculó el consumo total de energía y las emisiones derivadas en de cada rama industrial de Chihuahua.

Las intensidades energéticas calculadas en las principales ramas del sector industrial de Chihuahua se muestran en la tabla 15.

Tabla 15. Intensidades energéticas de las principales ramas del sector industrial en Chihuahua

Sub sector y rama	Intensidad Energética (Gj/USD$)
Manufacturas	
Fabricación de cemento para la construcción	0.122
Industria química	0.005
Fabricación de celulosa, papel y cartón	0.046
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	0.064
Elaboración de refrescos y hielo, y purificación de agua	0.002
Fabricación de productos de hule	0.008
Fabricación de fertilizantes	0.007
Resto de manufacturas	0.010
Minería	
Minería de minerales metálicos y no metálicos	0.008
Construcción	
Construcción	0.002

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER (2014); INEGI (2015b)

El consumo total de energía del sector industrial de Chihuahua se obtuvo aplicando la ecuación 2:

$$CE = \sum_{i=1}^{15} \frac{IE_{i,t} * VACB_{i,t}}{13.3} \quad 2)$$

- Donde:
- CE = Consumo de energía del sector industrial en Chihuahua
- IE1,t = Intensidad energética de la actividad industrial i en el tiempo t (2014)
- VACB = Valor agregado censal bruto de la actividad industrial i en el tiempo t (2014)
- El denominador expresa el tipo de cambio promedio anual en 2014 del peso con respecto al dólar estadounidense (un dólar igual a 13.3 pesos mexicanos).

Los resultados obtenidos en el consumo energético de las principales actividades económicas del sector industrial de Chihuahua se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Consumo energético sector residencial de Chihuahua por uso final (2014)

Actividad industrial	Consumo energético	
	Terajoules	**%**
Hule	108	0.11
Fabricación de vidrio	50	0.05
Industria Química	55	0.05
Elaboración de refrescos de hielo	360	0.36
Celulosa, papel y cartón	267	0.27
Cemento	7,253	7.23
Minerales no metálicos	5,458	5.44
Resto de industrial	86,825	86.50
Total	**100,376**	**100**

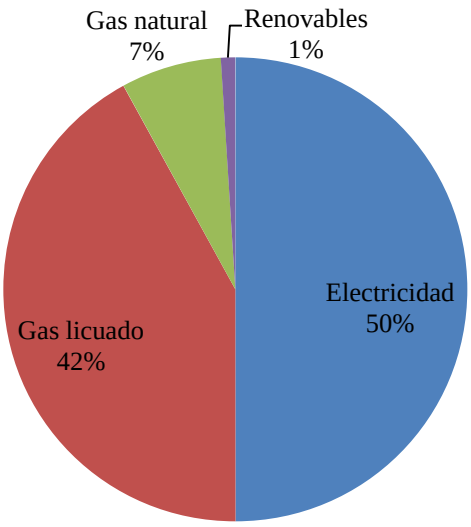
Fuente: Elaboración propia

Calculado el consumo total de energía con base en la propuesta que se acaba de comentar, se procedió a estimar los principales usos finales de energía. De acuerdo a información obtenida a nivel internacional, específicamente de Estados Unidos y China, y comparada con información pública del Fideicomiso de Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en México, se encontró que 40% del consumo total de electricidad en el sector industrial se destina a motores, 35% a ventilación, aire acondicionado y calefacción, y el resto a iluminación y usos finales menores. Después se aplicaron los factores de emisión de gases de efecto invernadero con base en la propuesta del IPCC (Egglestor, 2006).

5.4.3. Sector Comercial

Por último, en el sector comercial se aplicó la misma estrategia que en el sector industrial, es decir, se calculó la intensidad energética total nacional del sector comercio y servicios, enseguida se multiplicó este valor por el Valor Agregado Censal Bruto del sector comercio y servicios en Chihuahua y se obtuvo un consumo total de energía de 2,940.3 Tj en 2014. La distribución porcentual de los diferentes combustibles se muestra en la gráfica 20.

Gráfica 20. Consumo de energía en el sector residencial de Chihuahua por tipo de combustible, 2014



Fuente: elaboración propia

5.4.4. Construcción de escenarios

Se construyeron dos escenarios. El primero corresponde al escenario tendencial conocido como Business as Usual (BAU), y el segundo el escenario de mitigación. Se utilizó para este fin la herramienta metodológica LEAP que proporciona una plataforma computacional para la estimación de los distintos escenarios.

Para el caso del sector residencial se utilizó como indicador de actividad el número de viviendas particulares habitadas en Chihuahua. El Módulo de Condiciones Socioeconómicas 2014 (INEGI, 2015a), principal fuente de información utilizada en el sector residencial, muestra que en 2014 había 1,059,580 viviendas particulares habitadas y, con base en las proyecciones de población y vivienda del Consejo Nacional de Vivienda (CONAPO, 015), se estimó que en 2025 habrá 1,245,063 viviendas.

En los sectores industrial y comercial, por su parte, se tomó como indicador de actividad el Valor Agregado Censal Bruto (VACB) de la producción a precios de 2008, y posteriormente se convirtieron a dólares estadounidenses. Los valores estimados para 2014 muestran que el VACB del sector industrial fue 5, 776,460,000 dólares con una tasa de crecimiento anual (tca) al 2025 de 2.43%; en el sector minería 693,662,000 dólares con una tca de 8.5%; y en el sector comercio y servicios 3,697,820,000 dólares con una tasa de 3.3%.

5.5. Resultados

La tabla 17 resume la información del total de políticas de mitigación propuestas con su reducción de emisiones alcanzada al 2025 y acumulada en el período 2017-2015, su rentabilidad económica y el costo de efectividad o costo por tonelada de CO_2 abatida. Se proponen 16

políticas de las cuales nueve se aplican en el sub sector residencial, cinco en el sub sector industrial y dos en el sub sector comercial.

Tabla 17. Resultados del análisis microeconómico de las políticas del sector RCI.

		GEI reducidos ($MtCO_2e$)		Rentabilidad (VPN) 2017-2025	*Año Base 2015 MXN$*
		Reducción anual	Acumulado	Valor Presente Neto	Costo Efectividad
Clave	**Nombre de la política**	**2025**	**2017-2025**	**MDP**	**$/$tCO_2e$**
RCI.1	Eficiencia energética en refrigeradores	0.11	0.56	-$53.02	-$94.20
RCI.2	Eficiencia Energética en Iluminación en Viviendas Existentes	0.03	0.16	-$277.59	-$1,717.04
RCI.3	Instalación de Calentadores Solares de Agua en Viviendas Existentes	0.39	1.90	-$4,288.16	-$2,262.82
RCI.4	Instalación de Calentadores Solares de Agua en Nuevas Viviendas	0.07	0.36	-$748.46	-$2,062.25
RCI.5	Calentadores Solares en Hoteles y Restaurantes	0.019	0.10	-$147.82	-$1,462.25
RCI.6	Calentadores de Paso en Viviendas Nuevas	0.15	0.74	-$516.27	-$696.04
RCI.7	Calentadores de Paso en Viviendas Existentes	0.25	1.23	-$2,172.67	-$1,773.60
RCI.8	Aislamiento Térmico en Nuevas Viviendas	0.08	0.43	-$467.73	-$1,088.52
RCI.9	Aislamiento Térmico en Viviendas Existentes	0.11	0.58	-$654.06	-$1,129.22
RCI.10	Eficiencia Energética en el Sistema de Bombeo Agrícola	0.005	0.024	-$3.37	-$142.87
RCI.11	Sustituir Otros Combustibles por GN en el sector Industrial para generación de calor	0.0014	0.007	$1.0	$140.96
RCI.12	Cogeneración en hoteles y establecimientos similares	0.0003	0.0016	-$4.23	-$2,625.00
RCI.13	Eficiencia Energética en Maquinaria del Sector Industrial Manufacturero	0.535	2.59	-$4,248.61	-$1,637.57
RCI.14	Eficiencia Energética en Iluminación del Sector Industrial Manufacturero	0.40	2.04	-$3,003.18	-$1,473.49

RCI.15	Intensidad Energética en maquinaria del Sector Minero	0.04	0.18	-$281.12	-$1,540.92
RCI.16	Eficiencia Energética en motores del Sector Construcción	0.000032	0.000158	-$0.25	-$1,562.82
	TOTAL	**2.1933**	**10.9051**	**-$16,865.54**	**-$1,546.34**

$/tCO2e = pesos por tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente; GEI = Gases de Efecto Invernadero; MtCO2e = millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente.

Nota: Las reducciones de GEI se calcularon para cada año del periodo estudiado, pero solo se presentan los resultados para el año 2025 (tercera columna), y el acumulado para 2017 a 2025 (cuarta columna). El costo por tCO_2e (columna seis) del periodo 2017-2025, se calculó con el valor presente neto de los flujos de efectivo en 2017-2025 en millones de pesos (quinta columna), dividido entre los $MtCO_2e$ acumulados de las reducciones de GEI (cuarta columna).

Los resultados muestran que en 2025 el sector RCI puede reducir 2.19 $MtCO_2e$ con respecto al escenario tendencial, esto con una rentabilidad de aproximadamente 16,900 millones de pesos y un costo negativo aproximado de casi $1,550.00.

Es importante subrayar que las 16 políticas de mitigación propuestas en el sector RCI son consideradas como políticas con costos negativos, conocidas también como políticas “no-regrets” (en inglés), término empleado para señalar los beneficios económicos y sociales de estas políticas (en este caso debido básicamente a la eficiencia energética) independientemente que se presenten los efectos del CC. Esto representa la principal fortalece del sector RCI para contribuir a un desarrollo económico con bajas emisiones en Chihuahua, por lo cual resulta necesario desarrollar estrategias de implementación claras que permitan alcanzar los objetivos propuestos.

5.6. Implicaciones en materia de Política Pública

La principal barrera de implementación de este tipo de políticas es el alto costo inicial asociado a ellas. Para vencer esta barrera, resulta prioritario que el Plan Estatal de Acción contra el Cambio Climático de Chihuahua se inserte en la Estrategia Nacional contra el Cambio Climático, ya que de esta manera se pueden aprovechar las reglas del mercado que están operando bajo el nuevo marco institucional y legal en materia de CC en México,

Es importante subrayar en este punto que en la actualidad se está discutiendo a nivel internacional dos temas concretos que pueden dirigir las inversiones hacia tecnologías bajas en emisiones. El primero es fortalecer las políticas de fijación del precio del carbono, con lo cual se reducirían las incertidumbres inherentes en este tipo de inversiones y propiciaría un entorno de mercado favorable a una mayor penetración de tecnologías eficientes en el uso de energía. El segundo es maximizar el potencial que brindan las Acciones Nacionales Apropiadas de Mitigación para el Cambio Climático (NAMAs en inglés) para solventar los problemas de implementación de los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDLs), ya que este tipo de acciones

permiten una mayor flexibilización en la fijación de objetivos de mitigación y estrategias para alcanzarlos.

En este sentido, las políticas de mitigación propuestas para el sector residencial de Chihuahua en este trabajo tienen como premisa fundamental aprovechar la NAMA de vivienda nueva que se está implementando en México, así como la NAMA de vivienda existente que se espera aplicar en el corto plazo. Sería conveniente que el Gobierno de Chihuahua apoye la aplicación de las diferentes acciones de eficiencia energética en las viviendas nuevas y existentes derivadas de estas NAMAS, proponiendo incluso códigos y normas de construcción adicionales que permitan optimizar las condiciones climáticas características de las diferentes regiones de Chihuahua.

De la misma manera, se podrían buscar opciones para diseñar e implementar NAMAs encaminadas a reducir la intensidad energética de los diferentes sub sectores y ramas del sector industrial en Chihuahua mediante usos más eficientes de energía. Una acción de esta naturaleza requiere de un esfuerzo notable de cooperación entre los actores involucrados del sector industrial a nivel local, y sería factible pensar que, para maximizar los objetivos y resultados esperados, se debieren manejar esquemas de cooperación a nivel federal. Desde la perspectiva de este trabajo es necesario que los actores e instituciones locales participen activamente en el diseño, elaboración e implementación de este tipo de acciones y políticas de mitigación.

Por otra parte, el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 así como los programas sectoriales y estrategias derivados del mismo, como el “Programa Sectorial de Energía 2013-2018” (DOF 2013), el “Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018” (PRONASE) (DOF 2014a), el “Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018” (DOF 2014b), la “Estrategia Nacional de Energía 2014-2018” (SENER 2014) y el Programa Regional para el Desarrollo del Norte 2014-2018 (DOF, 2014c) proporcionan en conjunto una serie de propuestas encaminadas a lograr un desarrollo sustentable de los sectores industrial, comercial y de servicios a nivel sub nacional, escenario que puede ser aprovechado por el gobierno estatal, el sector académico, el sector empresarial y la sociedad civil en su conjunto para diseñar e implementar esquemas de financiamiento apropiados a las necesidades específicas de las empresas pertenecientes a los sub sectores industrial y comercial de Chihuahua para vencer las barreras de implementación de tecnologías energéticamente eficientes comentadas.

Capítulo VI. Sector Transporte y Desarrollo Urbano

6.1. Generalidades y antecedentes del sector

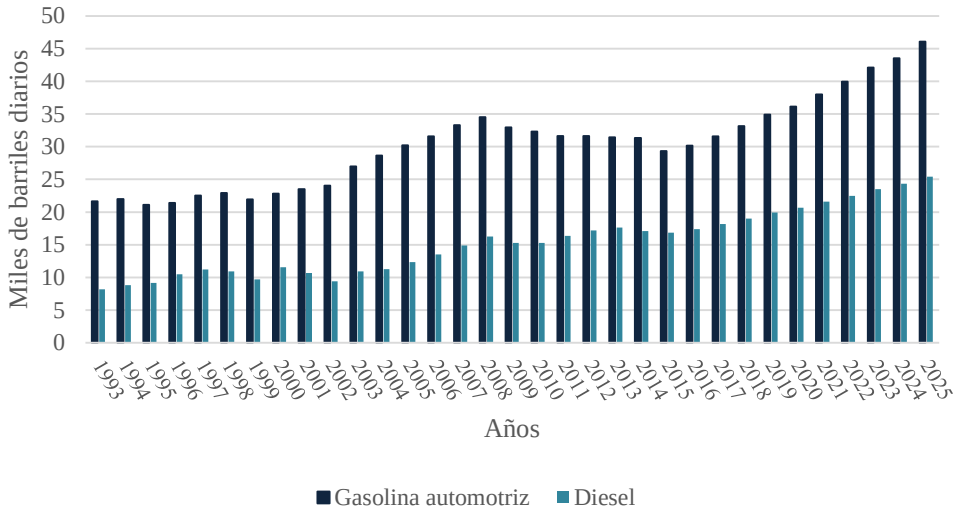
A nivel internacional, nacional y estatal, el sector transporte se destaca por su gran contribución en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). En el estado de Chihuahua, el incremento de zonas urbanas que demandan cada vez más servicios como transporte público; la alta dependencia del automóvil particular, debido a un modelo urbano centrado en un crecimiento extensivo; la introducción desmesurada de vehículos de procedencia ilegal; el cruce de camiones de carga pesada por la importancia geográfica que tiene el estado de Chihuahua al situarse en la frontera México-Estados Unidos, entre otros factores, han contribuido a que el sector transporte ocupe, a nivel estatal, los primeros lugares en emisiones brutas de GEI, de la mano con el sector energético.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2012 los vehículos de motor registrados en circulación en el estado de Chihuahua eran 1, 229,197, de los cuales el 68% correspondía a automóviles, el 30% a camiones y camionetas para carga, el .96% a motocicletas y tan solo el .46% a camiones para pasajeros. Para el periodo que existe información (1980-2013), los camiones y camionetas para carga resultaron con una tasa de crecimiento de 5.32%, siendo la más alta entre todos los tipos de vehículos, el segundo lugar lo ocupan los automóviles, con una tasa de crecimiento del 4.72%.

Además de la circulación de los vehículos registrados en el estado de Chihuahua, la dinámica comercial fronteriza atrae el cruce de vehículos de carga, siendo Ciudad Juárez una de las entidades municipales del estado que presenta una alta demanda de intercambio de materias y bienes, por lo cual el tránsito de camiones de carga en esa región es una de las principales actividades económicas en el municipio. Lo anterior se traduce en una mayor demanda de combustible y también en emisiones de contaminantes.

De acuerdo con información estadística proporcionada por el Departamento de Padrón y control de obligaciones del Gobierno del estado de Chihuahua, los combustibles más utilizados por los vehículos en el estado son gasolina y diésel, y en menor proporción, gas LP, híbridos y eléctricos. Los automóviles, camiones de carga y motocicletas son los principales consumidores de gasolina; y los camiones de pasajeros son los grandes consumidores de diésel.

Gráfica 21. Demanda interna de gasolina automotriz y diesel en el estado de Chihuahua, 1993-2025.

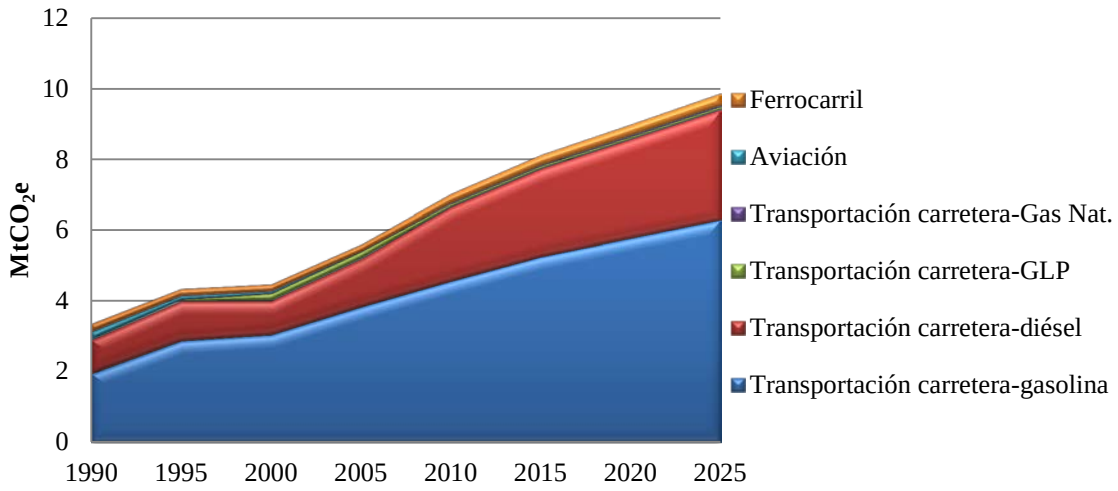


Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Energía

De acuerdo al Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chihuahua y Proyecciones de Casos de Referencia 1990-2025 (COCEF- CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010), la contribución porcentual del sector transporte para 2005 fue del 28.5%, en donde se incluyen el transporte carretero, embarcaciones marítimas, ferrocarril y aviación, siendo la gasolina y el diésel los combustibles con mayor aportación como resultado de la combustión.

La siguiente gráfica muestra la proyección de emisiones de GEI del sector transporte.

Gráfica 22. Emisiones de GEI del combustible del Sector Transporte: 1990-2025



Fuente: COCEF- CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010.

6.2. Retos y oportunidades del sector

El sector transporte crece a medida que aumenta la población y la economía, es un sector que se relaciona directamente con otros ya que es éste el que facilita que personas, bienes y materiales sean llevados al destino final. Y aunque todo esto genera beneficios en la economía, se producen también problemas que están ligados unos con otros, como por ejemplo, la población que se encuentra cercana a rutas de transporte de carga, presenta problemas de salud por la contaminación de la combustión de los vehículos, la solución a este problema no es un tema que tendría que atender solo el sector salud, si no que desde la planeación de estas rutas se pueden evitar estos problemas, o desde la generación de incentivos para la modernización del transporte. Así pues, el reto es encontrar el punto de encuentro entre los diferentes sectores tanto en beneficio de la población como para la reducción de emisiones de GEI.

Este sector ha enfocado muchas de las estrategias de disminución de emisiones a través de nuevas tecnologías que permitan eficientar el consumo de combustible e incluso utilizar combustibles alternativos, sin embargo, el cambio de tecnología es aún costoso, lo que representa un problema en los gobiernos locales o estatales para financiar las políticas encaminadas a ese objetivo. Por otro lado, existen fondos internacionales que promueven estas mismas estrategias, por lo que la ejecución de las políticas no es sencilla pero tampoco imposible.

Actualmente se están desarrollando y aplicando nuevas estrategias de mitigación de emisiones que involucran un proceso de planeación a largo plazo y que no resultan ser tan costosas como el cambio de tecnología, por mencionar algunos: 1) estrategias de precios, que consiste en incrementar los costos relacionados con el transporte (estacionamientos, exigir seguro vehicular, etc.); 2) uso de suelo y crecimiento inteligente, que incluye la planeación de ubicación de viviendas y centros de trabajo, mayores niveles de densidad, etc.); 3) transporte no motorizado, que incluye infraestructura ciclista y accesos peatonales; entre otros. Aunque existen retos a nivel institucional, financiero y de aceptación de la población, existen también oportunidades para mejorar la calidad de vida de la población y el funcionamiento de las ciudades a través de estrategias de mitigación de emisiones de GEI.

El reto es lograr una planeación urbana con crecimiento inteligente, en donde se integren todos los medios de transporte (motorizado y no motorizado), lo que generará una oportunidad para la sociedad en aspectos económicos, de salud y movilización, así como también un oportunidad para los gobiernos locales y estatales de generar un cambio y marcar la diferencia.

6.3. Políticas del sector

En la primera etapa del PECC-Chi se identificaron 72 políticas de mitigación en el sector transporte, de estas, fueron tres las políticas consideradas como prioritarias por un grupo de expertos del estado. Para esta segunda etapa de cuantificación, se tomó en cuenta la descripción de cada una de estas tres políticas para determinar cuáles son las variables necesarias para la cuantificación de emisiones y costos. Al inicio del análisis algunas de estas políticas prioritarias

fueron dividas, tratando siempre de conservar el objetivo original de la política, sin embargo, la disponibilidad de información para el cálculo de algunas fue escaso, por lo que finalmente y con la anuencia de los expertos locales, se consideró la cuantificación de cuatro políticas, la creación de una política transversal y la mención de una política pendiente para su cuantificación por la falta de información pero de gran importancia para el estado.

Las políticas cuantificadas en el sector Transporte fueron cuatro, las cuales se describen brevemente a continuación:

1) *TDU.1- Sustitución de autobuses de transporte urbano colectivo:* el objetivo de esta política es la sustitución del 10% de los autobuses de transporte público que tengan una antigüedad mayor a 15 años, los cuales serán reemplazados por autobuses más eficientes al consumo de combustible.

2) *TDU.2- Conducción eficiente para conductores de camiones de carga:* se capacitará al 10% del total de los conductores de camiones de carga registrados en circulación en técnicas de conducción eficiente, ya sea hombre-camión, o un representante de una compañía transportista, para que este a su vez sirva de efecto multiplicador. Esta capacitación permitirá el ahorro promedio del 17% de las emisiones por combustión de gasolina y/o diesel.

   TDU.3- Programa de autos eficientes: esta política plantea la sustitución del 15% de los vehículos año modelo 1990 y anteriores y que no hayan acreditado la prueba de verificación vehicular. Los particulares deberán entregar su vehículo a cambio de un subsidio para adquirir un carro más eficiente.

3) *TDU.4- Consumo de bioetanol en el sector transporte:* el objetivo de esta política es consumir la producción de bioetanol a partir de esquilmos agrícolas en forma de bioetanol en una mezcla que no requiera modificación mecánica en los automóviles.

Política transversal:

TDU.- Transversal. Crecimiento inteligente

Una de las políticas consideradas en la primera etapa del PECC-Chih como prioritaria fue la de “Modelado y Herramientas para la planeación de crecimiento inteligente”, ésta política contemplaba el fortalecimiento de los Institutos Municipales de Planeación (IMPLAN) con el objetivo del desarrollo de planes integrales que tuvieran un impacto en las políticas públicas encaminadas a la movilidad de la población.

Después de la revisión detallada de la descripción de la política, se acordó incorporarla como política transversal y describir en la ficha técnica los elementos que la integran, entre ellos, la importancia de una red integrada de transporte público tomando en cuenta espacios para peatones y ciclistas, densificación de zonas urbanas, etc.

Política pendiente de cuantificar

TDU.5- Ruta para el Transporte de Carga: dada la publicación del Plan Regulatorio de Transporte de Carga de Ciudad Juárez, se mostró interés por parte de los expertos locales, para integrar una política específica, que logre contemplar la implementación y modificación de la ruta de transporte de carga, con el objetivo de descongestionar el tráfico, mediante la reducción de kilómetros en la ruta usual por donde circulan dichas unidades.. A pesar de que se hizo un esfuerzo para la cuantificación en la reducción de emisiones y costos, la información con la que se contaba carecía de precisión, aunado a los cortos tiempos de entrega final del proyecto, por lo que los resultados preliminares no deben ser tomados en cuenta.

6.4. Metodología utilizada (desafío de los cálculos)

Una vez que se definieron y diseñaron las políticas del sector transporte, se enlistaron las variables necesarias para el análisis microeconómico y a partir de ahí, se hizo la consulta bibliográfica y las solicitudes de información en las dependencias correspondientes. Cabe mencionar que no toda la información se encontró como se deseaba, por lo que en muchos casos se tuvieron que realizar estimaciones y establecer supuestos para llegar al dato con menor incertidumbre.

Aunque el inventario de emisiones incluye el ferrocarril, aviación y gas natural en el sector carretero, las políticas analizadas en este estudio no contempla lo anterior. Así, el análisis de las cinco políticas solo considera el transporte carretero con consumo de gasolina y diesel como combustibles.

El primer paso en la cuantificación de emisiones del sector transporte fue el establecimiento del escenario base (2012), por una parte se tenía la información de las ventas internas de combustible (gasolina automotriz y diesel) para el estado de Chihuahua, y por otra, se tenían datos de la flota vehicular (automóviles, autobuses, camiones de carga, pick ups, etc). En un primer intento se ingresó en el software LEAP la información de la flota vehicular con diferentes rendimientos de combustible promedio y kilómetros recorridos promedio para cada categoría de vehículos, esto para el cálculo del consumo de combustible y con los factores de emisión establecidos, calcular las emisiones posteriormente. Sin embargo, estos resultados no fueron coincidentes con los resultados del inventario de emisiones, ya que en algunos casos las emisiones eran mucho más elevadas.

Se observó que las estadísticas de la flota vehicular registrada en circulación de INEGI no refleja la realidad del estado, esto podría explicarse por la existencia de vehículos registrados en Estados Unidos y que consumen combustible en Chihuahua y circulan en el estado y por la presencia de transporte de carga registrada a nivel federal.

Por lo anterior, se optó por realizar el análisis siguiendo la misma metodología utilizada en el inventario de emisiones de GEI del estado de Chihuahua, la cual considera las ventas de combustible del sector transporte en el estado. Así, se ingresaron en el software LEAP los datos de ventas internas de gasolina automotriz y diésel en el estado. Posteriormente se ingresaron los datos para el periodo 2013-2025, teniendo así los resultados para el "escenario de referencia".

El cálculo de emisiones para cuatro de las cinco políticas consistió en 3 etapas: 1) cálculo de ahorro de combustible; 2) diferencia entre las proyecciones de ventas de combustible y la reducción por la implementación de las políticas y; 3) capturar en LEAP la información anterior para obtener resultados la reducción de CO2e. La única política que no siguió esta dinámica fue TDU.4, ya que el cálculo utiliza un factor de emisión resultado de AFW.8, y que es analizado con los factores de emisión de gasolina y diésel, por lo que se optó realizar el cálculo en una hoja de Excel.

TDU.1- Sustitución de autobuses de transporte urbano colectivo

Para el análisis de esta política se consideró la siguiente información: 1) número de autobuses de transporte público que incluyera el modelo y tipo de combustible; 2) rendimiento promedio de combustible; 3) kilómetros recorridos promedio; 4) capacidad de pasajeros de autobuses actuales e híbridos; 5) proyecciones en el precio de la gasolina y diésel y; 6) precio de autobuses híbridos.

- Para el análisis de mitigación de emisiones de GEI se calculó el consumo de combustible de la flota de autobuses con una antigüedad mayor a 15 años y el consumo de combustible de los autobuses híbridos, con base en el rendimiento y kilómetros recorridos promedio. El cálculo supone que por cada dos autobuses retirados se incorporará un autobús híbrido, por tener el doble de capacidad que uno convencional. Finalmente la reducción en consumo de combustible se restó a las ventas proyectadas y el dato final fue capturado en LEAP.
- El análisis de costos de esta política incluyó el precio de un autobús híbrido como costos de capital. Se consideró también el ahorro de combustible por la sustitución de los autobuses, como parte de los costos de operación y mantenimiento.

TDU.2- Conducción eficiente para conductores de camiones de carga

Para el análisis de esta política se consideró la siguiente información: 1) número de camiones de carga registrados en circulación y tipo de combustible; 2) rendimiento promedio de combustible; 3) kilómetros recorridos promedio; 4) porcentaje de ahorro con la aplicación de técnicas de conducción eficiente; 5) proyecciones en el precio de la gasolina y diésel y; 6) costo por impartición de talleres en técnicas de conducción eficiente.

- Para el análisis de mitigación de emisiones de GEI se supuso que el 10% de los camiones registrados en circulación serían los conductores que tomarán el curso de conducción eficiente, ya que no se obtuvo el número de prestadores del servicio en esa rama. Se calculó el consumo de combustible de la flota vehicular a estudiar y posteriormente se aplicó el porcentaje de ahorro de combustible, considerando que éstas técnicas sean aplicadas en su totalidad en la práctica. Finalmente, la reducción en consumo de combustible se restó a las ventas proyectadas y el dato final fue capturado en LEAP.
- El análisis de costos de esta política incluyó el costo del taller por persona, así como el ahorro monetario de combustible que representa la aplicación de éstas técnicas.

TDU.3- Programa de autos eficientes

Para el análisis de esta política se consideró la siguiente información: 1) flota vehicular de automóviles particulares (modelo y tipo de combustible); 2) rendimiento promedio de combustible para autos con una antigüedad mayor a 20 años y modelos recientes; 3) kilómetros recorridos promedio; 4) proyecciones en el precio de la gasolina y diesel y; 5) subsidio por llevar el vehículo para ser desechado.

- Para el análisis de mitigación de emisiones de GEI se tomó en cuenta la flota vehicular con una antigüedad mayor a 20 años, se calculó el consumo de combustible para esta flota y se restó con el consumo de combustible de los vehículos nuevos que serían comprados a través del subsidio. Se supone que el 52% de las personas que entregan su vehículo a cambio del subsidio, si adquieren un vehículo nuevo. Finalmente la reducción en consumo de combustible se restó a las ventas proyectadas y el dato final fue capturado en LEAP.
- El análisis de costos de esta política incluyó el subsidio como costo de inversión y el ahorro monetario de combustible por la disminución en el consumo de gasolina y diesel de los autos mayores a 1990 y los de modelos más recientes como costos de operación y mantenimiento.

TDU.4- Consumo de bioetanol en el sector transporte.

Para el análisis de esta política se combinaron los cálculos de AFW.8 con información del sector transporte: 1) producción de etanol a partir de esquilmos agrícolas (dato calculado en AFW.8; 2) emisiones por producción de etanol; 3) gasolina desplazada por etanol; 4) precio de venta del etanol; 5) costo por la planta de mezclado; 6) Costos de operación y mantenimiento de la planta de mezclado; 7) Costos por la adecuación en estaciones de servicio.

- Para el análisis de mitigación de emisiones de GEI se calculó el combustible que se dejaría de consumir para ser sustituido por bioetanol, posteriormente se calcularon las emisiones considerando el factor de emisión de la gasolina (que incluye desde la extracción del petróleo hasta la combustión del combustible). A este resultado se le restaron las emisiones calculadas en AFW.8 por la producción de esquilmos agrícolas.
- Debido a que la utilización de biocombustibles en México son esfuerzos aislados, es difícil tener información sobre los costos que representa la ejecución de una política de este tipo, sin embargo, se consideraron costos de proyectos pilotos más grandes y fueron adecuados al estado de Chihuahua. El análisis de costos incluyó el precio de venta del etanol, costo por la planta de mezclado, costos de operación y mantenimiento de la planta de mezclado y costos por la adecuación en estaciones de servicio para la venta de la mezcla.

TDU.5 Ruta de transporte de carga

Para el análisis de esta política se consideró la siguiente información: 1) flota de camiones de carga registrados en circulación y tipo de combustible; 2) porcentaje de flota activa que consume combustibles en el estado de Chihuahua; 3) kilómetros de la ruta usual; 4) kilómetros propuestos; 5) días en circulación de las unidades; 6) rendimiento promedio; 7) costos por conservación de carreteras; 8) costos por señalamiento en carreteras.

- Para el análisis de mitigación de emisiones de GEI se calculó el combustible que se dejaría de consumir por la diferencia entre la ruta usual y la nueva ruta planteada. Se supone que toda la flota activa circularía por la nueva ruta una sola vez 250 días al año. Finalmente la reducción en consumo de combustible se restó a las ventas proyectadas y el dato final fue capturado en LEAP.
- El análisis de costos de esta política incluyó el costo por la conservación periódica de tramos (se calculó el costo por kilómetro, el cual multiplicado por los kilómetros propuestos en la nueva ruta). Así también se consideraron costos por señalamiento horizontal. También, se consideró el ahorro monetario de combustible por la disminución en el consumo de gasolina y diésel por la reducción de kilómetros a recorrer.

Los resultados de esta política no deben ser considerados ya que el cálculo se realizó con información muy general y no precisa. Se consideró que con la implementación de esta política se reducirán los kilómetros de la ruta del transporte de carga, de 524.21km a 305.62 km, sin embargo, el transporte de carga no realiza (110km diarios/ camión) este recorrido usualmente, es solo la suma de los kilómetros existentes de las rutas por donde transita actualmente el transporte de carga y los kilómetros de las rutas deseables destinadas para el transporte de carga. La

información necesaria para el cálculo de esta política no se pudo conseguir en los tiempos establecidos de elaboración del proyecto, un análisis más profundo sobre el impacto en el congestionamiento vial y por ende, reducción de emisiones, requiere también mucho más análisis, el cual no fue posible realizar en esta etapa del proyecto.

6.5. Resultados

Las políticas analizadas en esta segunda etapa del PECC-Chih se enfocaron en la reducción del consumo de combustible. Si bien es el sector que tiene una gran contribución de emisiones de GEI, la mitigación de estos depende en gran parte del objetivo que se tenga, es por eso que algunas políticas que se mantienen conservadoras en sus objetivos, no tienen gran aportación en cuanto a reducción de emisiones, pero si otros beneficios sociales y de salud.

A continuación se muestran los resultados del análisis microeconómico de las 5 políticas del sector.

Tabla 18. Resultados del análisis microeconómico de las políticas del sector TDU.

		GEI reducidos ($MtCO_2e$)		**Rentabilidad (VPN) 2017-2025**	***Año Base 2015 MXN$***
Clave	**Nombre de la política**	**Reducción anual**	**Acumulado**	**Valor Presente Neto**	**Costo Efectividad**
		2025	**2017-2025**	**MDP**	**$/$tCO_2e$**
TDU.1	Sustitución de autobuses de transporte urbano colectivo	0.005	.034	480.22	14,293.19
TDU.2	Conducción eficiente para conductores de camiones de carga	0.139	1.029	-4,305.48	-4,186.02
TDU.3	Programa de autos eficientes	0.006	0.053	-202.09	-3,781.63
TDU.4	Consumo de bioetanol en el sector transporte	0.122	0.914	-678.34	-742.12
TDU.5	Ruta para el transporte de carga*	2.454	18.110	-84,436.03	-4,662.41
	Total	**0.272**	**2.03**	**-4,705.69**	**2,318.07**

$/tCO2e = pesos por tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente; GEI = Gases de Efecto Invernadero; MtCO2e = millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente.

*No se deben considerar los resultados de esta política, ya que éstos fueron realizados con información poco precisa.

Nota: Las reducciones de GEI se calcularon para cada año del periodo estudiado, pero solo se presentan los resultados para el año 2025 (tercera columna), y el acumulado para 2017 a 2025 (cuarta columna). El costo por tCO_2e (columna seis) del periodo 2017-2025, se calculó con el valor presente neto de los flujos de efectivo en 2017-2025 en millones de pesos (quinta columna), dividido entre los $MtCO_2e$ acumulados de las reducciones de GEI (cuarta columna).

Respecto a los resultados del análisis de mitigación de GEI se puede destacar lo siguiente:

- TDU.1 es la política que tiene la reducción de emisiones más baja, en comparación con el resto. Esto se debe a que es una política conservadora en cuanto al objetivo de autobuses a sustituir, debido al costo de éstos. Así pues, el costo de efectividad es el más alto de todos.
- Una de las políticas prometedoras por el ahorro económico que representa es TDU.2, y a su vez es la que tiene mayor reducción de emisiones. Además esta política tiene un potencial mayor por el efecto multiplicador que se pudiera generar entre otros conductores. Ese efecto no fue considerado en este análisis pero pudieran existir.
- A pesar de que la reducción de emisiones por la sustitución de vehículos no es muy alta, esta política presenta ahorros considerables.

6.6. Implicaciones en materia de Política Pública

La ejecución de políticas públicas se da dentro del marco institucional de los gobiernos locales, estatales o nacionales, por ello la importancia de relacionar los objetivos puntuales de los diferentes sectores con los objetivos de mitigación de emisiones de GEI, por ejemplo, pueden existir programas de rehabilitación de calles o pavimentación con el objetivo de mejorar la infraestructura vial, sin embargo, este programa contribuye también a la reducción de emisiones de GEI.

En este análisis se hizo un esfuerzo con apoyo de los Expertos Locales por ubicar los planes y programas existentes en el estado relacionados con las políticas de mitigación de emisiones de GEI del PECC-Chih. A continuación se describen algunos de los programas relacionados y de las posibles fuentes de financiamiento para cada política.

Para la ejecución de la política TDU.1 se identificaron algunos estudios y programas ya desarrollados que realizan un diagnóstico de la situación general de la movilidad y que tiene como objetivo incentivar el uso del transporte público. Actualmente existe un proyecto de creación de corredores troncales que implica la modernización de la flota de autobuses de transporte urbano colectivo, es a través de este tipo de programas que se puede encontrar financiamiento para la sustitución de autobuses deficientes por aquellos con mejor rendimiento de combustible.

La aplicación de técnicas de conducción eficiente (TDU.2), es un tema que poco a poco va ganando terreno en el sector público y privado en México, por los beneficios ambientales y económicos que proporciona. A nivel nacional, la Secretaría de Energía tiene un Manual de Conducción técnico-económica para operadores de automóviles del sector público, lo cual

muestra el interés y la viabilidad de este tipo de estrategias. En la frontera México-Estados Unidos, la COCEF ha invertido en la capacitación a instructores y capacitadores de empresas transportistas con resultados muy favorables en reducción de emisiones.

Los programas de autos eficientes (TDU.3) en México no han sido tan exitosos como se ha esperado, sin embargo, son un mecanismo que tiene beneficios ambientales y económicos. Este tipo de programa es implementado también en Estados Unidos y que a diferencia de México, es constante y se podrían establecer relaciones de cooperación y asistencia técnica y financiera.

En cuanto a la política de consumo de biocombustibles en el sector transporte (TDU.4) existen estudios y análisis realizados por la Secretaría de Energía en donde se exploran todos los componentes para implementar el consumo de biocombustibles. Existen también algunos programas piloto que están incorporando mezcla de gasolina con bioetanol a partir de diferentes cultivos en cada caso correspondiente. Con la nueva reforma energética, existen mayores posibilidades de que se empiece a materializar la idea del consumo de bioetanol en México.

Por ubicarse el estado de Chihuahua en la frontera México-Estados Unidos, el transporte de carga es uno de los temas que merece una política pública enfocada específicamente para este tipo de transporte. Recientemente se realizó un Plan Regulatorio para el Transporte de Carga de Ciudad Juárez, el cual hace un diagnostico en diferentes ámbitos de impacto de este tipo de vehículos. Este Plan es el marco para iniciar gestiones con la administración pública federal para gestionar recursos que ayuden a alcanzar las metas propuestas y ejecutarlo.

Capítulo VII. Sector Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos

7.1 Generalidades y antecedentes del sector

Las generalidades y antecedentes del sector Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos (AFW) se divide en seis partes: 1) Agricultura, 2) Ganadería, 3) Silvicultura, 4) Residuos Sólidos Urbanos, 5) Aguas Residuales Domésticas, y 6) Resultados del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de estos sectores.

Las actividades primarias de Chihuahua (agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza) aportaron el 6.96% del Producto Interno Bruto (PIB) estatal en 2013 (INEGI, 2015). La industria manufacturera (actividad secundaria) ocupó el primer lugar con el 20.6%, seguido por el comercio (actividad terciaria) con el 15.4%, acaparando estas dos últimas actividades el 36% del PIB total estatal (INEGI, 2015c).

7.1.1. Agricultura

La extensión territorial del estado de Chihuahua es de poco más de 24 millones de hectáreas (247 412 km^2), donde 1.5 millones de hectáreas tienen potencial agrícola, en 17.5 millones se practica la ganadería, y 6.8 millones son de bosques y selvas; es importante señalar que hay zonas categorizadas como boscosas que también fueron contabilizadas como ganaderas (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2013). En términos económicos, la agricultura es la actividad con mayor participación; según reportes del Gobierno del Estado aporta en promedio 19 mil millones de pesos anuales, mientras que la ganadería 8 mil millones y la industria forestal 8 mil 300 millones de pesos (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2013).

La agricultura destaca a nivel nacional en ciertos productos, ya que cuenta con las condiciones idóneas para el crecimiento óptimo de varios cultivos. A continuación se presentan los ocho cultivos agrícolas de Chihuahua que según el cierre de producción agrícola del Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP), presentaron el **primer lugar en producción en 2014**, considerando los dos ciclos agrícolas Primavera-Verano y Otoño-Invierno, y modalidad riego y temporal:

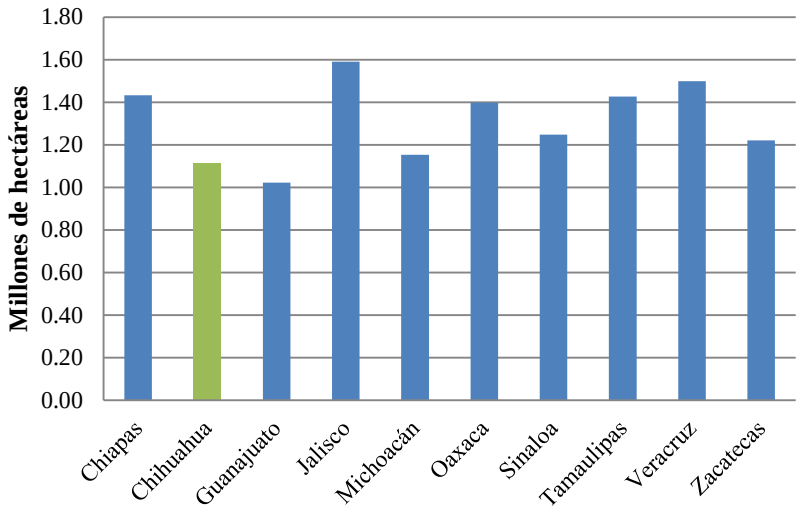
Tabla 19. Cultivos de Chihuahua más importante a nivel nacional, 2014.

Cultivo	Sup. sembrada (ha)	Producción (ton)	Valor de Producción (miles$)
Alfalfa verde	84,845	7, 036,798	2,838,374.74
Algodón hueso	123,228	593,981	5,357,091.98
Avena forrajera	231,021	3, 741,409	1,067,041.81
Avena grano	27,429	47,717	149,816.05
Cebolla	5,350	269,316	834,386.18
Chile verde	30,823	722,708	2,951,294.78
Manzana	28,515	551,466	3,179,138.13
Nuez	66,301	80,124	4,154,455.75

Fuente: SIAP, 2015a.

De los cultivos mostrados, la manzana y la nuez son de calidad de exportación. El clima y suelo de Chihuahua también permitieron que la entidad obtuviera los primeros lugares en la producción de cultivos como el cacahuate, durazno, membrillo, frijol y maíz. Además, el estado cuenta con las condiciones para la producción de calabaza, camote, cebada grano, melón, pistache, sandía, vino, sorgo forrajero, entre otros.

Gráfica 23. Estados con mayor superficie sembrada 2014.



Fuente: SIAP, 2015a.

La gráfica 23 muestra los estados de la República Mexicana con la mayor superficie agrícola cultivada. Para el año 2014, el SIAP reportó que la superficie sembrada en Chihuahua fue de 1, 110,946.33 hectáreas, donde el 48.5% fueron de modalidad de riego y el 51.5% de temporal, cuando a nivel nacional el 26.4% es para riego y 73.6% para temporal. En el estado, el algodón hueso, alfalfa verde, chile verde, manzana y nuez son producidos bajo la modalidad de riego, y productos como la avena forrajera, maíz grano, frijol, sorgo forrajero verde y maíz forrajero son de temporal.

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) tiene organizado el estado en 14 Distritos de Desarrollo Rural (DDR´s): Bajo Río Conchos, Balleza, Buenaventura, Casas Grandes, Chihuahua, Cuauhtémoc, Delicias, El Carmen, Madera, Papigochi, Parral, Río Florido, Valle de Juárez, San Juanito. Los DDR´s más importantes en cuanto a la superficie sembrada en 2014 fueron: Cuauhtémoc (257,928 hectáreas), Madera (177,655) y Delicias (101,958.45), concentrándose en estos tres DDR´s el 48% de la superficie sembrada total.

Asimismo, la Comisión Nacional de Agua (Conagua) divide al estado en 7 Distritos de Riego (DR): DR005-Delicias, DR009-Valle de Juárez, DR042-Buenaventura, DR083-Papigochic, DR089-El Carmen, DR090-Bajo Río Conchos, y DR103-Río Florido.

7.1.2. Ganadería

Las actividades ganaderas más importantes de Chihuahua son: 1) la producción de leche, 2) ganado en pie, 3) carne en canal y 4) aves en pie. La ganadería es una actividad tradicional en el estado; décadas atrás, era la actividad más importante del sector primario en la economía estatal, aunque en los últimos años se ha reducido su importancia (Jurado *et al.*, 2013).

Chihuahua es el cuarto productor de leche a nivel nacional; se estiman entre 8,000 y 10,000 productores en el estado. Los resultados preliminares para 2014 registraron una población de 269,940 cabezas de ganado bovino lechero, un incremento del 24% respecto al 2005 (SIAP, 2015b). La producción lechera se encuentra organizada en cinco cuencas: 1) Chihuahua, 2) Cuauhtémoc, 3) Delicias, 4) Juárez-Nuevo Casas Grandes, y 5) Parral-Jiménez. Las cuencas de Cuauhtémoc y Delicias son las más importantes a nivel estatal, tienen el mayor número de establos y cabezas. La cuenca de Delicias comprende los municipios de Rosales, Cárdenas, Meoqui y parte de Saucillo (Casas-Prieto *et al.*, 2009). Los productos lácteos más importantes producidos en el estado son queso, crema y leche en polvo.

El sistema de producción lechero de Chihuahua tiene condiciones desiguales en cuanto a la tecnificación, cantidad de animales, técnicas y procedimientos de manejo productivo y reproductivo (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010). Además, se enfrenta con alto costo de insumos directos e indirectos, limitaciones de financiamiento adecuado al sistema de producción lechero, apoyos tardíos al productor por parte del gobierno estatal y federal, grandes volúmenes de importación de productos lácteos, falta de control en la sanidad animal, entre otros (Comité Estatal Sistema Producto Leche de Chihuahua, A.C., s/f).

Durante el periodo 2005-2014 en Chihuahua, la ganadería bovina carne, ovina y la apicultura se presentó un incremento en su población tal como se aprecia en la Tabla 20. No obstante, en el ganado caprino, porcino, guajolote y aves de carne y huevo, se ha visto una reducción significativa en los últimos años (SIAP, 2015b).

Respecto a lo anterior es cabe destacar que la explotación de bovinos de carne en Chihuahua, es propicia bajo el sistema de pastoreo extensivo en cerca de 17 millones de hectáreas de pastizales, matorrales y bosques. El desarrollo de esta cadena de sistema vaca-cría ubica a la entidad como el primer exportador de becerros en pie, utiliza la mayor extensión de pastoreo y conserva uno de los mayores inventarios de cabezas de ganado en México.

La calidad genética del ganado bovino producido en la entidad se reconoce en el ámbito nacional e internacional, la cual se refleja en las inversiones en pie de cría al exportar más de 350 mil de cabezas promedio anuales. Además este sistema se realiza con bajos insumos, reducido capital fijo y mínima fuerza de trabajo. Los distritos más importantes son Cuauhtémoc (45,8%), Casas Grandes (13,5%), Parral (4,3%) y Chihuahua (3,1%). El Distrito de Parral se caracteriza por la producción de leche y los demás por la exportación de becerros (SIAP,

2013).

Sin embargo, estudios de la década de los 60´s a la fecha, ubican a los pastizales como uno de los ecosistemas más amenazados. El sobrepastoreo, cambios de pastizales a tierras agrícolas, invasión de plantas no nativas y las frecuentes sequías relacionadas al CC, han afectado el estado de salud y productividad de las comunidades de plantas nativas.

Tabla 20. Población ganadera de Chihuahua 2014.

Especie	Número de cabezas	
	2005	**2014**
Bovino carne	1, 027,771	1, 708,423
Bovino lechero	216,892	269,940
Caprino	236,480	153,900
Porcino	215,873	148,293
Ovino	120,588	190,154
Guajolote	539,231	184,610
Ave carne y huevo	1,445,167	926,530
Abeja	25,834	37,775

Fuente: SIAP, 2015b

7.1.3. Silvicultura

La superficie forestal y arbolada de Chihuahua es la más grande del país, y ocupa el segundo lugar en cuanto a la producción forestal maderable. El aprovechamiento forestal se lleva a cabo en 40 municipios, pero las regiones más importantes de producción forestal maderable corresponden a los municipios de: Madera, Guadalupe y Calvo, Guachochi y Balleza. De los aprovechamientos forestales se obtienen: madera de escuadría, astillas para la fabricación, morillos, leña y carbón, entre otros; los productos provienen principalmente de pino y en menor cantidad, encino (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010).

El estado tiene siete Áreas Naturales Protegidas (ANP´s) de jurisdicción federal. Cuatro son Áreas de Protección de Flora y Fauna, 1) Papigochic, 2) Tutuaca, 3) Campo Verde y 4) Cañón de Santa Elena; una sección de la Reserva de la Biosfera de Mapimí; y dos Parques Naturales, 1) Cumbres de Majalca y 2) Cascada de Basaseáchic.

El sistema de tenencia de la tierra forestal más importante lo constituyen los ejidos, comunidades y colonias que conforman la mayor parte del área forestal del estado. Los terrenos forestales públicos tienen una extensión de 3,722 hectáreas, y los lotes de propiedad privada 793,384 has (USAID, *et al*., 2014). Asimismo, la propiedad colectiva se divide en colonias, comunidades indígenas y ejidos. Las colonias están conformadas por predios que abarcan 262,462 ha, las comunidades indígenas 533,261 ha, y los ejidos 5, 994,308 ha (USAID, *et al*., 2014).

Chihuahua está sufriendo un severo deterioro de sus bosques y demás recursos asociados como: pastizales, agua, la fauna y los suelos que lo sustentan. Los municipios San Francisco de Borja y

Nonoava son los que más contribuyen a la deforestación; la tasa anual promedio de deforestación de estos dos municipios es de 1.3%, cuando el promedio estatal es de 0.25 % (USAID, *et al*., 2014). La extracción de madera ha sido intensiva y no se le ha dado la importancia adecuada a los demás servicios que pueden ser aprovechados de este ecosistema. Tampoco se han logrado alinear los objetivos de los poseedores del bosque y de los dueños de la industria forestal, por lo que no se ha conseguido establecer estrategias para que los productores logren mayores beneficios y que la industrial logre un abastecimiento constante de material que cumpla los estándares de calidad requeridos y sin degradar los bosques (Escárpita, 2002).

Para lograr el desarrollo integral y sustentable de la sociedad chihuahuense es prioridad recuperar las zonas boscosas degradadas. Es necesario la implementación de acciones como la reforestación, la conservación del suelo, la captación de agua, la prevención y control de la tala clandestina, incendios y plagas forestales (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010). Además, Escárpita (2002) recomienda que a los servicios técnicos forestales encargados de manejar los bosques también se integren técnicos especialistas en agricultura, ganadería, fruticultura y manejo de cuencas, no solo expertos en la extracción de madera.

7.1.4. Residuos Sólidos Urbanos

El incremento de la generación de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) está relacionado directamente con el crecimiento económico de las poblaciones y el nivel de riqueza en los individuos (Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 2012). Considerando que las proyecciones de la población de Chihuahua presentan un incremento poblacional, se espera lo mismo de los RSU.

Según el Censo 2010, Chihuahua tiene una población de 3, 406,465 habitantes, donde los cinco municipios con mayor población son Juárez (1,332,131 habitantes), Chihuahua (819,543), Cuauhtémoc (154,639), Delicias (137,935) e Hidalgo de Parral (107,061). En lo que respecta a los RSU, en el estado se recolectan 4,103 toneladas diarias, donde los cinco municipios más poblados son los que registran las cifras más altas (INEGI, 2014). La cobertura del servicio de recolección es del 100% en las zonas más pobladas (Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 2012).

Según el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbano y de Manejo Especial para el Estado de Chihuahua 2012, de los 67 municipios solamente Aldama no cuenta con un Sitio de Disposición Final (SDF), ya que los RSU de este municipio son trasladados a Chihuahua. De los 66 SDF: 44 son de tipo D[22] porque reciben menos de 10 toneladas al día; 11 son tipo C, entre 10 y menos de 50 toneladas diarias; uno es de tipo B, de 50 a 100 toneladas al día; 4 son tipo A, porque reciben más de 100 toneladas diarias, (Juárez, Chihuahua, Cuauhtémoc e Hidalgo de Parral); y 6 no tienen clasificación porque no se obtuvo el

[22] Clasificación basada en la NOM-083-SEMARNAT-2003.

dato. Cabe destacar que de los 66 SDP solamente el 35% cumple con la normatividad (Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 2012).

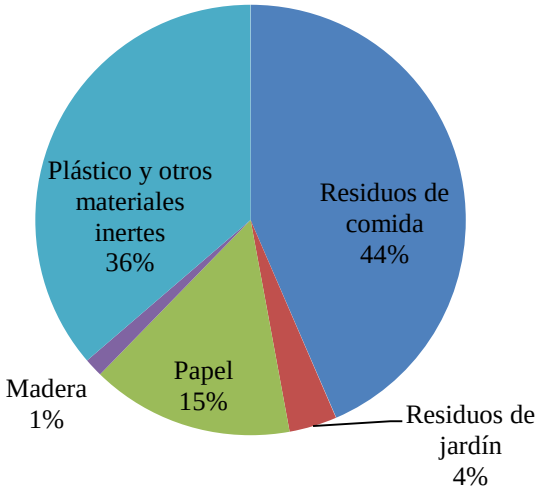
Tabla 21. Promedio diario de RSU recolectados 2012.

Municipio	RSU recolectados (kg)	Municipio	RSU recolectados (kg)	Municipio	RSU recolectados (kg)
Ahumada	5 000	**Galeana**	5 000	**Moris**	1 400
Aldama	16 000	**Guachochi**	18 700	**Namiquipa**	21 000
Allende	3 000	**Guadalupe**	3 428	**Nonoava**	2 000
Aquiles Serdán	14 000	**Guadalupe y Calvo**	9 000	**Nvo Casas Grandes**	62 000
Ascensión	15 000	**Guazapares**	6 000	**Ocampo**	7 000
Bachíniva	3 800	**Guerrero**	35 000	**Ojinaga**	27 000
Balleza	1 500	**Hidalgo del Parral**	120 000	**Praxedis G. Guerrero**	2 400
Batopilas	2 500	**Huejotitán**	350	**Riva Palacio**	7 000
Bocoyna	19 500	**Ignacio Zaragoza**	3 450	**Rosales**	8 000
Buenaventura	9 000	**Janos**	2 000	**Rosario**	430
Camargo	38 500	**Jiménez**	30 000	**San Fco. de Borja**	1 000
Carichí	4 800	**Juárez**	2 182 330	**San Fco. de Conchos**	2 000
Casas Grandes	14 000	**Julimes**	4 000	**San Fco. del Oro**	1 000
Chihuahua	973 000	**La Cruz**	3 000	**Santa Bárbara**	3 300
Chínipas	12 000	**López**	3 000	**Santa Isabel**	1 300
Coronado	1 400	**Madera**	24 000	**Satevó**	2 142
Coyame del Sotol	633	**Maguarichi**	500	**Saucillo**	20 000
Cuauhtémoc	150 000	**Manuel Benavides**	950	**Temósachic**	2 000
Cusihuiriachi	230	**Matachí**	1 010	**Urique**	5 500
Delicias	130 000	**Matamoros**	2 400	**Uruachi**	500
Dr. Belisario Domínguez	1 000	**Meoqui**	40 000	**Valle de Zaragoza**	7 000
El Tule	1 000	**Morelos**	2 000		

Fuente: INEGI, 2014

No hay registro de que en alguno de los 66 SDF del estado, se tenga un sistema para el tratamiento biológico de la fracción orgánica de los RSU. Sin embargo, los municipio de Aldama, Guerrero, Juárez y Delicias cuentan con pequeñas plantas de compostaje, pero son de carácter privado (Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 2012). En cuanto al tratamiento del biogás generado en los rellenos sanitarios del estado, solamente en Cd. Juárez se aprovecha el metano de la fracción orgánica de los RSU, y es el único que cuenta con una carta de aceptación para proyecto MDL (Mercado de Desarrollo Limpio) (EPA-COCEF-ICMA, 2011).

Gráfica 24. Composición de los RSU en relleno sanitario de Cd. Juárez.



Fuente: COCEF-CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010.

La generación de RSU per cápita en el estado varía en 0.9 y 1.7 kg/día, dependiendo de la región donde se encuentre el municipio, así como su composición. Por ejemplo, las cifras más bajas corresponden a las zonas rurales y semirrurales como: Coyame del Sotol, Huejotitán, Maguarichi, Manuel Benavides y el Tule; y las más altas, a las grandes ciudades como Ciudad Juárez, y Chihuahua (Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 2012). En cuanto a su composición, solamente se tiene el registro del relleno sanitario de Ciudad Juárez (Gráfica 24), y no hay estudios para conocer la caracterización de los RSU de los demás municipios del estado.

Según el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los RSU y de Manejo Especial (2012:36-37), una de las problemáticas más importantes de los SDF de los municipios es el manejo inadecuado de los RSU, atribuido a los siguientes factores:

- Quema de residuos en las fuentes de origen y en los tiraderos a cielo abierto.
- Disposición en lugares inadecuados.
- Descontrol de los tiraderos a cielo abierto.
- Disposición en cuerpos de agua.
- No hay prácticas adecuadas para la separación de residuos, lo que provoca: generación de lixiviados, contaminación de suelo y aguas subterráneas, emisiones contaminantes, combustión de biogás (metano), proliferación de fauna nociva, problemas de salud pública, deterioro del paisaje, y proliferación de sitios no controlados.

Además del manejo inadecuado, es importante iniciar a implementar estrategias que conciban el problema de los RSU en Chihuahua de una manera integral, desde la fuente hasta el tratamiento final. Esto porque la generación de RSU va en aumento, y los SDF cada vez serán insuficientes

para las ciudades o comunidades que cubren, considerando que algunos de estos no cumplen la normatividad o no cuentan con el tratamiento final de los residuos (INEGI, 2014; Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 2012).

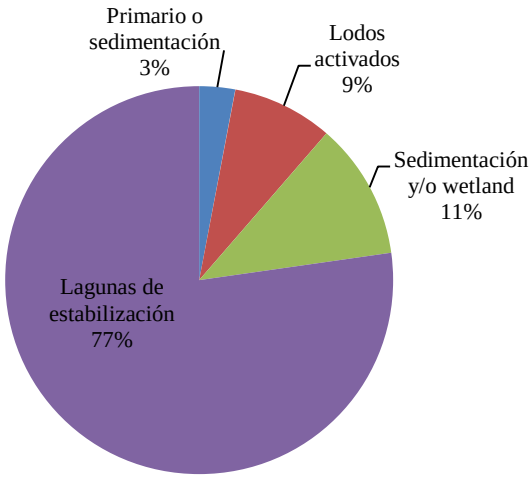
7.1.5. Aguas Residuales Domésticas

El crecimiento demográfico de Chihuahua ha forzado el incremento en la extensión de la red de agua potable y drenaje. Esto provoca que la instalación de Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR´s) se convierta en una prioridad para los municipios, porque la construcción de redes de alcantarillado sin PTAR´s y viceversa, es considerado una acción incompleta e inversión poco exitosa (Conagua, 2011).

Según *el Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación 2013*, en Chihuahua están funcionando 167 PTAR´s, las cuales se encuentran distribuidas en 21 municipios. La capacidad instalada de estas plantas, oscila entre 0.2 y 2, 500 l/s. La capacidad total en el estado es de 9,904.9 l/s, aunque el caudal tratado reportado para ese año fue de 6,751.2 l/s, 68% de su capacidad (Conagua, 2014).

El cuerpo receptor en más del 90% de las PTAR´s son ríos, arroyos o drenes cercanos; diez plantas envían el agua a acequias locales; en tres plantas (UACJ Campus Juárez, Anapra y UACJ Campus N.C.G.) el agua es reusada para el riego de áreas verdes; y solamente en la planta El Chamizal de Ciudad Juárez es para reuso urbano municipal, no se especifica el uso (Conagua, 2013).

Gráfica 25. Tipo de proceso de las PTAR´s de Chihuahua.



Fuente: Conagua, 2013.

Según el Censo 2010, 57 de los 67 municipios tienen servicio de alcantarillado, pero solamente en 21 hay al menos una PTAR´s. Los municipios que cuentan con planta de tratamiento y servicio de alcantarillado son aquellos donde se concentra la mayor parte de la población, puesto

que se estima que solamente el 10% de las aguas residuales domésticas producidas en el estado no son colectadas, y son depositadas en lagos, lagunas, ríos y/o arroyos (INEGI, 2010). Sin embargo, no se menciona cuánta del agua colectada es tratada en una planta.

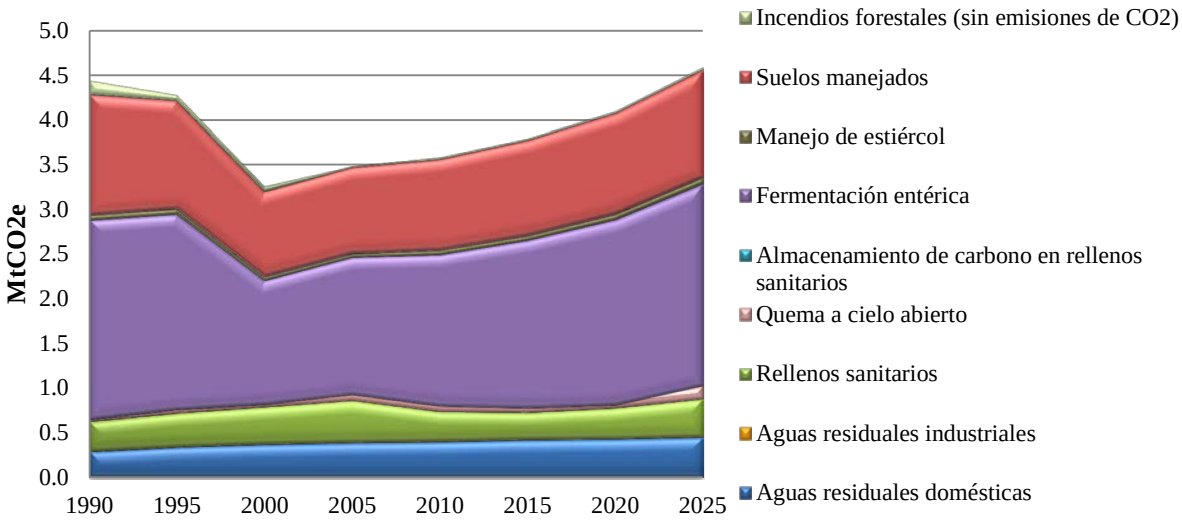
Actualmente no hay registro que en alguna de las 167 plantas del estado se estén aprovechando los lodos residuales para la generación de electricidad, aunque según la capacidad de proceso de algunas PTAR´s, hay gran potencial para la producción de electricidad para autoconsumo.

Las plantas son operadas por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) de los diferentes municipios o por los diferentes promotores bajo una Concesión. En el caso de Ciudad Juárez, la JMAS Juárez opera la PTAR Laguna de Patos y PTAR de Anapra, y el Promotor opera la PTAR Norte y PTAR Sur.

7.1.6. Resultados del inventario de GEI del Sector AFW

En las secciones anteriores se mostró una breve descripción del sector Agrícola, Ganadero, Forestal, Residuos Sólidos Urbanos y Aguas Residuales Domésticas. A continuación se presentan los resultados de las emisiones del sector Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos (AFW) del Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IGEI) de Chihuahua 1990-2005, y las proyecciones de 2006-2025:

Gráfica 26. Emisiones de GEI del Sector AFW: 1990-2025.



Fuente: Elaboración propia con datos del COCEF-CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010.

Según el IGEI-Chihuahua, la **fermentación entérica** es la fuente más importante del sector, en promedio representa el 45% de las emisiones totales de AFW. La ganadería dentro del sector primario no es la actividad que más aporta al PIB estatal, pero sí es la más representativa en

cuanto a emisiones de GEI. El GEI predominante es el metano (CH_4). En 2005, las emisiones provenientes de las excretas del ganado alcanzaron 1.54 $MtCO_2e$ millones de toneladas de CO_2e, y en las proyecciones se estima que podría generar hasta 2.26 $MtCO_2e$ en 2025.

La segunda actividad más emisora es la de **suelos agrícolas**, en promedio representa el 25% del total. Esta actividad genera principalmente emisiones de N_2O y CO_2: 1) emisiones directas de N_2O procedentes del manejo de suelos, como la aplicación de fertilizantes nitrogenados; 2) emisiones indirectas de N_2O procedentes de la volatilidad n de nitrógeno y subsecuente deposición atmosférica; y 3) emisiones indirectas de N_2O procedentes de la lixiviación y los escurrimientos. En 2005, las emisiones de esta categoría alcanzaron las 0.97 $MtCO_2e$, mientras que en 2025 se pronosticó que podrían emitirse 1.21 $MtCO_2e$.

La tercera actividad que más genera GEI es la proveniente del tratamiento y descarga de las **aguas residuales domésticas**. Para calcular las emisiones de esta actividad se tomó como base la población del estado, y se consideraron los siguientes sistemas de tratamiento: letrina, laguna anaeróbica, sistema séptico, planta de tratamiento aeróbico centralizado y descarga de efluente a ambiente acuático. En 2005 se emitieron 0.39 $MtCO_2e$, mientras que para 2025 se pronosticaron 0.45 $MtCO_2e$.

La cuarta actividad más emisora del sector AFW es la del **manejo de residuos sólidos urbanos**, que son las emisiones de metano (CH_4) de los rellenos sanitarios. En esta actividad se incluye al metano que es incinerado o capturado para la producción de energía, considerando los rellenos sanitarios abiertos como cerrados. En 2005 el reporte para este sector fue de 0.46 $MtCO_2e$, y para 2025 se pronosticaron 0.42 $MtCO_2e$.

7.2 Retos y oportunidades del sector

El sector AFW incluye diversas temáticas como los son 1) agricultura, 2) ganadería, 3) silvicultura, 4) residuos sólidos urbanos y 5) aguas residuales domésticas, las cuales se han descrito a lo largo de este capítulo. Pero esta sección solamente se enfocará a compartir algunos obstáculos y retos que actualmente enfrenta el sector primario del estado.

El asunto del agua en Chihuahua es considerado un tema sensible, el 73% de la extensión de Chihuahua es territorio árido y seco, y con escasas lluvias. Los registros más altos de precipitación pluvial del estado se encuentran en la región serrana, en las áreas con menor densidad de población (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010). Además, gran parte de esta agua escurre a Sonora y Sinaloa. Otra fuente importante de agua es la del Río Conchos y sus afluentes, que descarga en el Río Bravo, pero esta agua está limitada por el tratado binacional de aguas.

Aunado a lo anterior, la agricultura y sus requerimientos de agua es un asunto que necesita de atención especial, porque esta actividad demanda el 85% del agua que se utiliza en el estado. Además, según el Plan de Desarrollo 2010-2016 de Chihuahua, el 65% de los sistemas de riego

no están tecnificados, provocando un gran desperdicio de agua. Otro problema, es la deficiencia en la conducción del agua, los canales de distribución no cuentan con un programa permanente de conservación y rehabilitación (Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010).

El asunto del desperdicio del agua se considera una problemática para atender, porque el sector primario en los últimos años ha enfrentado intensas sequías en los meses de: abril, mayo, junio, julio y agosto, causando importantes siniestros en la producción de granos y forrajes, y en la ganadería. Asimismo, hay registro de heladas atípicas en el mes de febrero, ocasionando graves daños al sector.

Cabe destacar que en el sector ganadero, algunos factores como: el sobrepastoreo, cambios de pastizales a tierras agrícolas, invasión de plantas no nativas y las frecuentes sequías relacionadas al CC; han afectado el estado de salud y productividad de las comunidades de plantas nativas, lo cual afecta esta cadena productiva.

Lo anterior, ha sido uno de los factores más importantes que ha ocasionado bajos rendimientos en algunos productos, ocasionando la pérdida de rentabilidad en el sector agropecuario. Además, los productores se quejan por los altos costos de producción, y de la reducción en sus ingresos por el aumento del precio al consumidor final por el gran número de intermediarios.

Lo que respecta al sector silvicultura, Chihuahua tiene una gran diversidad biológica, y tiene una de las zonas boscosas más importantes del país. No obstante, hay registros de que dejó de ser el líder de productos de madera, y sus bosques de pino han sido explotados desde hace muchos años, sin que se haya utilizado un programa eficiente de aprovechamiento (Escápita, 2002). Por lo anterior, surge la necesidad de conservar el paisaje mediante la protección de la mayor parte del bosque, los matorrales y pastizales, para lograr el equilibrio ecológico, y proteger la biodiversidad los recursos naturales chihuahuenses (CONABIO, 2014).

7.3 Políticas del sector

En el sector AFW se seleccionaron y calcularon *nueve* políticas, las cuales provenían de la primera etapa del PECC-Chih, aunque se tuvieron que hacer algunas modificaciones para esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de las políticas de mitigación*. En unos casos se hicieron fusiones, en otros se movieron a otro sector y en la mayoría se detallaron más para lograr el objetivo propuesto, siempre cuidando que no se perdiera la idea inicial que propusieron los participantes de la primera etapa.

Algunos de los ejemplos de estas adecuaciones fue ES.3-Electricidad a partir de residuos forestales, que en un inicio se encontraba dentro del sector AFW, pero se movió al sector ES por considerarse que los impactos directos de esa política se encontraba en ese sector. Otra adecuación, fue AFW.5, que en la lista de las 23 la propuesta era la construcción de rellenos sanitarios en municipios con poca generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), y en esta etapa se consideró que el aprovechamiento de la fracción orgánica para la producción de

composta podría ser una estrategia más integral para la gestión de los RSU y con mayor impacto en la reducción de generación de GEI (específicamente metano), y por ello, se hicieron esas modificaciones. Es importante destacar que todos los ajustes fueron discutidos y validados con los Expertos Locales de Chihuahua.

A continuación se describen brevemente las nueve políticas del sector AFW que fueron analizadas en esta nueva etapa del PECC-Chi.:

1) *AFW.1-Sustitución de fertilizantes inorgánicos por orgánicos*: En esta política se propone reducir el 15% del consumo promedio de fertilizantes inorgánicos nitrogenados por hectárea y sustituirlos por fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz, composta, o biosólidos generados en las plantas de tratamiento de agua residual o en los biodigestores de las granjas lecheras. Con la implementación de esta política se reducirán directamente las emisiones de N_2O provenientes del uso de fertilizantes nitrogenados, los lixiviados a los mantos freáticos, y a mediano o largo plazo, también mejorará la salud del suelo.

2) *AFW.2- Reconversión de cultivos agrícolas*: En esta política se propone la reconversión de nogales con rendimientos bajos y localizados en áreas marginales, por cebada de temporal y la vid en 5,000 hectáreas. En el diseño se programó que el cambio sea gradual entre 2017 y 2020. El objetivo es que el agricultor continúe teniendo ganancias económicas o las incremente, y se reduzca el uso de fertilizantes inorgánicos nitrogenados, y por ende, los N_2O provenientes de esta fuente.

3) *AFW.3- Mejoras en la silvicultura de la región forestal*: Esta política propone 1) reducir la tasa de deforestación anual registrada para 2012 (año base) mediante la reforestación. En el diseño de esta política se está considerando la reforestación con pino (80%) y encino (20%), el objetivo anual de esta política es de 5,496 hectáreas; y 2) Implementar actividades de aclareo en las zonas boscosas donde se requiere de esta técnica silvícola (1,649 ha/año).

4) *AFW.4- Biodigestores en granjas lecheras*: Esta política propone aprovechar el metano generado de las excretas del 50% de la población bovina estatal de las granjas lecheras para la generación de electricidad para autoabastecimiento. Además, también se tiene contemplado aprovechar los fertilizantes orgánicos (biosólidos) producidos durante el proceso de fermentación anaerobia para ser utilizados en la agricultura y/o jardines públicos o privados.

5) *AFW.5- Aprovechamiento de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos*: Esta política propone aprovechar la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos de diez ciudades que recolectan entre 12 y 24 toneladas diarias y que ya cuentan con el servicio de recolección. Estos residuos orgánicos serán utilizados para la producción de composta que podría ser utilizada como abono orgánico en jardines y en el sector agrícola del estado. Con la implementación de esta política se aprovecharán cerca de 35, 000 toneladas anuales, y se reducirían las emisiones de metano (CH_4) generadas por este material.

6) *AFW.6- Biodigestor para la PTAR Cd. Juárez*: Esta política está considerando la propuesta que hizo la empresa que tiene la Concesión de la PTAR Sur de Ciudad Juárez para el aprovechamiento de los lodos residuales, para la generación de electricidad para autoabastecimiento. Además, se está considerando la incorporación de excretas porcinas de las granjas cercanas.

7) *AFW.7- Biodigestor para la PTAR Chihuahua*: Esta política propone aprovechar los lodos residuales generados en la Planta de Tratamiento de Agua Residual Sur de Chihuahua para la generación de electricidad para autoconsumo. Asimismo, en esta política se consideró la incorporación de excretas porcinas de las granjas periurbanas de la ciudad, y el aprovechamiento del fertilizantes orgánicos generados en el proceso de digestión anaerobia para utilizarlo en la agricultura o en jardines y parques de la ciudad.

8) *AFW.8- Producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica (Esquilmos agrícolas):* Esta política propone el aprovechamiento de 250,000 toneladas de esquilmos agrícolas anuales del Distrito de Desarrollo Rural de Cuauhtémoc para la producción de bioetanol para ser utilizando como mezcla en la gasolina del sector transporte. En AFW.8 se está considerando: 1) recolección de los esquilmos agrícolas, 2) traslado a la biorefinería, 3) producción del bioetanol, y 4) traslado del bioetanol a la Terminal de Abastecimiento y Reparto de Pemex de la ciudad de Chihuahua. El estudio completo (producción y uso de bioetanol) se realizará en TDU.4-Uso del bioetanol en el sector transporte.

9) *AFW.9- Aplicación de Prácticas de Manejo de Agostaderos*: Esta política propone limitar la carga animal de 0.03 unidades (cabeza de ganado de pastoreo) por hectárea en el 50% del área con sobrepastoreo. Según el cálculo realizado, se retirarían 269,530 cabezas de ganado en todo el periodo de estudio (2017-2025), lo cual mejoraría el suelo deteriorado, evitaría la erosión y mejoraría el desarrollo de la vegetación que ha sido dañado por el sobrepastoreo.

7.4 Metodología utilizada (desafío de los cálculos)

Para realizar el diseño, análisis microeconómico y macroeconómico de las nueve políticas del sector AFW del PEACC-Chi, se realizó una consulta bibliográfica para conocer la situación actual de la agricultura, ganadería, silvicultura, gestión de residuos sólidos urbanos y aguas domésticas del estado de Chihuahua. Además, se contó con la asesoría de los Expertos Locales de Chihuahua.

El diseño y cuantificación de las políticas se llevó a cabo en los cuadernos de trabajo, la metodología general se describió en el capítulo tres de este reporte. Asimismo, la información detallada del diseño de cada una de las nueve políticas está en las fichas técnico-descriptivas que se encuentran en los anexos de este documento.

Cada una de las propuestas requirió de cierta particularidad para cubrir sus objetivos. Asimismo, en el proceso de elaboración se enfrentaron algunas barreras en la búsqueda de información,

especialmente en el área de costos. Mucha de la información tuvo que ser ajustada las condiciones del estado.

AFW.1-Sustitución de fertilizantes inorgánicos por orgánicos

El diseño y análisis microeconómico de AFW.1 se desarrolló considerando: 1) la producción agrícola de Chihuahua obtenida del SIAP, 2) el tipo de tecnología aplicada en las labores agrícolas del Censo Agropecuario 2007, 3) Paquetes tecnológicos de los cultivos de Chihuahua de la base de datos del INIFAP, 4) Consumo de fertilizantes por hectárea del Banco Mundial, y 5) Precios de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos de Chihuahua.

- El cálculo de la mitigación de emisiones de GEI de esta política se realizó considerando la superficie objetivo anual y el consumo promedio de fertilizante inorgánico nitrogenado, una vez que se contó con la cantidad de fertilizante consumida por año, se multiplicó por el factor de emisión que tiene el IPCC, que fue el mismo que se utilizó en el Inventario de Gases de Efectos Invernadero de Chihuahua (IGEI-Chi).
- El cálculo de los costos se realizó considerando el rendimiento por hectárea del fertilizante nitrogenado y del inorgánico (kg/ha); después se calculó la cantidad de fertilizante inorgánico utilizado en la superficie objetivo y la del orgánico (kg); enseguida se calculó el costo de cada uno de los diferentes tipos de fertilizantes; y al final se restó el costo total del fertilizante orgánico al costo del inorgánico.

AFW.2- Reconversión de cultivos agrícolas

El diseño y análisis de AFW.2 se realizó considerando la siguiente información: 1) paquetes tecnológicos de la nuez, la vid de riego y cebada de temporal: consumo de diésel (TJ/ha) y fertilizantes nitrogenados (KgN/ha); 2) cierre de producción agrícola de estos tres cultivos del SIAP: Rendimientos (ton/ha); 3) Costo de producción de los tres cultivos (MXN$/ha); 4) Ganancias de los tres cultivos (MXN$/ha); y 5) factores de emisión del diésel y del fertilizante nitrogenado del IPCC.

- El análisis de mitigación se obtuvo calculando el consumo de diésel (TJ/ha) de las labores de labranza y de fertilizantes nitrogenados de los tres cultivos (kgN/ha) en la superficie objetivo; después se multiplicaron por sus respectivos factores de emisión del IPCC, que fueron los mismos que se utilizaron en el inventario de emisiones de GEI de Chihuahua; y al final, se restaron las emisiones de GEI de la vid y cebada a los del cultivo de nuez para obtener las emisiones que se reducirían en total por la reconversión de cultivo.

- El dato de los costos se obtuvo primero calculando el costo de producción de la nuez, la vid y cebada; después se calcularon las ganancias por hectárea de los tres cultivos; el siguiente paso fue sumar los costos de producción y ganancias de la vid y cebada; y al final, se restó al costo y ganancias de producción de la nuez los costos y ganancias de la vid y cebada.

AFW.3- Mejoras en la silvicultura de la región forestal

El diseño y análisis de AFW.3 se realizó considerando la siguiente información: 1) Diagnóstico sobre determinantes de deforestación y degradación forestal en zonas prioritarias en el Estado de Chihuahua de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés); 2) Densidad de árboles por hectárea (árboles/ha) que proporcionaron los Expertos Locales; 3) Secuestro de carbono del pino y encino según su edad ($kgCO_2e$/árbol/año); 4) Prácticas de aclareo en Chihuahua; y 5) costos del árbol y operación y mantenimiento (MXN$/árbol).

- El análisis de mitigación se obtuvo calculando la cantidad de árboles sembrados y rescatados mediante el aclareo por año (pino y encino) en la superficie objetivo; en dos matrices diferentes, una por tipo de árbol, se organizó la información por año y la cantidad de árboles (árbol/año), y el número de árboles se multiplicó por el factor de captación del árbol según su edad ($KgCO_2$/año); al final se sumó la captación de todos los árboles en todo el periodo de estudio.

- Los costos de AFW.3 se dividieron en: 1) el costo total por la compra de los árboles, se incluyó que la Conafor mediante el Pronafor donaría hasta el 50% de los árboles; y 2) operación y mantenimiento de los mismos, que proporcionó personal de la Dirección de Desarrollo Forestal del estado y los Expertos Locales.

AFW.4- Biodigestores en granjas lecheras

El diseño y análisis de AFW.4 se realizó considerando la siguiente información: 1) Población ganadera de bovinos de leche, 2004-2013 del SIAP; 2) Rendimientos de producción de excretas, metano y electricidad; 3) Consumo eléctrico promedio de las granjas lecheras; 4) Costos del sistema de biodigestión de estudios locales y nacionales; 5) Factor de emisión de CO_2e ($kgCO_2e$/cabeza); y 6) el factor de emisión de la intensidad de GEI de origen energético.

- El análisis de mitigación se obtuvo de dos fuentes, 1) de las emisiones directas provenientes de las excretas del ganado objetivo, utilizando el factor de emisión del IPCC; y 2) de la intensidad de GEI de origen energético, es decir, de la electricidad que es generada en los biodigestores en lugar de una termoeléctrica.

- El cálculo de los costos de AFW.4 se dividió equitativamente en dos tipos de granjas, medianas (300-1,000 cabezas) y grandes (>1,000), ya que el costo del sistema de biodigestión, y operación y mantenimiento varía según la escala. Para el costo capital del sistema de biodigestión se consideró que el programa de la Sagarpa (Programa de Fomento a la Agricultura) apoyaría con el 50% de la inversión. Después se calculó el costo de operación y mantenimiento de los dos tamaños de granjas; enseguida se calculó la generación de electricidad total anual (MWh/año) y los ahorros en el recibo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) por la electricidad evitada; al final se sumaron todos los costos y se le restaron los ahorros en la cuenta de electricidad.

AFW.5- Aprovechamiento de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos

El diseño y análisis de AFW.5 se realizó considerando la siguiente información: 1) Promedio diario de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) recolectados por municipio del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013; 2) el Manual de compostaje municipal del GTZ-INE/Semarnat; 3) Estudios de caso de otras Plantas de Compostaje (PdC); 4) Caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos utilizado en el inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chihuahua; y Factores de emisión de GEI de los RSU del IPCC, el mismo que se utilizó en el IGEI-Chi.

- El análisis de mitigación se obtuvo primero con la selección de los 10 municipios objetivo, se eligió a los que recolectan entre 12 y 24 toneladas diarias, por considerarse una cifra viable para la instalación de una PdC. Después, con base en la caracterización que se utilizó en el IGEI, se procedió a calcular la fracción orgánica (residuos de comida y de jardín) de los RSU que pudiera aprovecharse para la producción de composta; al final, se calcularon las emisiones de GEI que pudieran evitarse con el aprovechamiento de la fracción orgánica para la producción de composta.
- El cálculo de los costos se realizó considerando el costo de capital de las 10 PdC, equipo y maquinaria necesaria. Asimismo, se calculó el costo de operación y mantenimiento de las mismas.

AFW.6- Biodigestor para la PTAR Cd. Juárez

El diseño y análisis de AFW.6 se realizó considerando la siguiente información: 1) El Proyecto de cogeneración y mejoramiento en la PTAR Sur en Ciudad Juárez, Chihuahua: Propuesta de certificación y financiamiento que presentó la concesionaria (Degrémont S.A. de C.V) a la COCEF; 2) Generación de lodos de la PTAR; 3) Rendimientos de la producción de electricidad; 4) población porcina del municipio de Juárez; 5) Rendimientos de las excretas porcinas en la generación de electricidad; 6) Costos del sistema de biodigestión; y 7) Costos de la recolección y traslado de las excretas porcinas.

- El análisis de mitigación se obtuvo primero calculando la cantidad de lodos residuales que serían aprovechadas para la generación de electricidad; después se multiplicó la cantidad de lodos por el factor de emisiones de GEI que propone el IPCC; enseguida se calcularon las emisiones de GEI mitigadas por el uso de las excretas porcinas, en este caso se consideró el número de cabezas, ya que el factor de emisión es por cabeza de ganado (tCO_2e/cabeza/año). El siguiente paso fue calcular las emisiones de GEI generadas durante el proceso de recolección y traslado de las excretas porcinas, se estimó la distancia recorrida y el tipo de combustible utilizado (diésel). Al final, se restaron las emisiones de GEI por la recolección y traslado de las excretas a las emisiones a las mitigadas por el aprovechamiento de los lodos y de las excretas porcinas.
- El cálculo de costos se dividió en tres partes: 1) costo capital del sistema de biodigestión, 2) operación y mantenimiento del sistema y 3) los ahorros por la generación de electricidad. Primero se calculó el costo capital del sistema de biodigestión, en este caso, una parte de esta inversión será cubierto por el BDAN/COCEF y la otra parte por la empresa concesionaria. Después se calcularon los costos de operación y mantenimiento del sistema, aquí se incluyó la recolección de las excretas. Enseguida, se calcularon los ahorros en la factura de la CFE por la generación; y al final, a los gastos se le restaron los ahorros por la autogeneración de electricidad.

AFW.7- Biodigestor para la PTAR Chihuahua

El diseño y análisis de AFW.7 se realizó considerando la siguiente información, 1) Generación de lodos de la PTAR Chihuahua Sur, dato proporcionado por la Concesionaria; 2) Rendimientos de la producción de electricidad; 3) población porcina del municipio de Chihuahua; 4) Rendimientos de las excretas porcinas en la generación de electricidad; 5) Costos del sistema de biodigestión que presentó Degrémont S.A. de C.V en su propuesta al BDAN y a la COCEF; y 6) Costos de la recolección y traslado de las excretas porcinas.

- El análisis de mitigación se obtuvo primero calculando la cantidad de lodos residuales que serían aprovechadas para la generación de electricidad; después se multiplicó la cantidad de lodos por el factor de emisiones de GEI que propone el IPCC. Enseguida se calcularon las emisiones de GEI mitigadas por el uso de las excretas porcinas, en este caso se consideró el número de cabezas, ya que el factor de emisión es por cabeza de ganado (tCO_2e/cabeza/año) El siguiente paso fue calcular las emisiones de GEI generadas durante el proceso de recolección y traslado de las excretas porcinas, se estimó la distancia recorrida y el tipo de combustible utilizado (diésel). Al final, se restaron las emisiones de GEI por la recolección y traslado de las excretas a las emisiones a las mitigadas por el aprovechamiento de los lodos y de las excretas porcinas.

- El cálculo de costos se dividió en tres partes: 1) costo capital del sistema de biodigestión, 2) operación y mantenimiento del sistema y 3) los ahorros por la generación de electricidad. Primero se calculó el costo capital del sistemas de biodigestión, en este caso, en el diseño de esta política se contempló que la empresa concesionaria (Atlatec S.A. de C.V.) se encargaría de cubrir estos costos; después se calcularon los costos de operación y mantenimiento del sistema; enseguida, se calcularon los ahorros en la factura de la CFE por la generación; y al final, a los gastos se le restaron los ahorros por la autogeneración de electricidad.

AFW.8- Producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica

El diseño y análisis de AFW.8 fue un poco más complejo a las demás políticas, se realizó considerando la siguiente información, 1) producción de esquilmos agrícolas por municipio, 2) rendimiento del esquilmo agrícola en el proceso de producción de bioetanol, 3) consumo de combustible en el proceso de recolección y traslado del esquilmo, 4) consumo de electricidad en la biorefinería, 5) cogeneración de electricidad durante el proceso, 6) costo capital y operación y mantenimiento de la biorefinería, y 7) costo de la recolección y traslado del esquilmo agrícola.

- El análisis de mitigación se obtuvo calculando todas las fuentes de GEI del proceso: 1) recolección y traslado del esquilmo agrícola, y 2) producción y traslado del bioetanol. Las emisiones de GEI de la recolección y traslado se obtuvieron haciendo estimaciones de las distancias recorridas y del combustible utilizado (diésel). En el caso del proceso de producción, las emisiones que fueron cuantificadas fueron las generadas durante la cogeneración de electricidad que propone el IPCC a partir biomasa sólida.
- En el análisis de costos se incluyó: 1) la compra del esquilmo al agricultor, 2) el costo capital de la instalación de la biorefinería, 3) operación y mantenimiento de la planta; y la recolección y traslado del esquilmo agrícola.

AFW.9- Aplicación de Prácticas de Manejo de Agostaderos

El diseño y análisis de AFW.9 fue un proceso que requirió de varios cálculos, y se realizó con la siguiente información: 1) población ganadera del estado, 2) Superficie ganadera, 3) superficie afectada por sobrepastoreo, 4) Factor de emisión por el secuestro de carbono de los pastizales, 4) factor de emisión de GEI del ganado bovino, 5) costos de inversión y operación y mantenimiento de la recuperación de suelos, 5) venta del ganado ($/cabeza), y 6) apoyo gubernamental del El Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola o nuevo PROGAN de la Sagarpa ($/cabeza retirada).

- El análisis de mitigación se obtuvo calculando el área con sobrepastoreo que sería recuperado y las cabezas de ganado que serían retiradas y vendidas como carne. Una vez que se obtuvieron las hectáreas de pastizales que serían revegetadas, se calculó el

sumidero de carbono que podría generarse en el área objetivo. Después, utilizando el factor de emisión del IPCC, se calculó la reducción de GEI por el ganado retirado (tCO_2e/cabeza/año). Al final, se sumaron las dos cifras para obtener la cifra total de mitigación por ambas acciones.

- En el análisis de costos se incluyó: 1) el costo capital, y de operación y mantenimiento de la recuperación del suelo, que considera la infraestructura (cercas), la adquisición de la vegetación, riego, mano de obra y la gestión del ganado (traslado y ajustes de dieta); 2) Costo de oportunidad por la venta del ganado, este dato se consideró como un ingreso para el ganadero; y 3) apoyo gubernamental por el retiro del ganado. Al final, se sumaron todos los costos de capital y operación y mantenimiento, y a este dato se le restó la venta del ganado y el apoyo gubernamental que brinda el nuevo PROGAN.

7.5 Resultados

Las propuestas de política del sector de AFW estuvieron enfocadas a reducir el consumo de los fertilizantes inorgánicos nitrogenados en la agricultura de Chihuahua (AFW.1); proponer la reconversión de cultivos que requieren de menos fertilizantes inorgánicos nitrogenados (AFW.2); incrementar la reforestación en la ecoregión templada del estado (AFW.3); aprovechar las excretas provenientes del ganado bovino lechero para la generación de electricidad para autoconsumo (AFW.4); aprovechar la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) para la generación de composta (AFW.5); aprovechar los lodos residuales de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residual de Ciudad Juárez y de Chihuahua para la generación de electricidad para autoconsumo (AFW.6 y AFW.7); aprovechar los esquilmos agrícolas del Distrito de Desarrollo Rural de Cuauhtémoc para la producción de bioetanol para el uso en el sector transporte (AFW.8), y limitar la carga animal para recuperar las zonas dañadas por el sobrepastoreo (AFW.9).

A continuación se muestran los resultados del análisis microeconómico de las políticas del sector AFW. Es importante señalar dos cosas: 1) se descarta a AFW.2 porque los resultados arrojaron un costo de efectividad muy elevado y una mitigación muy discreta; y 2) Los resultados de AFW.8 no se incluyen en esta tabla porque se fusionó con TDU.4, y en ese sector se encuentren los datos del estudio completo (producción y uso de bioetanol).

Tabla 22. Resultados del análisis microeconómico de las políticas del sector AFW.

		GEI reducidos ($MtCO_2e$)		Rentabilidad (VPN) 2017-2025	*Año Base 2015 MXN$*
Clave	**Nombre de la política**	**Reducción anual**	**Acumulado**	**Valor Presente Neto**	**Costo Efectividad**
		2025	**2017-2025**	**MDP**	**$/$tCO_2e$**
AFW.1	Sustitución de fertilizantes inorgánicos por orgánicos	0.0589	0.4417	2,159.63	4,888.56
AFW.2	Reconversión de cultivos agrícolas[23]	0.0051	0.0383	912.06	23,810.41
AFW.3	Mejoras en la silvicultura de la región forestal	0.0094	0.0266	139.60	5,245.30
AFW.4	Biodigestores en granjas lecheras	0.0388	0.2910	-405.55	-1,393.74
AFW.5	Aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU	0.0136	0.0578	13.95	241.43
AFW.6	Biodigestor para la PTAR Cd. Juárez	0.0072	0.0648	-67.79	-1,046.46
AFW.7	Biodigestor para la PTAR Chihuahua	0.0077	0.0697	-74.98	-1,075.85
AFW.8	Producción de bioetanol a partir de biomasa lignocelulósica (Esquilmos agrícolas)	**Ver TDU.4**			
AFW.9	Aplicación de Prácticas de Manejo de Agostaderos	0.0573	0.5159	426.94	827.52
	Total	**0.1929**	**1.4675**	**2,191.79**	**7,686.76**

$/tCO2e = pesos por tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente; GEI = Gases de Efecto Invernadero; MtCO2e = millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente.
Nota: Las reducciones de GEI se calcularon para cada año del periodo estudiado, pero solo se presentan los resultados para el año 2025 (tercera columna), y el acumulado para 2017 a 2025 (cuarta columna). El costo por tCO_2e (columna seis) del periodo 2017-2025, se calculó con el valor presente neto de los flujos de efectivo en 2017-2025 en millones de pesos (quinta columna), dividido entre los $MtCO_2e$ acumulados de las reducciones de GEI (cuarta columna).

Respecto a los resultados del análisis de mitigación de GEI resalta lo siguiente:

AFW.9 es una de las políticas con mayor mitigación, esto se debe a que se está considerando reducir la población de ganado bovino y la revegetación de las zonas registradas con sobrepastoreo. Adicionalmente esta práctica contribuirá con la disminución de partículas PM10 y PM2.5 producidas por los vientos y con repercusiones en la salud.

AFW.1 es otra de las políticas más destacadas en cuanto a mitigación de CO_2e, es importante destacar que este estudio solamente consideró las emisiones de N_2O proveniente de los fertilizantes nitrogenados. Pero la implementación de esta propuesta

[23] Los resultados del análisis microeconómico de AFW.2 no se consideraron en la sumatoria de las políticas del sector.

también impactaría positivamente en la reducción de lixiviados a las aguas superficies y subterráneas, y en la regeneración del suelo, lo que incrementa los beneficios ambientales en el sector agrícola del estado.

AFW.4 también presenta altas reducciones, porque se está considerando la reducción de metano (CH_4) de las excretas y de la intensidad de GEI de origen energético (electricidad evitada). Sin duda, podría llegar a ser una de las políticas exitosas del sector, por los beneficios para los granjeros.

AFW.3 es la política que presenta la reducción más discreta, pero esto es porque la actividad que se está considerando es la reforestación y aclareo de pino (80 %) y encino (20%), y el pino es una especie que inicia a captar dióxido de carbono (CO_2) hasta el sexto año de ser plantado, y como el periodo de estudio solamente es de 2017 a 2025, la política no alcanzó a mostrar el potencial que verdaderamente puede lograr alcanzar en materia de mitigación.

Los resultados del análisis de costos permiten discutir lo siguiente:

- AFW.2 fue una de las 23 políticas señaladas como prioritarias en la primera etapa del PECC-Chih. Además, durante el diseño de política, resultó atractiva porque la cebada considerada en AFW.2 podría ser la materia prima que se utilice en la cervecería que se tiene contemplado instalar en Chihuahua en el año 2017. Asimismo, en el cálculo de mitigación, AFW.2 mostró que la reconversión de cultivos es una estrategia que podría ser exitosa en materia de reducción de emisiones de GEI, porque hay una reducción interesante de fertilizantes nitrogenados. No obstante, los resultados del cálculo de costos mostraron una situación diferente, porque considerando los datos actuales del SIAP, la reconversión de cultivos no brindaría las ganancias que los productores de nuez perciben por este cultivo. Por esa razón, AFW.2 no se encuentra dentro de las lista de las políticas que se recomendarán en esta etapa de cuantificación del PECC-Chih.
- AFW.1 también tiene un costo de implementación, porque aunque el fertilizante orgánico es ligeramente más barato que el inorgánico ($/ton o $/litro), el rendimiento por hectárea del primero es más bajo, por lo que se necesita de más fertilizante orgánico por hectárea, y esto eleva el costo de la inversión.
- AFW.9 tiene mayor reducción de CO_2e en todo el periodo de estudio, pero tiene un costo de efectividad positivo, es decir, aunque los ganaderos reciban ganancias por la venta de su ganado, la implementación tendrá un costo para ellos.
- AFW.4 tiene los ahorros más altos de todas las políticas del sector, esto se debe a que los propietarios de las granjas lecheras reducirán su cuenta en el consumo de energía, porque estarán autoabasteciéndose con la energía que producirán a partir de las excretas de su ganado. Además, también pueden recibir ganancias por la venta de fertilizantes orgánico

(biomasa residual del proceso de digestión anaerobia), aunque no fue considerado en el cálculo de costos, porque el costo-efectividad no considera las ganancias de la venta.

- AFW.6 y AFW.7 también presentan ahorros, situación similar a AFW.4. Las Plantas de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) podrán autoabastecer hasta el 40% de la electricidad que consumen, porque estarán aprovechando los lodos residuales para la generación de electricidad mediante el proceso de digestión anaerobia.
- En conclusión, considerando la variable mitigación y costos, las políticas que podrían ser más atractivas del sector AFW son AFW.4, AFW.6, AFW.7 y AFW.9. Las primeras tres porque sus implementadores (productores y concesionaria de la PTAR) podrían reducir su gasto de electricidad, además presentan una reducción considerable de GEI, porque ocupan el 4to, 5to y 6to lugar en ese rubro. Lo que respecta a AFW.9, aunque su implementación requiere de inversión por parte de los productores, la reducción de GEI es una cifra atractiva para el sector.

7.6 Implicaciones en materia de Política Pública

El propósito de esta nueva etapa del PECC-Chi es tomar la lista de las 23 políticas prioritarias de la primera etapa para: 1) diseñarlas como políticas públicas, definiéndoles objetivos, temporalidad, actores, y mecanismos de implementación (respondiendo qué, cómo, cuándo, quiénes y dónde); y 2) cuantificar los impactos ambientales y socioeconómicos que su implementación podría causar en el estado, actividad llevada a cabo mediante el análisis microeconómico, que se divide en el análisis de mitigación para cuantificar las emisiones de GEI que se reducirán o incrementarán, y el análisis de costos, que permite conocer los costos o ahorros de la implementación de dicha política.

La clave para la implementación de las políticas de mitigación, además de proporcionar ahorros económicos y reducción de emisiones de GEI, es contar con alguna fuente de financiamiento que facilite dicha implementación, porque de ese factor dependerá en gran parte la viabilidad de la propuesta. De las nueve propuestas del sector AFW las que podrían tener algún tipo de financiamiento son las siguientes:

- AFW.3 podría recibir del Programa Nacional Forestal (PRONAFOR) de la Conafor, el 50% de los árboles que se plantarán, reduciendo en un 50% el costo capital de la adquisición de los árboles.
- AFW.4 podría recibir ayuda económica de hasta el 50% de la Sagarpa/FIRCO para la adquisición del biodigestor y del motogenerador;
- AFW.6, según la propuesta de Degrémont S.A. de C.V, obtendrá un crédito por parte del Banco de Desarrollo de América del Norte (BDAN) y otros bancos para cubrir la inversión inicial;

- AFW.7 podría recibir apoyo por parte de la Sener mediante el Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER), ya que la generación de electricidad a partir de fuentes renovables de energías es el primer objetivo de este programa. Aunque el apoyo no se consideró en el cálculo de los costos de este estudio, podría ser un recurso que incrementaría la viabilidad de implementación de esta política.
- AFW.9 podría ser apoyado por la Sagarpa mediante el nuevo Programa de Producción Pecuaria Sustentable y Ordenamiento Ganadero y Apícola (PROGRAN) por cada cabeza de ganado que se retire.

Las políticas que no tienen muy claro el apoyo de algún programa, son las siguientes:

- En el caso de AFW.1, la Sagarpa tiene el Programa de Fomento a la Agricultura/Bioenergía y Sustentabilidad, Concepto: Bioeconomía. Este programa promueve el uso de los fertilizantes orgánicos, pero no fue considerado en el cálculo porque el apoyo económico está enfocado en la producción de fertilizantes y no para los consumidores. A nivel estatal, la Dirección de Secretaría de Desarrollo Rural del estado no tiene programas que proporcionen algún estímulo económico o fiscal a los agricultores por el cambio del fertilizante inorgánico al orgánico, o subsidio en la compra del fertilizante orgánico.
- Para AFW.2, la Sagarpa dentro de su *Programa de Fomento a la Agricultura 2015* tiene un componente para la reconversión y productividad, donde les brinda incentivos de hasta el 30% del paquete tecnológico, dentro de las bases se menciona que el paquete tecnológico utilizado debe está autorizado por la Sagarpa, además el apoyo se realizará para superficies que se encuentran en siniestralidad recurrente y en zonas de producción excedentaria. No se consideró ese apoyo en el cálculo de los costos de AFW.2 porque es aventurado afirmar que los agricultores que harían la reconversión cumplirían con las bases del programa.
- Para el caso de las políticas AFW.5 y AFW.8 no se encontró registro de que exista algún programa de los tres niveles de gobierno que pudiera proporcionar algún apoyo económico para la implementación de estas políticas. Por lo que se propone que la implementación de dichas políticas estará a cargo de la iniciativa privada, y/o gobierno municipal, estatal y/o federal.

Capítulo VIII. Resumen de resultados

En este capítulo se presentan los resultados del análisis microeconómico y macroeconómico de las 33 políticas de mitigación[24] que se calcularon y se proponen en esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica* del PECC-Chih.

La información se divide en dos secciones: en la primera se presentan los resultados del análisis microeconómico de la implementación de las políticas, que incluye una tabla con los resultados del cálculo de mitigación y costos, y al final se encuentra la Curva de Costos de Abatimiento (CCA) de Gases de Efecto Invernadero (GEI); y en la segunda parte se muestra el impacto macroeconómico de la implementación de las políticas en el empleo y el PIB del estado de Chihuahua, información obtenida con la ayuda del Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica (MMSD), el cual fue descrito en el capítulo III.

8.1. Resultados del análisis microeconómico

En esta sección se presentan los resultados del análisis microeconómico de las 33 políticas de una manera conjunta. El análisis se realizó para el periodo 2017 a 2025, pero los datos que se mostrarán en la tabla y en la CCA corresponden al año 2025, que es cuando la mayoría de ellas alcanzaron los objetivos planteados en su diseño. La CCA de GEI es una herramienta gráfica que permite identificar las opciones de política más atractivas en materia de emisiones y costos. Además, es una base cuantitativa para identificar las políticas y acciones que podrían ser las más efectivas para la reducción de emisiones, así como sus implicaciones en cuanto a costos o ahorros según sea el caso. . Los costos de abatimiento se perciben como los costos adicionales por instalar o remplazar una nueva tecnología baja en emisiones.

Las proyecciones de las emisiones netas de GEI para Chihuahua, según el estudio "*Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chihuahua y proyecciones de casos de referencia 1990-2025*", para el año 2025 podrían ser de **23,980 mtCO_2e**. No obstante, de implementarse las 33 políticas propuestas en esta *etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica de políticas de mitigación de GEI* del PECC-Chih, se estima que se podrían reducir hasta **2,940.2 mtCO_2e** en 2025 (tabla 23), es decir, el **12.4%** menos de lo proyectado en el estudio de emisiones de GEI para ese año.

[24] En esta etapa de cuantificación se seleccionaron 36 políticas, pero TT.1 no es cuantificable, AFW.2 se calculó pero sus resultados mostraron que no es una política para ser recomendada, y TDU.5 no contó con toda la información requerida para ser cuantificada. Por lo tanto, a partir de esta sección se presentarán los resultados de 33.

Tabla 23. Comparación entre proyecciones y abatimiento para el 2025.

	2025 ($mtCO_2e$)		$mtCO_2e$
Sector	**Proyecciones (BAU)**	**Abatimiento (PECC-Chih)**	**Acumulado 2017-2025**
Agricultura	3,540	155	1,248.6
Manejo de Residuos (bruto)	1,030	28.6	192.2
Procesos Industriales	3,440	n/a	n/a
Industrial del Combustible Fósil	220	n/a	n/a
Transporte	9,850	272.3	2,030
Res/Com/Ind (RCI)	3,250	2,193.3	10,905.1
Basado en consumo de electricidad (incl. ind. de combustibles fósiles)	11,010	281.6	1,120.1
Silvicultura y Uso de Suelos	-8,360	9.4	26.6
Emisiones netas (incl. silvicultura)	**23,980**	**2,940.2**	**15,523**

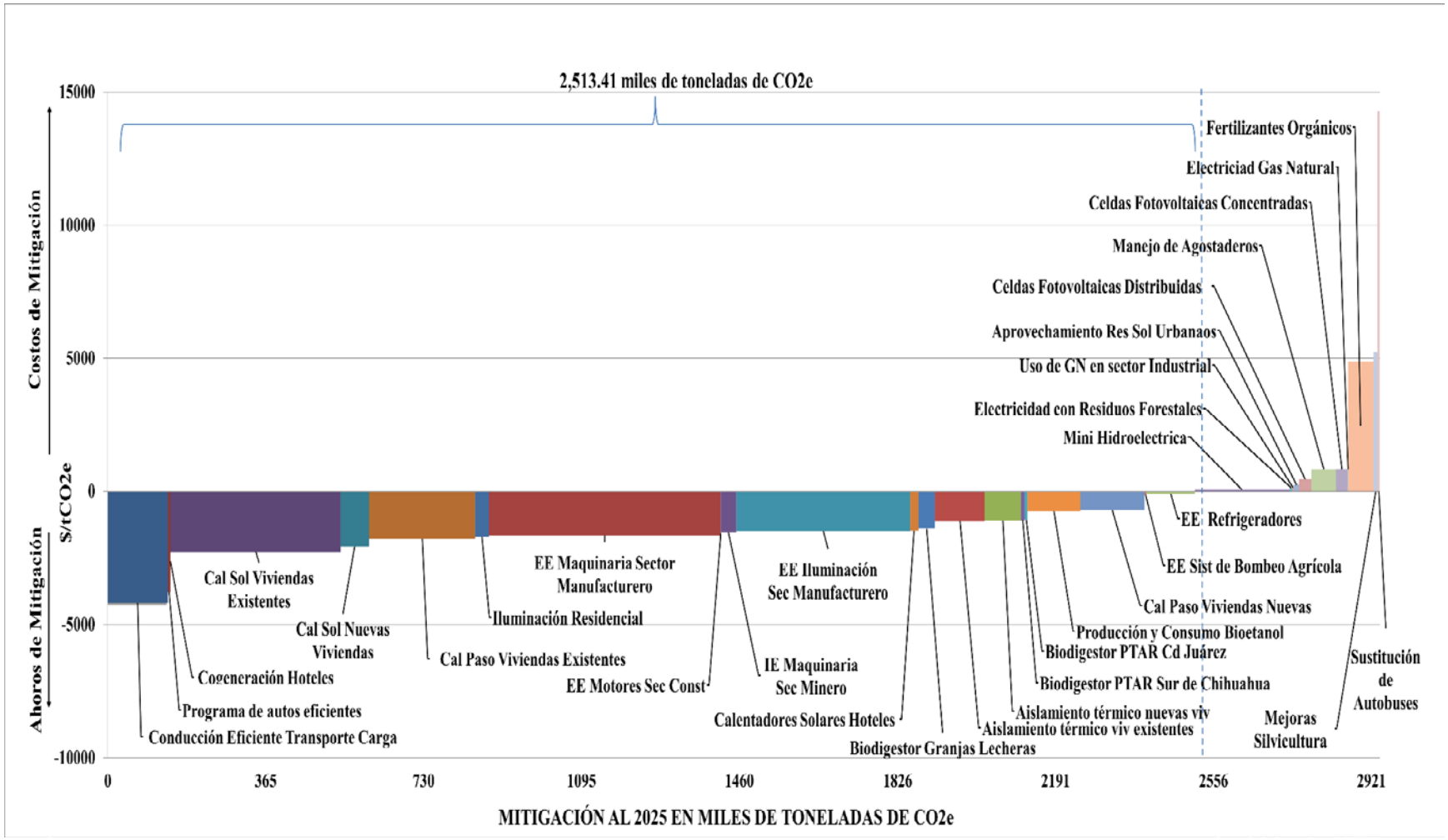
Fuente: Elaboración propia con datos del análisis microeconómico y COCEF-CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010.

A continuación se presenta la CCA de las 33 políticas analizadas con los resultados correspondientes al año 2025. La gráfica se construyó de tal forma que el eje de las "y" represente el costo de mitigación (Mx$/tCO2e), que puede ser:

1) Positivo, ya que su implementación genera un costo económico que no podrá recuperarse;
2) Negativo, que significa ahorros y recuperación de la inversión.

El eje de las "x" muestra la mitigación calculada en miles de toneladas de CO_2e (mtCO2e). Es importante destacar que los resultados del análisis de la política AFW.8-Producción de bioetanol, se muestran en los resultados de la política TDU.4, porque en TDU.4 se hizo el cálculo completo de la producción y consumo del bioetanol en el sector transporte.

Gráfica 27. Curva de Costos de Abatimiento, Chihuahua, 2025, en miles de toneladas de CO2e.

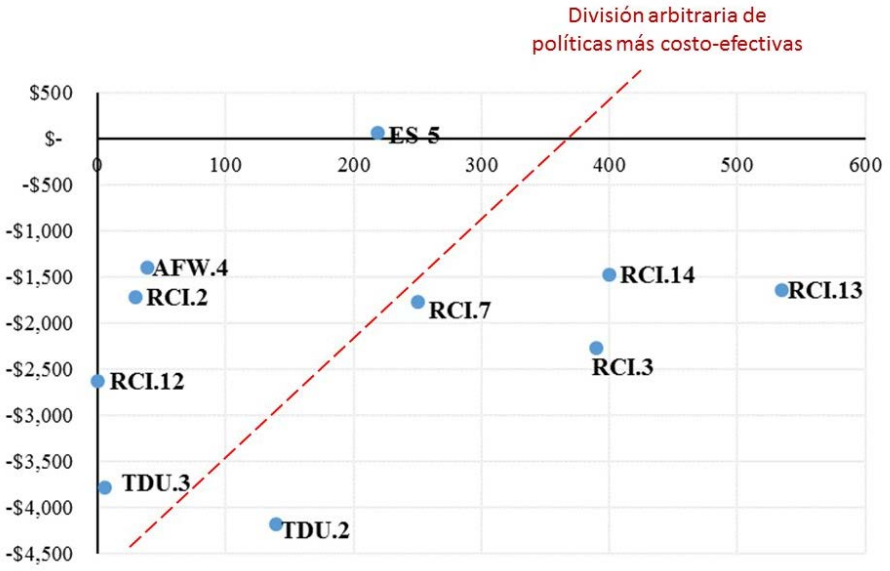


Fuente: Elaboración propia con los resultados del análisis microeconómico.

De la tabla y gráfica mostrada anteriormente resalta lo siguiente:

- Las 33 políticas de esta etapa de cuantificación del PECC-Chih podrían mitigar **2,940.2 mtCO_2e** en total al año 2025.
- Del total de la mitigación, el **85% (2,513.41 mtCO_2e)** se concentra en políticas cuyo costo de efectividad es menor a cero, es decir, representa ahorros.
- El 74.6% de la mitigación proviene de las políticas del sector RCI, 9.6% de ES, 9.2% de TDU y 6.6 de AFW.
- Las políticas que más destacan en términos de mitigación de emisiones de CO_2e son **RCI.13-EE en maquinaria del sector industrial manufacturero (535 mtCO_2e)**, **RCI.14**-EE en iluminación del sector industrial manufacturero (400 mtCO_2e), **RCI.3**-Calentadores solares en viviendas existentes (393 mtCO_2e), **RCI.7**-Calentadores de paso en viviendas existentes (245 mtCO_2e), y **TDU.2**-Conducción eficiente para conductores de camiones de carga (139 mtCO2e). Estas cinco políticas participan con el **58%** de la mitigación total (ver Figura 10), y presentan un costo-efectividad menor a cero.
- En cuanto a costos, las políticas con los ahorros más importantes fueron **TDU.2**-Conducción eficiente de autobuses de transportes de carga **(-$4,186 pesos**), TDU.3-Programa de autos eficientes (-$3,781 pesos), RCI.12-Cogeneración en hoteles (-$2,625 pesos), RCI.3-Calentadores solares de agua en viviendas existentes (-$2,262 pesos), y RCI.4-Instalación de calentadores solares de agua en viviendas nuevas (-$2,062 pesos).

Figura 10. Políticas más destacadas en mitigación y costos.



Fuente: Elaboración propia con resultados del análisis microeconómico

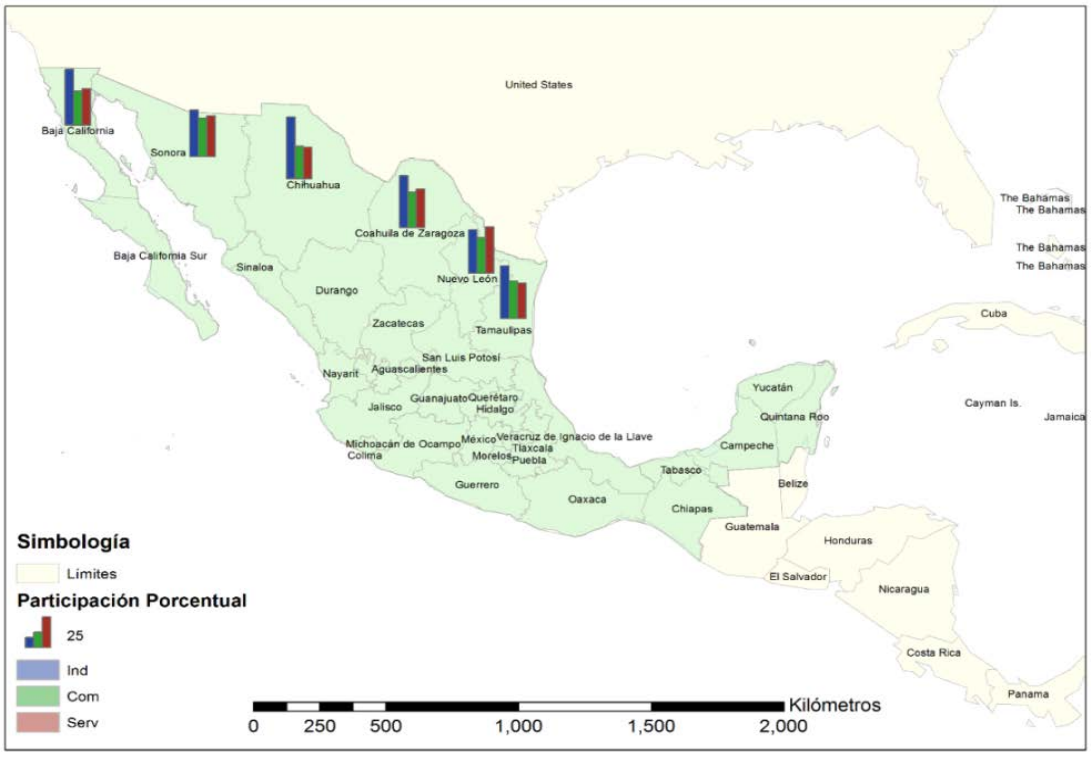
8.2. Resultados macroeconómicos: creación de empleos y PIB economía verde

En esta sección se analiza el impacto macroeconómico que potencialmente podría experimentar el estado de Chihuahua, como respuesta a la puesta en marcha de las 33 políticas de mitigación priorizadas. El resultado global de este ejercicio presenta hallazgos relevantes respecto a variables como: Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) y la variación en el empleo; dichos resultados se muestran a continuación.

8.2.1. La Economía de Chihuahua

El estado de Chihuahua es uno de los seis estados ubicados a lo largo de la frontera mexicana con Estados Unidos. Su economía, en el 2012 alcanzó un Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) de 355,787 millones de pesos en valores constantes de 2008, lo que significó una aportación del Estado equivalente al 2.75% del PIB Nacional, de acuerdo al Sistema de Cuentas Nacionales 2008, INEGI. Al igual que otros estados fronterizos la actividad predominante es la industrial y en su mayor parte la misma es bajo el régimen de industria maquiladora, como se puede apreciar en el siguiente mapa donde se presenta la participación porcentual de cada uno de los sectores en los estados fronterizos con los Estados Unidos.

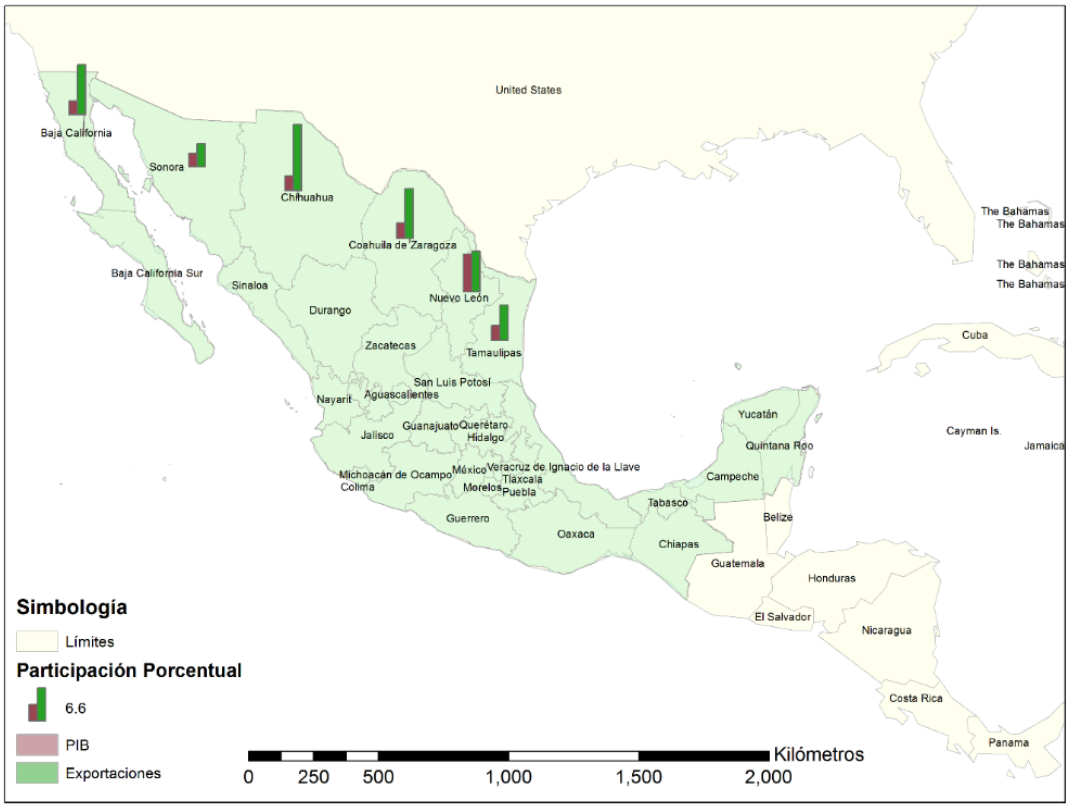
Figura 11. Participación porcentual del Producto Interno Bruto en los diferentes sectores.



Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Cuentas Nacionales 2008, INEGI

La vocación industrial del estado de Chihuahua, en lo fundamental bajo el esquema maquilador, tiene entre sus grandes implicaciones una predominante orientación de su producción a los mercados de exportaciones, se puede visualizar en el mapa de la Figura 12. Observando el mismo se llega a concluir que el estado de Chihuahua tiene más de 4.5 veces participación en el PIB maquilador que el promedio nacional. Este involucramiento en el sector externo se refleja no sólo en las exportaciones sino también en la inversión extranjera directa (IED) y en las importaciones lo cual implica que los beneficios de la actividad económica para la región sean compartidos con inversionistas provenientes de otras regiones.

Figura 12. Participación de la Industria Maquiladora.



Fuente: Elaboración propia con base en el Sistema de Cuentas Nacionales 2008, INEGI

El desarrollo de estas actividades por lo general es altamente demandante de mano de obra, por lo que el mercado de trabajo de la región tiene un alto dinamismo y las ciudades de la entidad se constituyen en destinos atractivos para los migrantes laborales de otras regiones de México.

8.2.2. Impacto Macroeconómico de las medidas de mitigación

La aplicación del Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica de Chihuahua (MMSD-Chih) permite simular los impactos macroeconómicos totales de las políticas de mitigación del CC y de GEI contenidas en el PECC-Chih.[25] El MMSD-Chih incluye en adición a los impactos directos abordados en el análisis microeconómico, los generados a partir de la incorporación de los mismos al flujo macroeconómico y temporal de bienes y servicios de la economía. En el siguiente cuadro, se presenta un resumen de los resultados del impacto sobre el Producto Interno Bruto Estatal (PIBE) de Chihuahua para los tres cortes de tiempo seleccionados (2017, 2020 y 2025), usando el análisis costo-beneficio (CBA, por sus siglas en inglés) y mediante el cálculo del Valor Presente Neto (VPN) al año 2017 considerando el período de análisis del 2017 al 2025.

Es conveniente utilizar el análisis CBA como una guía para evaluar las diversas opciones de políticas públicas de mitigación de los efectos del CC y de GEI en Chihuahua. El CBA consiste fundamentalmente en identificar y estimar monetariamente los costos y beneficios de las medidas de política pública de mitigación. Ello requiere considerar la valuación económica de diversos costos y beneficios en el tiempo usando una tasa de descuento apropiada. Es decir, debemos calcular el monto monetario en un punto en el tiempo del flujo monetario en un periodo determinado, dado una tasa de descuento que refleje el costo de oportunidad que sea apropiada para medir el valor presente neto (VPN).

El VPN de la variable clave PIBE para el 2017-2025 es positivo, lo que indica resultados favorables del análisis conjunto de las políticas de mitigación adoptadas, y alcanza una magnitud cercana a los 15,500 millones de pesos (en valores de 2008), con una evolución dominada en el corto plazo por valores positivos y crecientes y posteriormente hacia mediados del período presenta una disminución que se mantiene hasta el final del ciclo de análisis.

[25] En esencia la estructura propuesta del modelo MMSD-Chih puede expresarse por un conjunto de ecuaciones dinámicas en cuatro sub-modelos, las cuales están basadas en las relaciones de interdependencia entre las variables económicas (producto interno bruto total y por sectores), laborales (empleo total, por sectores y cohortes de edad), demográficas (población total, por cohortes de edades y migración) y ambientales (inventario de las emisiones de GEI emisiones y coeficientes de emisiones por sector económico) que han de ser consideradas y las que necesariamente reflejan la estructura socioeconómica y ambiental del estado de Chihuahua. Ello permitirá, no sólo describir el funcionamiento del sistema socioeconómico y ambiental de la entidad federativa, sino también, partiendo de la estructura interna del modelo y de resultados obtenidos de cada política de mitigación llegará a prever los impactos económicos totales de manera coherente y consistente con ciertos objetivos “deseables”. (Véase el MMSD-Chih en el capítulo III).

En el cuadro referido (Tabla 24), existen varios elementos que se deben destacar:

- Los impactos positivos más altos son logrados por la política RCI.13-Eficiencia energética en maquinaria del sector industrial.
- Los menores impactos asocian a las políticas del bloque de ES.
- Como política individual los menores impactos se obtienen de la política RCI-16, Eficiencia Energética en Motores del Sector Construcción.
- Los impactos generales están altamente asociados a los resultados de las políticas del bloque del sector RCI, en la política TDU.2-Conducción eficiente para conductores de camiones de carga, y en la producción y consumo de bioetanol (AFW.8/TDU.4).

De las estimaciones del conjunto de políticas de mitigación del CC y de GEI para Chihuahua, las opciones de mayores impactos positivos se asocian a políticas que promueven la eficiencia energética y se derivan de los estímulos positivos por la sustitución de maquinaria e iluminación del sector manufacturero y por el reacondicionamiento de viviendas en términos de su iluminación, mobiliario, equipamiento y aislamiento térmico.

Estas acciones generalmente significan una sustitución por bienes de mayor eficiencia energética que tienen el efecto inicial de incrementar la producción de maquinaria y equipo y a partir de los mismos se extiende el estímulo al resto de los sectores de la economía, los cuales proveen los insumos y las materias primas para los mismos. En general los efectos de estas políticas también generan ahorros en el uso de energía y combustibles, mismos ahorros que los diferentes agentes económicos invierten en incrementos del lado de la demanda de otros bienes y servicios de la economía que para ser satisfecha implican el incremento de la producción de los bienes y servicios de dichos sectores.

Tabla 24. Impacto de las políticas sobre el PEB del Estado (millones de pesos, 2008).

Políticas	Año de Corte			Rentabilidad de la Política (VPN)
	2017	2020	2025	
AFW.1	44.91	209.40	79.76	927.34
AFW.3	9.35	10.69	4.69	54.73
AFW.4	54.23	9.14	(2.63)	116.80
AFW.5	3.64	0.41	0.42	2.34
AFW.6	30.95	1.21	2.30	19.79
AFW.7	30.95	1.26	2.29	19.88
AFW.9	42.75	36.99	43.65	250.66
ES.1	40.64	52.68	23.91	263.43
ES.2	56.56	73.48	28.90	360.67
ES.3	1.29	1.68	0.98	8.92
ES.4	1.29	5.48	6.47	34.18
ES.5	51.89	65.17	34.08	336.00
RCI.1	99.64	89.78	73.01	586.65
RCI.2	1.64	1.37	2.79	12.23
RCI.3	61.46	126.24	125.47	724.83
RCI.4	18.05	29.38	27.96	171.74
RCI.5	2.17	4.08	2.36	20.19
RCI.6	130.07	193.11	111.34	995.55
RCI.7	118.91	188.22	126.13	994.83
RCI.8	27.24	34.21	29.04	197.54
RCI.9	36.72	35.11	42.09	247.45
RCI.10	1.45	2.02	0.94	10.12
RCI.11	1.51	1.93	1.18	10.43
RCI.12	0.13	0.16	0.05	0.76
RCI.13	206.82	306.19	169.41	1,593.97
RCI.14	173.27	164.72	199.65	1,177.58
RCI.15	13.49	21.40	13.92	115.41
RCI.16	0.01	0.05	0.11	0.41
TDU.1	72.02	98.13	29.79	455.23
TDU.2	16.89	254.83	2.21	765.41
TDU.3	10.48	22.37	6.70	82.47
TDU.4 + AFW.8	764.20	138.76	138.84	1,307.39
Total	**2,124.62**	**2,179.65**	**1,327.81**	**11,864.92**

Fuente: Elaboración propia con resultados del MMSD.

En la tabla 25, se presentan los resultados acerca de los impactos derivados de la aplicación de las PM con respecto a las variaciones del empleo en el estado de Chihuahua, considerando un periodo de análisis desde el año 2017 hasta 2025. Al respecto cabe destacar que gracias al MMSD se logró desagregar los impactos tanto en empleo directo y así como en empleo indirecto. En dicha tabla también se presenta el efecto agregado (tanto en valores absolutos y relativos) que cada uno los sectores representa respecto a la generación total del empleo.

Entre los principales hallazgos destacan los siguientes cuatro:

(1) En el periodo de análisis de 2017 a 2025, de aplicarse las 32 PM políticas en el estado de Chihuahua, se podrían generar 59,555 empleos tanto directos como indirectos (es decir un promedio anual de 7,444 empleos durante 8 años).

(2) Del total de los 59,555 empleos que se podrían generar con la totalidad de las PM, el 74% son empleos directos (es decir producto exclusivamente de la aplicación de la PM); mientras que el 26% son empleos indirectos (generados a partir de un efecto multiplicador de las PM en los otros sectores de la economía).

(3) Es relevante destacar que de un universo de 32 políticas analizadas, por su propia cuenta las 16 políticas del sector RCI tienen la capacidad de generar el 77% del total del empleo proyectado.

(4) Del total de las 32 PM analizadas, existen 3 políticas del sector RCI (RCI-3, RCI-13, RCI-14), que por sí solas tienen la capacidad de generar 26,448 empleos, es decir el 44% del total proyectado.

En general, los resultados obtenidos a diferencia de los valores presentados para el PIBE tienen un comportamiento ascendente para el período 2017-2025 con una ligera desaceleración hacia mediados del mismo y un incremento notable hacia el final.

El comportamiento para todo el período es mixto pues si bien en el corto plazo el incremento de los empleos es notable dado el incremento de la demanda y las necesidades de construcción de obras que implican algunas de las políticas, pero hacia el año 2020 al terminarse este estímulo el incremento en la eficiencia en la actividad económica genera una estabilización del crecimiento y una recuperación del crecimiento hacia finales del período de análisis.

Tabla 25. Impacto de las políticas sobre el empleo del estado (puestos de trabajo).

Sector	ID de política	Generación de empleos/ Período (2017-2025)			Generación de empleos totales por sector (2017-2025)	
		Total Directos	Total Indirectos	Directos + Indirectos	Total	Porcentaje
TDU+AFW	TDU.4 + AFW.8	2,391	838	3,229	**3,229**	**5%**
TDU	TDU.1	709	249	958	**3,335**	**6%**
	TDU.2	1,425	499	1,924		
	TDU.3	335	118	453		
ES	ES.1	466	164	630	**2,709**	**5%**
	ES.2	794	279	1,073		
	ES.3	24	8	32		
	ES.4	18	7	25		
	ES.5	702	247	949		
AFW	AFW.1	1,286	451	1,737	**4,583**	**8%**
	AFW.3	83	29	112		
	AFW.4	623	219	842		
	AFW.5	4	2	6		
	AFW.6	73	25	98		
	AFW.7	74	26	100		
	AFW.9	1,250	438	1,688		
RCI	RCI.1	1,701	596	2,297	**45,697**	**77%**
	RCI.2	295	103	398		
	RCI.3	4,520	1,584	6,104		
	RCI.4	875	307	1,182		
	RCI.5	126	44	170		
	RCI.6	2,907	1,019	3,926		
	RCI.7	3,742	1,311	5,053		
	RCI.8	1,300	456	1,756		
	RCI.9	1,692	593	2,285		
	RCI.10	29	10	39		
	RCI.11	18	7	25		
	RCI.12	7	2	9		
	RCI.13	7,682	2,692	10,374		
	RCI.14	7,383	2,587	9,970		
	RCI.15	1,562	548	2,110		
	RCI.16	2	0	2		
TOTAL		**44,097**	**15,458**	**59,555**	**59,555**	**100%**

Fuente: Elaboración propia con resultados del MMSD.

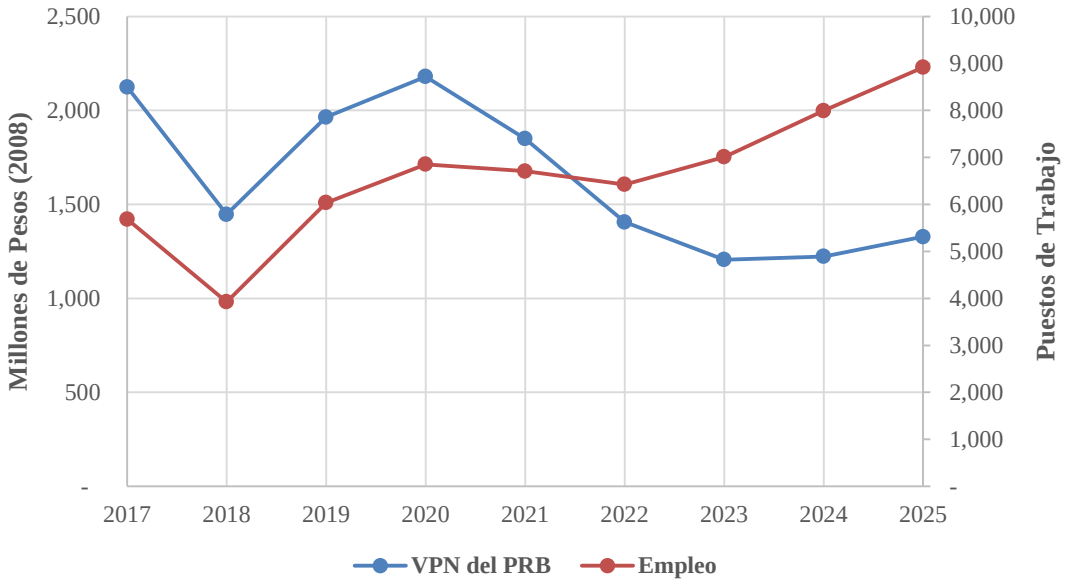
Nota: Esta tabla se encuentra en versión extensa en el anexo 3 en donde se incluye: tanto el nombre de la política, así como el impacto del empleo directo e indirecto en 3 periodos de análisis.

A nivel agregado, el impacto de las políticas de mitigación de CC y de GEI en el PIBE y el empleo se resume en la gráfica 28. En ella, se puede apreciar como luego de una disminución inicial, el comportamiento positivo en ambos indicadores se concentra hacia la primera mitad del período analizado.

- En el caso del PIBE se genera una disminución que podemos asociar a la ausencia del estímulo por la demanda de sustitución de equipamiento, mobiliario, adecuación térmica e iluminación por otros energéticamente más eficientes.

- En el caso del empleo, hacia finales del periodo, a partir del año 2020 a 2025 se comienzan a retomar los resultados positivos de la economía aunque ya con un cambio cualitativo en cuanto a las emisiones generadas por la actividad económica.

Gráfica 28. Impacto de las políticas en el PEB y en el Empleo de Chihuahua.



Fuente: Elaboración propia con resultados del MMSD.

8.2.3. Impacto Ambiental de las medidas de mitigación

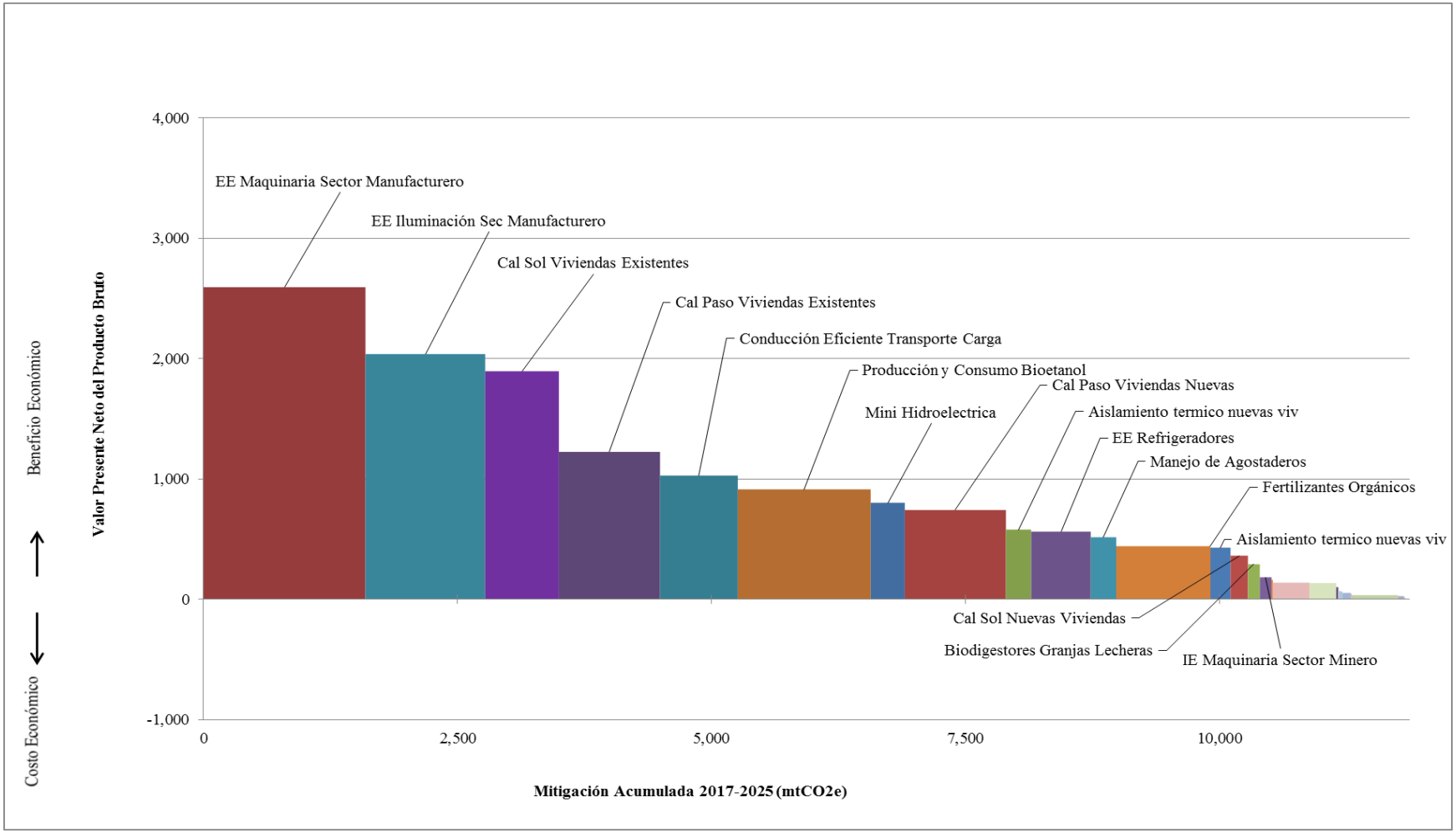
Para analizar el impacto que la implementación de las políticas tendría en el PIBE, se utilizó el VPN al año 2017 de ese indicador, ya que permite identificar si las inversiones que se realizarán en Chihuahua generarán beneficios o no a la economía estatal. En esos términos, como se comentó con anterioridad este valor alcanza los $11,864 millones de pesos del 2008 para todo el período de análisis (Tabla 24).

Los impactos macroeconómicos obtenidos para cada política, serían un indicador adecuado si el objetivo fuese sólo de tipo económico, sin embargo, lo que se busca es un doble beneficio donde

por un lado se tengan impactos positivos en la economía del estado y, por el otro se generen beneficios al ambiente mediante la reducción de emisiones de GEI en cada uno de los sectores.

La mitigación del CC y de GEI en cada sector y cada política ya se han analizado en los apartados previos, de ahí se observa que, no necesariamente existe una relación inversa entre reducción de emisiones y el VPN del PIBE. Sin embargo, es necesario analizar qué tanto se está reduciendo y los impactos que estas reducciones podrían tener para la economía del Estado, para hacer esa comparación se hace uso de una gráfica similar a la curva de abatimiento convencional, la diferencia es que en lugar del costos de efectividad en el eje de las ordenadas se tendrá el VPN del PIBE. Esta gráfica se muestra a continuación.

Gráfica 29. Abatimiento de mtCO2e y VPN del PIB de Chihuahua, valores acumulados al 2025.



Fuente: Elaboración propia con información de los resultados del análisis macroeconómico con el MMSD.

La gráfica proporciona una visión global de todas las políticas, así como, de sus impactos económicos y ambientales, en el eje horizontal se tiene el potencial de abatimiento por lo que una barra más ancha que la otra, representa mayores niveles de CO_2e abatidos. La altura, expresa el VPN del PIBE, y de izquierda a derecha se han ordenado los resultados de las políticas de mayor a menor impacto en la economía.

Se observa, que existen políticas que presentan grandes volúmenes de abatimiento con impactos positivos en la economía, como el caso de RCI.13-Eficiencia Energética en Maquinaria del Sector Industrial y RCI.14-Eficiencia Energética en Iluminación del Sector Industrial; Sin embargo, existen otras donde la cantidad abatida de CO_2e es significativa pero, al mismo tiempo, los efectos en la economía no lo son. El caso representativo de esta situación es RCI.3-Instalación de calentadores solares de agua en viviendas existentes y TDU.2-Conducción eficiente para conductores de camiones de transporte de carga, cuya suma de mitigación de GEI es de 2,924 mtCO2e, mientas que el VPN del PIBE es de $1,490.2 millones de pesos entre las dos políticas (Tabla 26).

En la siguiente tabla se observan los valores de las toneladas de GEI evitadas por cada política, así como, el resultado de cada una del VPN del PIBE.

Tabla 26. Impacto en la Mitigación y Rentabilidad de las Políticas.

Políticas	Título de la política	Mitigación y VPN del PEB	
		(mtCO2e) periodo 2017-2025	(VPN del PEB) (millones de pesos)
AFW.1	Fertilizantes inorgánicos por orgánicos	441.8	927.3
AFW.3	Mejoras en la silvicultura de la región forestal.	26.6	54.7
AFW.4	Biodigestores en granjas lecheras	291.0	116.8
AFW.5	Aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU	57.8	2.3
AFW.6	Biodigestor para la PTAR de Cd. Juárez	64.8	19.8
AFW.7	Biodigestor para la PTAR de Chihuahua	69.7	19.9
AFW.9	Manejo de Agostaderos	515.9	250.7
ES.1	Celdas Fotovoltaicas Concentradas para la Generación de Electricidad	134.7	263.4
ES.2	Celdas Fotovoltaicas Distribuidas en Edificios para la Generación de Electricidad	137.9	360.7
ES.3	Uso de Residuos Forestales para Generar electricidad, calor y vapor	41.5	8.9
ES.4	Generación de Electricidad con Gas Natural	3.2	34.2
ES.5	Micro-hidroeléctricas	802.8	336.0
RCI.1	Eficiencia Energética en Refrigeradores	562.9	586.7
RCI.2	Eficiencia Energética en Iluminación en Viviendas Existentes	161.7	12.2
RCI.3	Calentadores Sol. de Agua en Viv. Existentes	1,895.0	724.8
RCI.4	Calentadores Sol. de Agua en Nuevas Viv.	362.9	171.7
RCI.5	Calentadores Sol. en Hoteles y Restaurantes	101.1	20.2
RCI.6	Calentadores de Paso en Viviendas Nuevas	741.7	995.5
RCI.7	Calentadores de Paso en Viviendas Existentes	1,225.0	994.8
RCI.8	Aislamiento Térmico en Nuevas Viviendas	429.7	197.5
RCI.9	Aislamiento Térmico en Viviendas Existentes	579.2	247.4
RCI.10	Eficiencia Energética en el Sistema de Bombeo Agrícola	23.6	10.1
RCI.11	Sustituir Otros Combustibles por GN en el sector Industrial para generación de calor	7.1	10.4
RCI.12	Cogeneración en hoteles y establecimientos similares	1.6	0.8
RCI.13	Eficiencia Energética en Maquinaria del Sector Industrial Manufacturero	2,594.5	1,594.0
RCI.14	Eficiencia Energética en Iluminación del Sector Industrial Manufacturero	2,038.1	1,177.6
RCI.15	Intensidad Energética en maquinaria del Sector Minero	182.4	115.4
RCI.16	Eficiencia Energética en motores del Sector Construcción	0.2	0.4

TDU.1	Sustitución de autobuses de transporte colectivo	34.0	455.2
TDU.2	Conducción eficiente para conductores de camiones de carga	1,029.0	765.4
TDU.3	Programa de autos eficientes	53.0	82.5
TDU.4 + AFW.8	Producción y consumo de bioetanol en el sector transporte	914.0	1,307.4
Total		**15,524.4**	**11,864.9**

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados y su expresión en la gráfica anterior muestran el potencial de abatimiento que se tiene en Chihuahua, desde luego el impacto será mayor en la medida en que se apliquen políticas conjuntas, para lo cual se requiere la aceptación y aprobación por parte del gobierno de la entidad, así como el compromiso de empresas públicas y privadas y la aceptación de los consumidores.

Capítulo IX. Discusión de resultados

Los resultados del análisis microeconómico y macroeconómico de las políticas seleccionadas en esta etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica del PECC-Chih, son el producto de un proceso largo y laborioso, que inició con la elaboración del estudio *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y proyecciones de casos de referencia 1990-2025*, que publicó la COCEF en junio de 2010.

El siguiente paso es interpretar los resultados que se presentaron en el capítulo anterior, ¿Qué significado tienen la Curva de Costos de Abatimiento? ¿Cuáles son los beneficios que traería la implementación de las políticas que aquí se proponen? y ¿Cuál es el significado que tienen estos resultados para el Gobierno del Estado de Chihuahua?

En este capítulo se utilizarán los resultados obtenidos en el análisis microeconómico y macroeconómico para plantear un panorama de política pública en Chihuahua. De acuerdo a los resultados del análisis de las 33 políticas, se logró identificar tanto el potencial de mitigación (tCO_2e), así como el costo unitario de abatimiento ($MXN\$/tCO_2e$), en ese sentido, los criterios dominantes para la toma de decisiones son:

(1) El costo-efectividad de las políticas, es decir, qué tan rentable resulta la inversión necesaria para alcanzar el objetivo.
(2) El resultado del análisis acerca de cómo se estimula la economía en general, ante cada una de las políticas ante el reto de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

9.1 Acercamientos de política

De acuerdo a los resultados obtenidos para el Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua (PECC-Chi), destaca el hecho de que el 58% de la capacidad de mitigación de gases de efecto invernadero, se concentra en 5 de las 33 políticas analizadas.

1. Calentadores solares en viviendas existentes (RCI.3).
2. Calentadores de paso en viviendas existentes (RCI.7).
3. Eficiencia energética en maquinaria del sector manufacturero (RCI.13).
4. Eficiencia energética en iluminación del sector manufacturero (RCI.14).
5. Conducción eficiente en el transporte de carga (TDU.2)

En ese sentido, resulta indispensable reconocer que con tan sólo implementar cinco políticas, se obtiene poco más de la mitad del beneficio de que se pretende en el PECC para el Estado. También importante subrayar que las cinco políticas señaladas presentan costos negativos (ahorros), es decir, la inversión es recuperable a lo largo del tiempo.

Más detalle aún. Dos de esas cinco políticas (RCI.3 y RCI.7) presentan un contenido social importante, por estar dirigidas a auxiliar en su economía a hogares existentes, cuyo máximo consumo energético, en forma regular, es el calentamiento de agua para el aseo personal.

Otras dos políticas (RCI.13 y RCI.14) incidirán favorablemente en el sector industrial manufacturero, pues revelan ahorros importantes en el largo plazo para las industrias que mejoren su eficiencia energética modernizando su maquinaria e iluminación.

La quinta política (TDU.2) es propia del sector transporte, y muestra grandes ahorros en el largo plazo a través de un programa de muy bajo costo. El mensaje y/o reflexión que deja esta política es que en el sector transporte se puede lograr mayores dividendos apostándole a la planeación de largo plazo, y no sólo a los cambios tecnológicos que repercuten en beneficios comparativamente modestos.

Señalamos, por último, que, en materia de estimulación de la economía y generación de empleo, los resultados de la implementación de estas cinco políticas suman más del 50% de los potenciales 60 mil puestos de trabajo que generará en su conjunto el PECC-Chi, lo cual permite afirmar que son las políticas a las que mayor prioridad y atención debe dedicarle el gobierno de Chihuahua.

9.2 Particularidades por sector y por política.

Cada uno de los sectores analizados en el PECC-Chih cuenta con características muy peculiares, ya sea respecto a la generación de emisiones de GEI, aportación al PIB Estatal, viabilidad en la implementación de acciones para la mitigación de GEI, entre otros. A continuación se analizan los resultados obtenidos en el análisis microeconómico y macroeconómico divido por sector.

Sector ES

El sector Generación de Energía es el que presenta la mayor cantidad de emisiones de GEI, es por ello, resulta estratégica la implementación de acciones estratégicas, encaminadas a tratar de mitigar dicho problema. En la etapa de cuantificación del PECC-Chih, para el sector energía, se están proponiendo cinco políticas, las cuales podrían mitigar 281.66 mtCO2e en 2025, y 1,120 mtCO2e en el periodo de estudio (2017-2025). El promedio del costo de efectividad de todas las políticas del sector es de $211.40 pesos por toneladas de CO_2e reducida, y el Valor Presente Neto de $236.81 MDP por todo el sector.

En comparación con los resultados de mitigación de los otros sectores, las políticas de ES ocupan el segundo lugar (Ver tabla 23). La política que resulta más atractiva de este sector, en materia de mitigación y costos, es ES.5-Minihidroeléctricas, pues representa el 70% del

abatimiento total del sector, aunque tiene un costo de efectividad positivo ($64.58 pesos/t$CO_2$e) es el más bajo del sector. Los resultados del análisis macroeconómico muestran que en materia de empleos, ES.5 podría generar 949 empleos durante el periodo de estudio. Además, en materia de impactos en la economía de Chihuahua, esta política es la séptima más importante (Ver gráfica 28).

Sector RCI

RCI no es el sector con las emisiones de GEI más altas, pues Generación de Energía y Transporte ocupan el primer y segundo lugar, respectivamente. Sin embargo, es un sector estratégico para la implementación de acciones de mitigación de GEI. En el PECC-Chih, es en RCI donde se centra la mayoría de las políticas (16), y es donde hay mayor abatimiento (Ver tabla 23), porque las propuestas de RCI construyen ahorros y ofrece ganancias a todos los involucrados en materia de ahorro de energía.

Según los resultados del cálculo de mitigación, las 16 políticas propuestas podrían mitigar hasta 2,193 mtCO_2e en 2025, y 10,905 mtCO_2e en el periodo 2017-2025, lo que lo convierte en el sector con la capacidad de mitigación más alta. En RCI.3, RCI.7, RCI.13 y RCI.14 se centra el 71.8% de la mitigación total del 2025, y el 71.1% de la mitigación acumulada (2017-2025).

El cálculo de los costos revela que 15 de las 16 políticas presentan un costo de efectividad negativo, es decir, 94% de las políticas presentan ahorros. Aunque, RCI.3, RCI.4 y RCI.12 son los que presentan los ahorros más altos. Los resultados del análisis macroeconómico con el MMSD muestran que en el periodo de estudio todas las políticas de RCI podrían generar 45,700 empleos con un Valor Presente Neto de $6, 859,000.00 de pesos.

Con base en los resultados del análisis microeconómico (cálculo de mitigación y costos) y macroeconómico, RCI.3-Instalación de calentadores solares de agua en viviendas existentes, es la política más atractiva. Esta política podría reducir 390 mtCO_2e en 2025 y 1,900 mtCO_2e en el periodo de estudio (acumulado). Además tiene un costo de efectividad de -$2,262.82 pesos.

Sector TDU

El Sector Transporte de Chihuahua es el segundo más importante en cuanto a la generación de emisiones de GEI. Para el Sector de Transporte y Desarrollo Urbano (TDU) del PECC-Chih se propusieron 5 políticas, pero solamente se realizó el cálculo de cuatro de ellas.

Según el cálculo de mitigación, las políticas de TDU podrían mitigar 272 mtCO_2e en el año 2025, y 2,030 mtCO_2e en el periodo 2017-2025 (Ver tabla 23), lo que lo convierte en el tercer sector más importante, en cuanto al abatimiento de emisiones. Respecto a los costos,

tres de las cuatro políticas presentaron ahorros, ya que tienen un costo de efectividad negativo (Ver tabla 18).

Los resultados del análisis macroeconómico, arrojaron un potencial de generación de 6,564 empleos en todo el periodo de estudio (Ver tabla 25), donde AFW.8/TDU.4 es la que mayor empleos podría generar (3,229 empleos en todo el periodo), esto se debe a la instalación de la biorefinería que planea instalarse para la producción del bioetanol, lo que proporcionaría empleos a la población.

En materia de ahorros, de las cuatro políticas calculadas en el sector, TDU.2, TDU.3 y TDU.4 fueron las que presentaron los costos de efectividad negativo. Sin embargo, considerando ambas variables (costos y mitigación), TDU.2- *Conducción eficiente para conductores de camiones de carga* es la política más atractiva del sector, puesto que tiene mayor capacidad de mitigación (139 $mtCO_2e$ en 2025), y el mejor costo de efectividad, ya que presenta los ahorros más altos (-$4,186 pesos).

Los resultados del análisis macroeconómico muestran que TDU.2 podría generar hasta 1,924 empleos durante el periodo de estudio, aunque la mayoría se concentrarán en el año 2020. El Valor Presente Neto de esta política es de $765.4 millones de pesos.

Sector AFW

El Sector AFW es el que menos emisiones de GEI emite. Asimismo, en el PECC-Chih es el sector con la cifra de mitigación más discreta, pero son acciones concretas que proponen el aprovechamiento de recursos como el caso de las excretas bovinas (AFW.4), la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos (AFW.5), y los lodos residuales de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (AFW.6 y AFW.7).

En AFW se seleccionaron nueve políticas, pero no se consideraron los resultados de AFW.2 por su alto costo de efectividad, y AFW.8 se fusionó con TDU.4. De las siete políticas calculadas y consideradas dentro del sector, se estimó que para el año 2025, estas políticas podrían mitigar hasta 193 $mtCO_2e$; y 1,467.7 mtCO2e en el periodo 2017-2025 (Ver tabla 23).

Respecto a los costos, solo tres políticas presentan ahorros: AFW.4 (-$1,393.74 pesos), AFW.6 (-$1,046.46 pesos), y AFW.7 (-$1,075.85 pesos). Según los resultados del análisis microeconómico, las siete políticas de AFW podrían generar 4,583 empleos en todo el periodo de estudio, las políticas más destacadas son AFW.1 con 1,737 empleos y AFW.9 1,688 empleos

9.3 Implementación efectiva: opciones de financiamiento

Estrategia de Fideicomiso Estatal de Sustentabilidad Energética

Para superar las diferentes barreras de implementación económicas, financieras y tecnológicas de las diferentes medidas de mitigación que se plantean en este trabajo, es necesario desarrollar estrategias de cooperación y participación de todos los sectores productivos y actores institucionales involucrados con el desarrollo sustentable de Chihuahua. Cabe aclarar que para transitar de un escenario tendencial a otro escenario de mitigación en el período 2016- 2025, se requiere una participación activa de las empresas e industrias de energía como lo son la Comisión Federal de Electricidad, las compañías privadas generadoras de energía tanto de electricidad como gas licuado y gas natural, así como el sector gubernamental y la sociedad civil.

Una alternativa que, desde la perspectiva de este trabajo sería una innovación en materia de gobernanza del CC en México, es la creación de un fideicomiso estatal de sustentabilidad energética sin fines de lucro, en el cual participen el gobierno estatal y los gobiernos municipales de Chihuahua, Nacional Financiera y otros bancos de desarrollo que destinen financiamiento a nivel estatal, y organismos empresariales como la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación de Chihuahua y la Cámara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo de Chihuahua. Un organismo de esta naturaleza podría apoyar financieramente la implementación de las diferentes medidas de mitigación en Chihuahua cuya principal barrera es el alto costo inicial de dichas acciones, así como el desarrollo e innovación tecnológica en materia de energías limpias y eficiencia energética

Cabe señalar que en México se cuenta ya con una sólida trayectoria en este tipo de fideicomisos, ya que desde 1990 opera el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) cuyo objetivo principal es promover las acciones de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica. Reconociendo en toda su dimensión la relevancia que el FIDE ha tenido para el desarrollo sustentable del país, en este trabajo se señala que el tema de la relación entre energía, desarrollo y CC debiera incorporar de manera integral todos los tipos de energía y combustible, escenario que no contempla dicho organismo.

De la misma manera, el paso que ha significado la elaboración de un plan estatal de acción climática en Chihuahua, sustenta la idea que las diferentes estrategias y políticas de desarrollo sustentable deben contar con la participación activa de los actores e instituciones locales, elemento que fortalece una visión federalista en la cual se reconocen las particularidades y especificidades de las diferentes regiones del país, así como una mayor participación ciudadana.

En este sentido, la creación de un fideicomiso estatal de sustentabilidad energética debe iniciar con una convocatoria por parte del gobierno estatal para que los distintos gobiernos municipales, el sector privado y, en general la sociedad civil, discutan, participen y gestionen las acciones de mitigación propuestas en este trabajo e incluso acciones adicionales.

En el caso del sector RCI, por ejemplo, las acciones de eficiencia energética y uso de energías renovables pueden fortalecerse con un apoyo adicional (a nivel estatal y municipal) a la inercia que a nivel nacional se está observando ya con el nuevo marco normativo y legal (Véase capítulo V) de tal forma que se supere el alto costo inicial de dichas medidas. De la misma manera, la generación de electricidad con energías limpias y la utilización de calentadores solares requieren, además del financiamiento de los costos iniciales, aprovechar los mecanismos de desarrollo limpio y acciones de mitigación nacionalmente apropiadas (NAMIAs) que están operando a nivel global. En todos estos casos, un fideicomiso estatal de sustentabilidad energética como el que se está proponiendo en este trabajo tendría las capacidades humanas, técnicas y operativas que se requieren para gestionar e impulsar acciones de esta índole.

Vale la pena recordar en este punto que, de acuerdo a los resultados obtenidos en la XXI Conferencia de las Partes celebrada en París en 2015, los países desarrollados estarían en condiciones de fomentar mecanismos de transferencia tecnológica y apoyo financiero a los países en vías de desarrollo como es el caso de México. Este es un nuevo escenario global que puede aprovecharse para que los gobiernos estatales y municipales de México, como es el caso de Chihuahua, tengan mayores probabilidades de alcanzar un desarrollo económico bajo en emisiones.

Por último, es necesario reiterar que esta propuesta requiere de una participación seria, efectiva y responsable tanto del sector gobierno como de los sectores productivos y la sociedad civil. Más que pensar en estrategias verticales de gobernanza climática, quizás sea hora de facilitar mecanismos de participación horizontales en los cuales se discutan las problemáticas de desarrollo sustentable y CC, y se propongan acciones y políticas de mitigación como las que se elaboraron en este proyecto.

Fideicomiso Estatal para la Eficiencia Energética de Chihuahua

La importancia del Fideicomiso radica en que, además de ser una fuente de apoyo para proyectos de eficiencia energética, impulsa las actividades relacionadas con la misma. En el caso del PECC-Chih, esta implementación es posible ilustrarla con las políticas del sector RCI, que considera la participación del sector residencial, cuyo principal obstáculo para adoptar medidas de eficiencia energética es la falta de financiamiento.

Por ejemplo, para cumplir con la eficiencia energética en Refrigeradores (RCI.1), se requiere que cada hogar que adopte la medida cubra el costo de un refrigerador nuevo. Sin embargo, para la mayoría de las viviendas, no siempre es posible disponer de capital adicional para invertir en equipos que ayuden a reducir el consumo de electricidad; en estos casos cobra una enorme importancia la presencia del propuesto Fideicomiso estatal, que operaría financiando la adquisición de equipo.

Continuando con el ejemplo, para lograr el financiamiento se necesita crear un fondo que cubra el costo de los refrigeradores, si se considera un precio promedio por refrigerador de $4,000. 00 pesos, y se quiere aplicar la medida a nivel estatal considerando que el primer año necesitan 7 mil refrigeradores, la tarea del Fideicomiso estatal es captar los recursos monetarios necesarios para adquirir el total de refrigeradores, en este caso se requerirán 28 millones, además de ello es necesario establecer vínculos con productores de equipo electrodoméstico y con tiendas departamentales.

El objetivo de esos vínculos es ofrecer de forma indirecta el equipo, al mismo tiempo que se promociona la medida de eficiencia energética y se acerca al consumidor el producto, en este caso el refrigerador. La estrategia consiste en que, la adquisición se haga a crédito o de contado a través de las tiendas.

Para quienes compren vía crédito y para garantizar los pagos, el Fideicomiso estatal cobrará bimestralmente, a través del recibo de Luz, modalidad similar a la que opera para el Fideicomiso Nacional. Con ello se facilita sustituir refrigeradores o equipos de baja eficiencia energética, sin que el costo sea un obstáculo para hacerlo, ello debido al esquema que se ha descrito en este ejemplo.

Dese luego, esto no sólo aplica para adquirir refrigeradores, al tratarse de eficiencia energética en equipos de uso doméstico el Fideicomiso estatal funciona con la misma modalidad para políticas como: Instalación de Calentadores Solares de Agua (RCI.3 y RCI.4), Instalación de Calentadores de Paso (RCI.6 y RCI.7), Eficiencia Energética en Iluminación (RCI.2) y Aislamiento Térmico en Viviendas (RCI.8 y RCI.9). La ventaja de estas políticas es que influyen directamente en el sector residencial y, si se cuenta con las condiciones y facilidades, como la presencia del Fideicomiso estatal, se posibilita la implementación y el alcance de los objetivos.

Capítulo X. Conclusiones generales

La mitigación de gases de efecto invernadero conlleva beneficios múltiples y adicionales a reducir el calentamiento global. En el desarrollo de las políticas del PECC-Chi hemos estimado no sólo beneficios ambientales en materia de calidad del aire, y su impacto sobre la salud, sino que se han revelado un estímulo a la economía y la generación de casi 60 mil empleos en los 9 años de su implementación.

No obstante, en materia de CC, la **Ley General de Cambio Climático (LGCC)** es el instrumento de gestión de mayor jerarquía con que contamos en México para hacer frente a este fenómeno mundial. En su Artículo Transitorio Segundo señala:

> ***El país asume el objetivo indicativo o meta aspiracional de*** *reducir al año 2020 un treinta por ciento de emisiones respecto a la línea base; así como un cincuenta por ciento de reducción de emisiones al 2050 en relación con las emitidas al año 2011.* ***Las metas mencionadas podrán alcanzarse si se establece un régimen internacional que disponga de mecanismos de apoyo financiero y tecnológico por parte de países desarrollados hacia países en desarrollo entre los que incluye los Estados Unidos Mexicanos. Estas metas se revisarán cuando se publique la siguiente estrategia nacional.***

En ese marco nacional, el PECC-Chi no alcanza las metas planteadas en la LGCC. Tomando la mitigación de 2,940 mtCO_2e anuales proyectada para el año 2025 representa el 14.9% de las 19.67 MtCO_2e de las emisiones de GEI en el año base (2005). Es decir, la mitigación en el Estado de Chihuahua a partir de este paquete de 33 políticas alcanzará sólo la mitad de la meta aspiracional de 30% plasmada en la Ley para el 2020. En consecuencia, el Estado debe considerar la forma de profundizar la reconversión de la economía hacia más fuentes de energía renovable, tomando como inicio las medidas elegidas por la comunidad chihuahuense durante la primera etapa del PECC.

De igual forma, el Estado de Chihuahua no posee a la fecha proyecciones de emisiones de GEI más allá de 2025. Para efecto de trazar una estrategia de mayor profundidad, es fundamental contar con escenarios de emisiones, tanto el escenario de referencia (BAU) como el escenario de mitigación considerando las medidas que se han elegido ya.

Abreviaturas y Acrónimos

AFW	Agricultura, Silvicultura, y Gestión de Residuos
BAU	Business As Usual
BDAN	Banco de Desarrollo de América del Norte
CC	Cambio Climático
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COCEF	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población y Vivienda
DOF	Diario Oficial de la Federación
EL COLEF	El Colegio de la Frontera Norte
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ES	Suministro de Electricidad
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
GN	Gas Natural
GEI	Gases de Efecto de Invernadero
GLP	Gas Licuado de Petróleo
IGEI-Chih	Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Chihuahua
I-P	Insumo-Producto
IMIP	Instituto Municipal de Investigación y Planeación Juárez
IMPLAN	Instituto Municipal de Planeación Chihuahua
INE	Instituto Nacional de Ecología
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

JMAS	Junta Municipal de Agua y Saneamiento
LEAP	Long-range Energy Alternatives Planning System
LGCC	Ley General de Cambio Climático
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MIP	Modelo Insumo Producto
MMSD	Modelo Macroeconómico de Simulación Dinámica
NAMA	Acción Nacional Apropiada de Mitigación
NOM	Norma Oficial Mexicana
PCG	Potencial de Calentamiento Global
PdC	Planta de Compostaje
PE	Panel de Expertos
PEA	Población Económicamente Activa
PECC-Chih	Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua
PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PTAR	Planta de Tratamiento de Agua Residual
RCI	Residencial, Comercial e Industrial
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCIAN	Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte
SDR	Secretaría de Desarrollo Rural de Chihuahua
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
TDU	Transporte y Desarrollo Urbano
TT	Temas Transversales
UACH	Universidad Autónoma de Chihuahua
VAB	Valor Agregado Bruto
VBP	Valor Bruto de Producción
VPN	Valor Presente Neto

Tabla de Unidades

Clave	Nombre
CH_4	Metano
CO_2	Dióxido de carbono
GJ/año	Gigajoules por año
GWh	Gigawatt hora
ha	Hectárea
SF_6	Hexafluoruro de azufre
HFCs	Hidrofluorocarbonos
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
Kv	Kilovoltio
kWh/m^2/día	Kilowatt hora por metro cuadrado al día
mtCO_2e	Miles de toneladas de dióxido de carbono equivalente
MtCO_2e	Millones toneladas de dióxido de carbono equivalente
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
MXN	Peso Mexicano
MDP	Millones de Pesos
USD	Dólar estadounidense
m^2/habitante	Metros cuadrados por habitante
N_2O	Óxido nitroso
PFCs	Perfluorocarbonos
SF6	Hexafluoruro de azufre
TJ	Terajoule
tCO_2e/MWh	Toneladas de dióxido de carbono equivalente por megawatt hora
tCO_2e	Toneladas de dióxido de Carbono equivalentes
$/t$CO_2$e	Pesos por tonelada de dióxido de carbono equivalente

Bibliografía

Byden, B. J., 2009, "Towards a New Analysis of CAP Policy Options: Using System Dynamics to Model the Relationships between Agricultural Functions, Territorial Rural Development, and Policies" Bryden ESEE Congress, Lubljiana, Slovenia, June 2009.

COCEF-CCS-Gobierno del Estado de Chihuahua, 2010, Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chihuahua y Proyecciones de Casos de Referencia 1990-2025, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF)- Centro de Estrategias del Clima (CCS). En:

http://www.cocef.org/desarrollo-de-capacidades/publicaciones-e-informes/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-chihuahua-y-proyecciones-de-casos-de-referencia-1990-2025#.Vk99MfmrTIU (Consultado el 2 de febrero de 2015).

COCEF-EPA-ICMA, 2011, Guía para el aprovechamiento del gas metano en rellenos sanitarios, Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, Asociación Internacional de Administración de Ciudades y Condados (ICMA-Latinoamérica). En: http://biogas-iclei.pacmun.org.mx/wp-content/uploads/2013/04/g-Guia-Aprovechamiento-Gas-Metano-EPA-COCEF-ICMA-Julio-2011.pdf (Consultado el 28 de octubre de 2015).

CFE, 2015, Consumo mensual de electricidad por tarifa en el estado de Chihuahua, Documento no publicado y entregado por la Gerencia Comercial de la CFE, Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Clean Air Institute, 2013, Metodologías para la estimación de emisiones de transporte urbano de carga y guías para la recopilación y organización de datos, Washington, D.C.

Comité Estatal Sistema Producto Leche de Chihuahua, A.C., s/f, Principal problemática: Aspectos generales a todos los productores del sector", en: http://sdr.chihuahua.gob.mx/leche/ (Consultado el 20 de octubre de 2015).

Conabio, 2014, La biodiversidad de Chihuahua: Estudios de Estado, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), México, en: http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/Chihuahua_Final_Web.pdf (Consultado el 2 de noviembre de 2015).

Conagua, 2011, Agenda del agua 2030, Comisión Nacional del Agua (Conagua), en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Temas/AgendadelAgua2030.pdf (Consultado el 29 de octubre de 2015).

Conagua, 2012, Atlas: Uso del agua, Comisión Nacional del Agua (Conagua), en: http://www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua32.html (Consultado el 16 de octubre de 2015).

Conagua, 2013, Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación: Diciembre de 2013, en: http://www.cmic.org/comisiones/Sectoriales/infraestructurahidraulica/estadisticas/Estadisticas_2014-2018/Publicaciones-2014/Inventario%20Nacional%20de%20Planta%20Municipales%20De%20Potabilizaci%C3%B3n_SGAPDS-5-14.pdf (Consultado el 23 de octubre de 2015).

Conapo, 2015, México en cifras/Proyecciones de población 2010-2050, Consejo Nacional de Población y Vivienda (CONAPO). http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos (Consultado el 20 de agosto de 2015).

DOF, 2013, Decreto por el que se aprueba el Programa Sectorial de Energía 2013-2018, Diario Oficial de la Federación (DOF). http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326586&fecha=13/12/2013. (Consultado el 15 de septiembre de 2015).

DOF, 2014a, Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014-2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342503&fecha=28/04/2014 (Consultado el 8 mayo de 2015).

DOF, 2014b, Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014 (Consultado el 10 de abril de 2015).

DOF, 2014c, Programa Regional de Desarrollo del Norte 2014-2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5343108&fecha=30/04/2014 (Consultado el 28 de mayo de 2015).

Egglestor, S., 2006, Directrices del IIPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernaderos. Japón: IIPCC.

ENCC, 2013, Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40, Gobierno de la República, en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_est_nal_cc.pdf (consultado el 10 de octubre de 2015).

Escárpita, A., 2002, "Situación actual de los bosques de Chihuahua", *Madera y Bosques*, Vol. 8, Núm. 1, pp. 3-18, en: http://www.redalyc.org/pdf/617/61789901.pdf (Consultado el 20 de octubre de 2015).

Gobierno del estado de Chihuahua, 2010, Plan Estatal de Desarrollo 2010-2016: Desarrollo regional y competitividad, Gobierno del estado de Chihuahua, en: http://transparencia.uach.mx/planeacion/plan_estatal_desarrollo_2010-2016.pdf (Consultado el 19 de octubre de 2015).

Gobierno del Estado de Chihuahua-UACJ, 2012, Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado

de Chihuahua, Gobierno del Estado de Chihuahua-Universidad Autónoma de Ciudad Juárez-Semarnat, Primera edición.

Gobierno del Estado de Chihuahua, 2013, Programa de apoyo: Portafolio, Secretaria de Desarrollo Rural, en: http://www.ugrch.org/descargas/SDRProgramas.pdf (Consultados el 12 de octubre de 2015).

IMCO, 2011, Programa especial de cambio climático para el periodo 2012-2020 con acciones adicionales y análisis de potencial, Instituto Mexicano para la competitividad A.C. (IMCO), en: http://imco.org.mx/wp-content/uploads/2012/6/pnuma_documento.pdf (Consultado el 11 de octubre de 2015).

INE, 2010, La Investigación sobre el cambio climático, sitio web del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), en: http://cambioclimatico.inecc.gob.mx/investigacioncc/investigacionencc.html (consultado el 11 de octubre de 2015).

INEGI, 2000, Censos económicos 1999, Consulta interactiva de datos, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce1999/default.aspx (Consultado el 21 de septiembre de 2015).

INEGI, 2005, Censos económicos 2004. Consulta interactiva de datos. http://www3.inegi.org.mx/sistemas/saic/?evento=2004 (Consultado el 21 de septiembre de 2015).

INEGI, 2010, *Censos económicos 2009*. Consulta interactiva de datos. http://www3.inegi.org.mx/sistemas/saic/ (Consultado el 21 de septiembre de 2015).

INEGI, 2012, Cuéntame: monografías de Chihuahua, en: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chih/territorio/recursos_naturales.aspx?tema=me&e=08 (consultado el 11 de octubre de 2015).

INEGI, 2014, Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2013. Residuos sólidos urbanos.

INEGI, 2015a, Módulo de Condiciones Socioeconómicas (MCS) 2014, México: INEGI. Disponible en http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/modulos/mcs/mcs2014/default.aspx (Consultado el 23 de septiembre de 2015).

INEGI, 2015b, Censos económicos 2014. Consulta interactiva de datos. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ce/ce2014/default.aspx (Consultado el 21 de septiembre de 2015).

INEGI, 2015c, Sistemas de cuentas nacionales de México: Producto Interno Bruto por entidad federativa: año base 2008, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en:

http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/c_anuales/pib_ef/default.aspx (Consultado el 12 de octubre de 2015).

INE-Semarnat, 2003, *Avances de México en materia de cambio climático 2001-2002*, Instituto Nacional de Ecología (INE)-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/descarga.html?cv_pub=401&tipo_file=pdf&filename=401 (consultado el 9 de octubre de 2015).

Jurado *et al.*, 2013, Almacén y captura de carbono en pastizales y matorrales de Chihuahua, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)-Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH)- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/3975/CIRNOC_010208104500049709ok.pdf?sequence=1 (consultado el 12 de octubre de 2015).

PECC, 2014, Programa Especial de Cambio Climático, Semarnat, en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342492&fecha=28/04/2014 (consultado el 11 de octubre de 2015).

Ruiz, P., 2014, "Políticas de Mitigación de Cambio Climático en México: Un Análisis de Insumo-Producto" *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, Vol.5, Núm. 1, enero-abril.

Semarnat, 2009, *Cambio climático. Ciencia, evidencia y acciones*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/cambio_climatico_09-web.pdf (Consultado el 15 de octubre de 2015).

Semarnat, 2012, Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/685.pdf (Consultado el 13 de octubre de 2015).

Sener & AIE, 2011, Indicadores de eficiencia energética en México: 5 sectores, 5 retos México: Sener, Sener (Secretaría de Energía) y AIE (Agencia Internacional de Energía)

Sener, 2012, Información energética del estado de Chihuahua 2012. En: http://egob2.energia.gob.mx/portal/Informacion_Energetica/inicioAdm.html (Consultados el 11 de noviembre de 2015).

Sener, 2015, Generación bruta de energía eléctrica por entidad federativa, en: http://sie.energia.gob.mx/movil.do?action=cuadro&cvecua=IIIA1C01 (Consultado el 15 de noviembre de 2015).

SIAPa, 2015, Producción agrícola, Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera, en: http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/ (consultado el 12 de octubre de 2015).

SIAPb, 2015, Población ganadera, SIAP, en: http://www.siap.gob.mx/poblacion-ganadera/ (Consultada el 20 de octubre de 2015).

Treyz G., D.S. Rickman and G. Shoa, 1992,"The REMI Economic-Demographic Forecasting and Simulation Model", *International Regional Science*, Vol 14(3), pp. 221-253.

USAID, The Nature Conservancy y Socios, 2014, Diagnóstico sobre determinantes de deforestación y degradación forestal en zonas prioritarias en el Estado de Chihuahua, http://www.alianzamredd.org.mx/uploads/ckfinder_files/files/1%20-%20INFORME%20FINAL%20Diagnostico%20de%20Deforestacion%20Chihuahua.pdf (Consultado el 20 de junio de 2015).

Victor, P. and T. Jackson, 2013, "Developing a demographic sub-model and an Input-Output Structure for the Green Economy Macro-Model and Accounts (GEMMA) Framework. Final Report summated to CIGI-INET.

Agradecimientos

Agradecemos especialmente a la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del estado de Chihuahua por su disposición en la colaboración y confianza en El Colegio de la Frontera Norte para desarrollar este proyecto en coordinación con los expertos locales de las dependencias a su cargo.

Nuestro reconocimiento por su visión integradora de una estrategia ante el cambio climático en la región transfronteriza México-Estados Unidos, y especial agradecimiento por la confianza brindada para esta tarea a la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF).

Agradecemos el apoyo del Instituto Ambiental de Estocolmo por la asistencia brindada en el manejo del software LEAP, en especial a Taylor Binnington por su tiempo y apoyo técnico para el desarrollo del proyecto.

Reconocemos el esfuerzo de los miembros del Panel de Expertos locales de las diferentes instancias a nivel estatal y municipal, por brindar información puntual y asesoría del contexto y problemáticas del Estado de Chihuahua.

Anexos:

Anexo 1. Modelo insumo producto dinámico

Anexo 2. Proceso de selección de las políticas del PECC-Chih: etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica.

Anexo 3. Impacto de las políticas sobre el empleo directo e indirecto del estado de Chihuahua (2017-2025)

Anexo 4. Fichas técnicas-descriptivas de las políticas del PECC-Chih: etapa de cuantificación ambiental y socioeconómica.