

ACCIONES DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Autores: Gabriela Fuentes Braeuner¹, Edwin J. Castellanos², Marco Aurelio Juárez Calderón³
Autores contribuyentes: Carlos Mansilla M.⁴ y Óscar Estuardo Villagrán García⁴

¹ Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Universidad del Valle de Guatemala, gmfuentes@uvg.edu.gt

² Centro de Estudios Ambientales y Biodiversidad, Universidad del Valle de Guatemala, ecastell@uvg.edu.gt

³ Geotecnológica de Centroamérica, S.A., marco.aurelio.juarez@gmail.com

⁴ Consultores a nivel nacional e internacional

Forma de citar este capítulo:

Fuentes Braeuner, G., Castellanos, E. J., & Juárez Calderón, M. A. (2019).
Acciones de mitigación de gases de efecto invernadero.
En E. J. Castellanos, A. Paiz-Estévez, J. Escribá, M. Rosales-Alconero, & A. Santizo (Eds.),
Primer reporte de evaluación del conocimiento sobre cambio climático en Guatemala.
(pp. 264–297). Guatemala: Editorial Universitaria UVG.



Mensajes clave:

- A pesar de que Guatemala tiene una historia de más de veinte años en acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, los resultados no reflejan un impacto para reducir las emisiones del país. Existe un marco jurídico y avances políticos, pero las acciones van rezagadas.
- Se han desarrollado varios esfuerzos nacionales (Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas, Estrategia Nacional para el Abordaje de la Deforestación y Degradación de los Bosques en Guatemala) y locales (Proyectos REDD+, Mecanismos de Desarrollo Limpio, Verified Carbon Standard) que definen una ruta de acciones prioritarias, pero que requieren de su activación o fomento.
- Muchas acciones de mitigación (energía renovable, vehículos eléctricos, reforestación; deforestación y degradación evitada; fertilizantes mejorados; manejo de desechos sólidos) presentan beneficios adicionales que van más allá de la captura o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, haciendo estas actividades más importantes para el buen manejo ambiental del país.



RESUMEN

Guatemala emitió 31.40 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_{2\text{-eq}}$) en el año 2005, según el inventario nacional oficial; de este total de emisiones, cinco actividades generan tres cuartas partes: la conversión o corte de bosques para establecer cultivos o pastos para la ganadería (26 %), la quema de combustibles para el transporte de personas, productos y mercancías (18 %), el manejo y fertilización de los suelos agrícolas (14 %), el manejo del hato ganadero (9 %) y la quema de combustibles para la producción energética (9 %).

Las emisiones de Guatemala son muy bajas si se comparan con las emisiones mundiales; la información del Banco Mundial indica que, al año 2012, equivalían al 0.06 % de las emisiones globales. Si son tan bajas, ¿por qué debemos mitigar? Porque la mitigación (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero) es la única forma de abordar la causa del calentamiento global y del cambio climático a largo plazo. Pero adicional a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la mayoría de las acciones de mitigación generan otros beneficios o cobeneficios, que pueden contribuir a reducir la vulnerabilidad y mejorar la adaptación del país. Por ejemplo, al reducir la deforestación y la degradación de los bosques, se obtienen impactos positivos, como la reducción de la erosión de los suelos, el mantenimiento de la capacidad de regulación del ciclo del agua y la protección de la diversidad biológica, por citar algunos beneficios.

Guatemala, como signatario del Acuerdo de París, está comprometido a reducir sus emisiones. En ese sentido, propuso una Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) con el compromiso de reducir, con recursos propios, el 11.2 % de las emisiones de GEI proyectadas al año 2030 y, en el caso de contar con apoyo técnico y financiero internacional, podría comprometerse a reducir hasta el 22.6 % de las emisiones para el mismo periodo.

Guatemala tiene una historia de más de 20 años en acciones de mitigación, pero los resultados obtenidos no han logrado reducir la tendencia de las emisiones de GEI de forma sustancial. Los principales avances se observan en el ámbito político, con la instalación del Consejo Nacional sobre Cambio Climático (CNCC) y la elaboración del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC). A la fecha, sin embargo, este documento no ha podido orientar la política pública y, especialmente, las asignaciones presupuestarias necesarias para abordar la temática de cambio climático.

Adicionalmente se han desarrollado otras propuestas nacionales, como la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero; las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA, por sus siglas en inglés), de uso sostenible y eficiente de leña y ganadería sostenible; la Estrategia Nacional para el Abordaje de la Deforestación y Degradación de los Bosques; y otras acciones de carácter local. Entre estas últimas, sobresalen los proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+) y proyectos inscritos en el mercado regulado (Mecanismo de Desarrollo Limpio) o en los mercados voluntarios (como Verified Carbon Standard, VCS).



CONTENIDO

12.1	¿Por qué debemos mitigar?.....	268
12.2	Desarrollo histórico de los procesos de mitigación nacionales.....	268
12.3	Gasto nacional en cambio climático.....	274
12.4	Opciones de mitigación por sector.....	274
12.4.1	Sector de la energía.....	274
12.4.1.1	Industria energética.....	274
12.4.1.2	Transporte: uso de etanol como combustible.....	277
12.4.1.3	Otros subsectores: uso de leña.....	279
12.4.2	Sector de procesos industriales y uso de productos.....	280
12.4.3	Sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.....	280
12.4.3.1	Subsector de agricultura: fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra	280
12.4.3.1.1	Industria azucarera.....	281
12.4.3.1.2	Industria del café.....	282
12.4.3.1.3	Industria de palma de aceite.....	283
12.4.3.1.4	Industria bananera.....	284
12.4.3.2	Subsector de la ganadería.....	284
12.4.3.3	Subsector del cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS).....	286
12.5	Impactos y beneficios.....	289
12.6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	292

12.1 ¿Por qué debemos mitigar¹?

Esta es una pregunta recurrente en los foros donde se aborda la problemática del cambio climático en países como Guatemala, principalmente cuando se hace una revisión de las pérdidas y daños sufridos por eventos extremos que se asocian a los cambios del clima, y se contrasta contra la baja contribución en las emisiones mundiales. Esta situación se define en el principio de «responsabilidades compartidas pero diferenciadas» que rige la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Todos somos responsables de atacar el problema de contaminación, aunque nuestras responsabilidades son diferentes porque nuestras contribuciones a la contaminación mundial son muy bajas.

Las evaluaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) indican que, al 2017, las temperaturas medias mundiales superaron en $1.1\text{ °C} \pm 0.1\text{ °C}$ a las temperaturas de los años de la era preindustrial (alrededor del año 1750). Aunque el 2017 no fue tan cálido como el 2016 (año récord), es uno de los tres años más calientes desde que se tienen datos y lo más importante fue que ese año no tuvo la influencia del fenómeno de El Niño (OMM, 2018a) (Capítulo 2). La mayor parte de la comunidad científica internacional coincide en que el aumento de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) son el principal responsable del aumento de las temperaturas medias mundiales (IPCC, 2014b) (Capítulo 1).

En el 2017, estas concentraciones llegaron a niveles de $405.5 \pm 0.1\text{ ppm}^2$ de dióxido de carbono (CO_2), $1859 \pm 2\text{ ppb}^3$ de metano (CH_4) y $329.9 \pm 0.1\text{ ppb}$ de óxido nitroso (N_2O), niveles que representan un aumento del 146 %, 257 % y 122 % respectivamente, con relación a las que se encontraban en la era preindustrial (OMM, 2018b). Este aumento en las concentraciones de GEI se debe principalmente al desarrollo de actividades humanas, que incluyen el

uso de combustibles fósiles, la producción agropecuaria, el cambio de uso de la tierra y la generación de desechos, por citar algunos casos.

De los análisis realizados para determinar cómo atender el cambio climático, se han encontrado dos opciones: la primera, por medio de acciones de adaptación (sección 2), las cuales se enfocan en reducir la vulnerabilidad de las personas, sectores productivos o ecosistemas a los cambios en los patrones climáticos; y la segunda, por medio de la mitigación, que consiste en reducir o compensar las emisiones de GEI. Para poder limitar el calentamiento global, y de esta forma minimizar los impactos del cambio climático, es necesario reducir sustancialmente las emisiones de GEI a la atmósfera. Esta es la razón principal por la cual las diferentes sociedades mundiales (gobiernos, industrias, empresas, autoridades locales, hogares y sector académico y científico) deben realizar sus mayores esfuerzos, dependiendo de sus capacidades y responsabilidades, para modificar sus hábitos y reducir al máximo sus emisiones de GEI. De esta manera, se lograría estabilizar las concentraciones atmosféricas de GEI, frenar el aumento de las temperaturas y limitar el cambio climático.

Sin embargo, la mitigación de GEI no solo aporta beneficios al clima, sino también a la sociedad local como se describe más adelante (Impactos y beneficios).

12.2 Desarrollo histórico de los procesos de mitigación nacionales

En virtud de que el cambio climático es un problema de alcance mundial, necesita también una respuesta mundial que integre los intereses y necesidades de todos los países. Esto implica que las medidas de mitigación implementadas en cada país dependerán de sus responsabilidades y capacidades particulares. Desde su entrada en vigor en 1994, la CMNUCC ha contribuido de forma decisiva a abordar el cambio climático y la necesidad de reducción de emisiones de GEI. El objetivo último de la CMNUCC, de la cual son signatarios prácticamente todos los países, es estabilizar las concentraciones de GEI en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático.

¹ Mitigación es la intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero (IPCC, 2014a)

² Partes por millón

³ Partes por billón (1 billón = 1000 millones)

A nivel internacional, la convención es la encargada de establecer las normas, lineamientos y medidas relativas al cambio climático con el fin de que los países reduzcan sus emisiones de GEI y se creen las capacidades nacionales para hacer frente al cambio climático (UNFCCC, 2007).

Como país signatario de la CMNUCC, Guatemala se comprometió a unirse a los esfuerzos globales de mitigación o reducción de emisiones de GEI (MARN, 2015). En cumplimiento de este compromiso que ha asumido en el marco de la convención, Guatemala ha realizado significativos avances para afrontar el cambio climático desde el punto de vista de la mitigación en los diferentes sectores económicos.

Una de las primeras acciones nacionales fue la creación de la Oficina Guatemalteca de Implementación Conjunta (OGIC) en 1996, que fue ratificada en 1997 (Acuerdo gubernativo 474-97, 1997) como Comisión Nacional de Implementación Conjunta. Sus principales actividades incluían i) colaborar en la identificación y definición de políticas nacionales y sectoriales para el aprovechamiento de proyectos de Implementación Conjunta (IC) y de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL); ii) desarrollar mecanismos financieros para la canalización nacional de proyectos y actividades de IC y de MDL; iii) establecer los criterios nacionales para la aprobación de proyectos de IC y de MDL; y iv) aprobar proyectos y actividades nacionales de IC y de MDL.

La OGIC fue conformada por representantes del Ministerio de Energía y Minas (MEM), del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN, en ese tiempo Comisión Nacional de Medio Ambiente [CONAMA]), Fundación para el Desarrollo de Guatemala (FUNDESA), Asociación Nacional de Organizaciones No Gubernamentales de Recursos Naturales y Medio Ambiente (ASOREMA) y un representante de todas las universidades del país.

El Gobierno de Guatemala designó al MARN como la autoridad nacional encargada del MDL, definido en el artículo 12 del Protocolo de Kioto de la CMNUCC, los Acuerdos de Marrakech y decisiones subsiguientes (Acuerdo gubernativo 388-2005, 2005). También establece que corresponde al MARN el cumplimiento de las políticas gubernamentales relacionadas con el MDL en Guatemala de acuerdo con los lineamientos establecidos en la constitución política del país, acuerdos internacionales y normas ordinarias vigentes. A partir de esta designación, por medio del Acuerdo Ministerial 477-2005 (MARN, 2005), se creó la Oficina Nacional de Desarrollo Limpio y se definieron sus objetivos, funciones e integración. Además, en este acuerdo ministerial se emitió el Reglamento para la Solicitud, Análisis, Valoración y Aprobación Nacional de los proyectos que apliquen al MDL (MARN, 2005).

Actualmente, el país cuenta con una Política Nacional de Cambio Climático a través del Acuerdo Gubernativo 329-2009 (MARN, 2009) y una Ley Marco de Cambio Climático desde 2013 (Decreto 7-2013, 2013). Asimismo, el Plan Nacional de Desarrollo K'atun Nuestra Guatemala 2032, en el marco de las metas vinculadas al tema del cambio climático, establece que las emisiones de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_{2\text{-eq}}$) per cápita deberán de estabilizarse en 2.50 toneladas. Para 2005, se contaba con emisiones de 2.11 toneladas de $\text{CO}_{2\text{-eq}}$ per cápita de acuerdo con el último inventario nacional de GEI del país (CONADUR, 2014) (Capítulo 11).

En el contexto de la Ley Marco de Cambio Climático, se ha generado una serie de instrumentos jurídicos y técnicos e instancias de gobernanza en la materia, que han permitido al país avanzar en la implementación de acciones de mitigación del cambio climático (MARN, 2016) (Cuadro 12-1).

Cuadro 12-1 Instrumentos multisectoriales a nivel nacional para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero

Instrumento	Entrada en vigencia
Política Nacional de Cambio Climático (Acuerdo Gubernativo 329-2009)	2009
Ley Marco de Cambio Climático (Decreto 07-2013)	2013
Plan de Desarrollo K'atun Nuestra Guatemala 2032	2014
Contribución Determinada a Nivel Nacional	2015
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático	2016
Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	2018

Nota: Únicamente se listan los instrumentos que son transversales a todos los sectores contemplados en la mitigación del cambio climático. Elaboración propia, basado en CNCC (2016), CONADUR (2014), Decreto 7-2013 (2013), Gobierno de Guatemala (2015, 2018a), MARN (2009) y USAID (2013).

Como parte de estos instrumentos, el país cuenta con el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), aprobado por el CNCC en el 2016, el cual presenta acciones prioritarias para reducir las emisiones de GEI en los sectores de energía (transporte, industria manufacturera y construcción, industria energética, y los sectores residencial y comercial), procesos industriales, desechos, agricultura y uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. El plan tiene como fin orientar a la institucionalidad pública y a los diferentes sectores del país para implementar acciones enfocadas al cumplimiento de objetivos y resultados en el contexto de la Ley Marco de Cambio Climático. Pretende, además, que se armonicen, coordinen e interactúen diversas iniciativas y esfuerzos de relevancia nacional para lograr la reducción de emisiones (CNCC, 2016).

Otro instrumento de importancia para el país es la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (EDBE) (Gobierno de Guatemala, 2018a), la cual se derivó de los compromisos adquiridos en la Conferencia de las Partes de la CMNUCC celebrada en el 2010 en Cancún, México. A raíz de esto, Guatemala firmó con el Gobierno de los Estados Unidos de América un memorando de entendimiento y plan de trabajo conjunto para el periodo 2013-2018. Este proceso fue desarrollado por el proyecto Desarrollo con Bajas Emisiones financiado por la Agencia de los Estados Unidos de América para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés). La creación de la EDBE fue un proceso desarrollado en varias etapas:

- 1) presentación de la línea base y visión del sector;
- 2) presentación de las opciones de políticas (posibles acciones de mitigación) y criterios de priorización;
- 3) priorización de políticas;
- 4) revisión y validación de las políticas diseñadas;
- 5) análisis microeconómico de las políticas;
- e) integración de políticas de los sectores y análisis macroeconómico. Los sectores que se priorizaron para hacer este trabajo fueron: a) energía, b) transporte, c) actividades residenciales, comerciales e institucionales, d) industria, e) agricultura, f) uso de la tierra y silvicultura, y g) desechos.

El objetivo de la EDBE, lanzada oficialmente el 14 de noviembre de 2018, es desvincular las emisiones de GEI del crecimiento económico del país a través de los sectores de la economía nacional. Como resultado de esta estrategia, el Gobierno de Guatemala cuenta con un listado priorizado de políticas de reducción de emisiones en los diferentes sectores, lo que permite contar con 43 opciones productivas sostenibles (RTI & Proyecto de USAID Desarrollo con Bajas Emisiones, 2017). Estas opciones poseen un potencial de reducción considerable y, además, permiten sostener la economía de todos los sectores productivos del país (MARN, 2016). Es importante mencionar que, para 12 de estas opciones de mitigación, se han identificado consideraciones de género (RTI & Proyecto de USAID Desarrollo con Bajas Emisiones, 2017)⁴

⁴Debido a que la EDBE fue lanzada recientemente, muchas de estas opciones se encuentran a nivel de propuesta, por lo que no se abordarán en este reporte. Se sugiere consultar la página <http://desarrolloconbajasemisiones.org>.

En adición a lo anterior, como parte del proceso de construcción de la estrategia, se generó una curva de costo marginal de abatimiento (MACC, por su sigla en inglés) para el periodo 2019-2050 (Figura 12-1). Esta curva es una forma gráfica de representar el potencial de reducción de una acción y su costo-efectividad, que expresa el costo o ahorro requerido para reducir una tonelada de CO_{2-eq}. Las barras por debajo del eje horizontal representan un ahorro económico por cada tonelada reducida, mientras que

una barra por encima del eje requiere una inversión neta para reducir emisiones. Entre más ancha sea la barra, mayor será el potencial de reducción de emisiones en esa acción. Es importante notar que una curva MACC solo contiene información sobre reducciones y costo-efectividad, pues no contempla otros cobeneficios que podría tener una acción en cuanto a mejorar la resiliencia, apoyar la salud pública o fortalecer el cumplimiento de un marco legal.

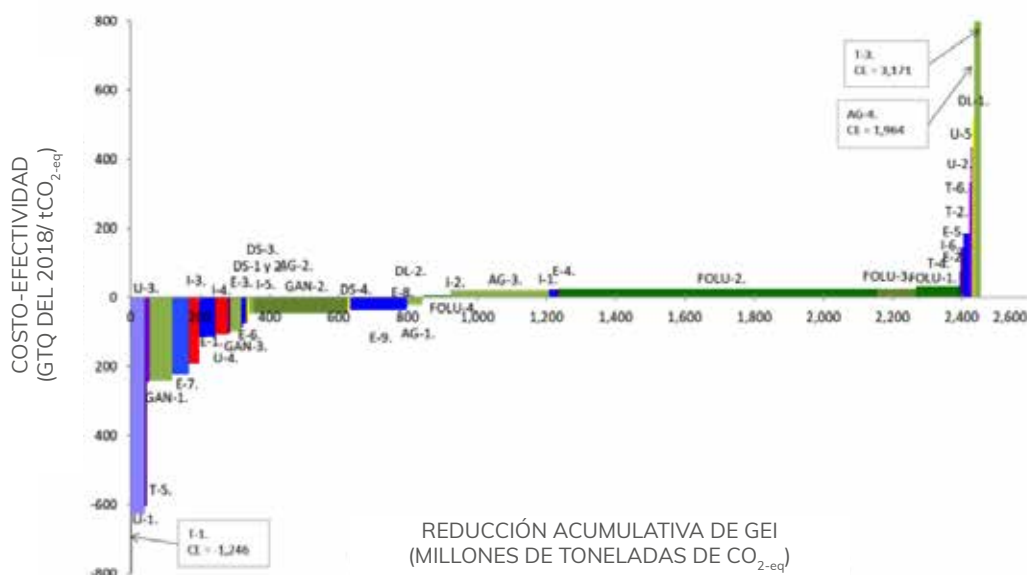


Figura 12-1 Curva de costo marginal de abatimiento para el periodo 2019-2050. Esta gráfica representa el potencial de reducción de una acción y su costo-efectividad, que expresa el costo o ahorro requerido para reducir una tonelada de dióxido de carbono equivalente (CO_{2-eq}). Las barras por debajo del eje horizontal representan un ahorro económico por cada tonelada reducida, mientras que una barra por encima del eje requiere una inversión neta para reducir emisiones. Entre más ancha sea la barra, mayor será el potencial de reducción de emisiones en esa acción. Tomado de Gobierno de Guatemala (2018a).

Adicional a estos esfuerzos de carácter nacional, algunos sectores del país han generado instrumentos económicos orientados a la mitigación, usando herramientas tanto en el mercado regulado como en el voluntario. Dentro del mercado regulado, desde la adopción del Protocolo de Kioto en 1997, el país se ha mantenido muy activo e interesado en promover y ejecutar proyectos para el MDL, el cual permite que países en desarrollo certifiquen sus reducciones de emisiones de GEI y puedan vender dichos certificados a los países industrializados con compromisos de reducción de emisiones. Guatemala ha logrado registrar 16 proyectos dentro del MDL, los cuales

permiten una reducción aproximada de 1.17 millones de tCO_{2-eq}/año (CDM, 2018) (Cuadro 12-2).

En cuanto al mercado voluntario, Guatemala cuenta con siete proyectos que se encuentran desarrollados y registrados dentro del Verified Carbon Standard (VCS). Estos proyectos tienen un potencial de reducción de emisiones de 2.50 millones de toneladas de CO_{2-eq} por año. El Cuadro 12-2 muestra la información específica para cada uno de estos proyectos, incluyendo el porcentaje de reducción de emisiones de cada tipo de proyecto, en relación con los 2.50 millones de toneladas de CO_{2-eq} por año (VCS, s/f).

Cuadro 12-2 Número y tipo de proyectos de Guatemala registrados en el mercado regulado y voluntario

Tipo de Mercado	Número de proyectos	Tipo de proyecto	Reducción anual de emisiones	Porcentaje de reducción
Regulado	11	Hidroeléctrico	876 500	75.2
	1	Eólico	82 900	7.1
	1	Geotérmico	83 000	7.1
	3	Reúso de biogás obtenido del proceso de aguas industriales residuales	123 000	10.6
Voluntario	3	REDD+ (Guatecarbon, Costa del Caribe y Lacandón)	2 353 000	92.6
	1	Agroforestería y restauración forestal	39 500	1.6
	2	Plantaciones de caucho natural	65 400	2.6
	1	Geotérmico	83 000	3.2

Nota: Cada proyecto se presenta con su respectivo aporte de reducción anual de emisiones presentadas en toneladas de dióxido de carbono equivalente al año (t CO_{2-eq}/año). Elaboración propia, basado en CDM (2018) y VCS (s/f).

En los últimos años han surgido varias entidades en Guatemala que permiten a empresas e individuos calcular su huella de carbono. En este esquema, las compañías calculan la cantidad de emisiones de GEI que emiten debido a la quema de combustibles fósiles, consumos de energía y otras actividades, y con base en esto implementan acciones para la reducción y compensación de parte de tales emisiones. Es importante mencionar que el país realizó esfuerzos por establecer una plataforma voluntaria ReduzCO₂, cuyo mercado objetivo era el sector privado, específicamente empresas que buscan medir su huella de carbono y compensar emisiones de GEI (MARN, 2015). Sin embargo, no hubo una implementación específica de proyectos después de su lanzamiento.

Para sistematizar las iniciativas y proyectos de mitigación existentes en el país, a mediados del 2014, el Gobierno de Guatemala lanzó la iniciativa Guatemala Huella Cero, la cual buscaba reunir bajo un concepto local todas las actividades, proyectos, programas y acciones realizadas por el sector público, sector privado, sociedad civil, cooperación internacional y academia, que impulsan la competitividad y el crecimiento social y económico sostenible a largo plazo, desvinculando la generación de emisiones de GEI (MARN, 2015). No fue posible darle seguimiento a esta iniciativa, pero representó un primer intento de

integrar en una sola plataforma la información de todos los proyectos de mitigación existentes en el país.

El país también ha presentado tres propuestas en el marco de las NAMA, abordando diversos sectores emisores, entre ellos el subsector ganadero, el sector de cambio de uso del suelo y el sector de desechos⁵. Asimismo, se encuentra actualmente elaborando una cuarta, sobre café. Las NAMA son acciones voluntarias realizadas por los países en vías de desarrollo para reducir emisiones de GEI, las cuales deben estar alineadas con políticas nacionales y sectoriales, y generar cobeneficios. Cualquier acción debe realizarse en el contexto de un desarrollo sustentable, de manera medible, reportable y verificable, y debe estar apoyada por financiamiento, tecnología y desarrollo de capacidades. Como parte del Acuerdo de Cancún (UNFCCC, 2011), la secretaría de la CMNUCC estableció un registro de las NAMA, en el cual se registra la información de las acciones propuestas por los países que buscan apoyo internacional en materia de financiamiento, desarrollo de tecnología y capacidades para implementar dichas acciones.

⁵ NAMA de Ganadería Sostenible, NAMA de leña y NAMA de gestión integral de residuos y desechos sólidos en las cuencas de los lagos de Amatitlán, Izabal y Peten Itzá.

Por último, es importante mencionar que Guatemala, como signatario del Acuerdo de París, que entró en vigor para el país el 24 de febrero de 2017, aprobado por el Congreso de la República (Decreto 48-2016, 2016) y ratificado por el presidente de la República el 5 de diciembre de 2016, realizó una propuesta de reducción de emisiones ante la CMNUCC en el marco de la NDC, la cual fue sometida a la convención en septiembre de 2015. La propuesta presentada por Guatemala se basa en la tendencia de las emisiones de GEI del país en el periodo 1990-2005, durante el cual se observó un incremento promedio de 0.90 millones de toneladas de CO_{2-eq} por año. Con esta información, se realizó una proyección de las emisiones entre los años 2005 y 2030, y se encontró que las emisiones se incrementarán de 31.45 millones de toneladas de CO_{2-eq} en 2005 a 53.85 millones de toneladas de CO_{2-eq} hacia 2030. Con base en estos datos, Guatemala se comprometió a reducir el 11.2 % de las emisiones GEI proyectadas al año 2030 (propuesta no condicionada, a realizarse con recursos propios), lo cual significa una reducción total de 6.04 millones de toneladas de CO_{2-eq} (Gobierno de Guatemala, 2015).

Asimismo, el país presentó una propuesta condicionada a la obtención de apoyo técnico y financiero necesario, proveniente de recursos internacionales públicos y privados, nuevos y adicionales, en donde se compromete a reducir hasta el 22.6 % de las emisiones proyectadas al 2030. Esto implica reducir las 53.85 millones de toneladas de CO_{2-eq} estimadas para el año 2030 a un valor de 41.66 millones de toneladas de CO_{2-eq} para ese año (Gobierno de Guatemala, 2015). El Cuadro 12-3 resume los compromisos presentados en la NDC de Guatemala.

Las contribuciones contenidas en la NDC fueron incorporadas al Plan Nacional de Desarrollo K'atun 2032 y articuladas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030, en cumplimiento de los mandatos de la Política Nacional de Cambio Climático, la Ley Marco de Cambio Climático y sus salvaguardas (art. 3), los derechos humanos, la equidad de género, los derechos de los pueblos indígenas y los principios reconocidos internacionalmente por el país (Gobierno de Guatemala, 2015).

Cuadro 12-3 Compromisos de reducción de emisiones, según lo presentado en el NDC de Guatemala

Propuesta NDC	Porcentaje de reducción de emisiones	Emisiones BAU en 2030	Emisiones en 2030 con las reducciones
No condicionada	11.2	53.85	47.81
Condicionada	22.6		41.66

Nota: Las emisiones del escenario tendencial (business as usual [BAU]) y con reducciones se muestran en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. NDC = Contribución Determinada a Nivel Nacional. Elaboración propia, basado en Gobierno de Guatemala (2015).

12.3 Gasto nacional en cambio climático

Actualmente, el gasto nacional en cambio climático es ejecutado por siete principales actores; cinco de ellos son instituciones del sector público (MARN, MAGA, Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], Instituto Nacional de Bosques [INAB], Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres) y dos pertenecen al sector privado (cooperación internacional y sector privado). Del total de gasto acumulado para el periodo 2014-2017 (GTQ 15 661.67 millones), el 84 % se destinó a acciones de mitigación y el 16 % restante a adaptación (Villagrán, 2017a).

El promedio anual del gasto público en mitigación asciende a GTQ 204.45 millones, con una tendencia a un incremento significativo en el presupuesto de 2017. El subsector con mayor volumen de este gasto corresponde al uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, con un 85.6 %; debido principalmente al programa de incentivos forestales (Villagrán, 2017b).

En cuanto al gasto privado en mitigación, la dimensión más importante la constituye el sector de energía (transporte, industria manufacturera y construcción, e industria energética residencial y comercial), con un promedio de GTQ 2607.47 millones, que por sí sola representa el 94 % del total.

Villagrán (2018) estimó que el costo total para llevar a cabo el PANCC para el periodo 2018-2032 asciende a USD 23 033.62 millones. De este monto, el 75 % del requerimiento es para inversión y el 25 % corresponde a gasto. Se estima que el componente de mitigación requiere de USD 6702.29 millones, que equivale a 29 % (Villagrán, 2017a).

En función del costo para el periodo 2018-2032, se muestran necesidades de financiamiento en el orden de USD 1379.41 millones anuales. Las dimensiones que muestran los mayores requerimientos son las siguientes: la gestión integrada de los recursos hídricos, con USD 767.04 millones anuales; infraestructura con USD 282.14 millones anuales; y uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, con requerimientos anuales de USD 214.68 millones. El total de requerimientos anuales para mitigación exige USD 142.09 millones. Este último valor está influenciado porque el sector de energía muestra un superávit en su financiamiento debido a la alta

participación del sector privado en dicho aspecto. Al descontar este valor, el total anual requerido por mitigación asciende entonces a USD 418.50 millones (Villagrán, 2018).

12.4 Opciones de mitigación por sector

12.4.1 Sector de la energía

Dentro del sector de la energía, se reconoce que las emisiones surgen como resultado de las actividades de combustión, o por la quema de los combustibles, y por escape sin combustión de los combustibles, como emisiones fugitivas. Estas se desglosan en cuatro subsectores: i) industria energética, ii) industria de manufactura y construcción, iii) transporte, y iv) otros sectores, que incluyen la quema derivada de las actividades comerciales e institucionales, las residenciales, y las emisiones de la agricultura, silvicultura, pesca y piscicultura (IPCC, 2006).

Derivado de la modernización del subsector eléctrico en Guatemala, que inició en 1996 con la promulgación de la Ley General de Electricidad (Decreto 93-96, 1996) y la promulgación de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable (Decreto 52-2003, 2003), se promovió el cambio de la matriz energética en el país, dando prioridad al uso de fuentes renovables, con lo que se ha logrado implementar acciones concretas en la reducción de las emisiones de GEI (MARN, 2015). A continuación, se presentan los principales esfuerzos realizados en el país.

12.4.1.1 Industria energética

En la década 2000-2010 el país logró incorporar a la matriz energética una gran cantidad de plantas que utilizan fuentes renovables, lo cual impactó positivamente en la reducción de las emisiones de GEI por la generación de energía eléctrica. Esto se logró debido a la prioridad que se le dio a la generación mediante fuentes de energías renovables⁶, frente a la generación con fuentes no renovables⁷ (Figura 12-2).

⁶ Dentro del rubro de energías renovables se incluye la generada por las plantas hidroeléctricas, geotérmicas, biomasa (bagazo de caña), plantas de generación fotovoltaica y eólicas.

⁷ Dentro del rubro de energías no renovables se incluye la generación por carbón mineral, bunker, diesel oil y orimulsión.

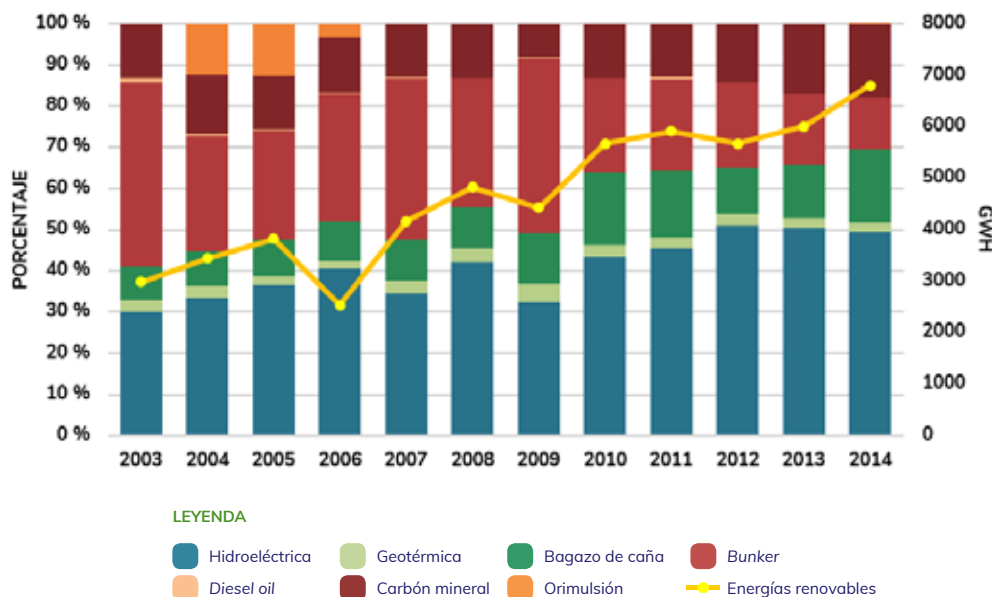


Figura 12-2 Evolución de la composición de la matriz energética de Guatemala para el periodo 2003 a 2014. Las energías renovables se presentan en colores azules y verdes, mientras que las no renovables en tonalidades rojas y naranja; y se expresan en gigavatios por hora (GWh, eje y derecho). El eje y izquierdo muestra la proporción en porcentaje de las energías renovables (línea amarilla), donde se muestra un incremento positivo. Elaboración propia, basado en MEM (2018c).

La búsqueda de una matriz energética con predominio de energías renovables ha sido uno de los bastiones de la Política Energética (MEM, 2013). Como resultado de esta política y de la implementación de los Planes Indicativos de Generación y Transmisión (MEM, 2016), se logró que la relación entre la generación con fuentes renovables y con fuentes no renovables aumentara de 44 % a 67 % del año 2005 al 2014. Estas acciones permitieron reducir considerablemente la dependencia y uso de combustibles fósiles en el país.

Otra acción de importancia para la reducción de las emisiones del sector energético es por medio del impulso de la eficiencia energética. Guatemala está proponiendo la implementación de un Plan Integral de Eficiencia Energética, que tendrá como objetivo «propiciar el ahorro y uso eficiente de la energía, contribuyendo con ello al desarrollo económico y social del país, así como a la preservación del medio ambiente». Si se implementan las medidas de este plan, el país tendría ahorros en el orden de los 1100 GWh en un periodo de 10 años (CNEE, 2018).

A pesar de los esfuerzos mencionados, a partir del año 2012, se ha incrementado el consumo

de carbón mineral en la generación de energía eléctrica mediante fuentes no renovables, pues se pasó de 494 000 toneladas consumidas en el 2011 a 1 803 000 toneladas consumidas en el 2016 (apartado 11.3.2. Sector energía, capítulo 11). Este cambio reciente en la matriz energética de Guatemala ha impactado en el aumento total de las emisiones de GEI del sector, con lo cual se invisibilizan los resultados de haber incorporado fuentes renovables en la generación del país.

En el año 2017, en cumplimiento del artículo 18 de la Ley Marco sobre Cambio Climático, el MEM, el MARN y la Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN) presentaron el Plan Nacional de Energía 2017-2032 (MEM, MARN, & SEGEPLAN, 2017), el cual está basado en la ejecución de tres ejes: i) aprovechamiento sostenible de los recursos renovables, ii) eficiencia y ahorro energético y iii) reducción de emisiones de GEI. Este último eje busca demostrar las cantidades de emisiones de GEI que se pueden reducir por sector, debido a la implementación de los dos primeros ejes, los cuales contribuirían a la mitigación de las emisiones de GEI (MEM et al., 2017) (Figura 12-3).

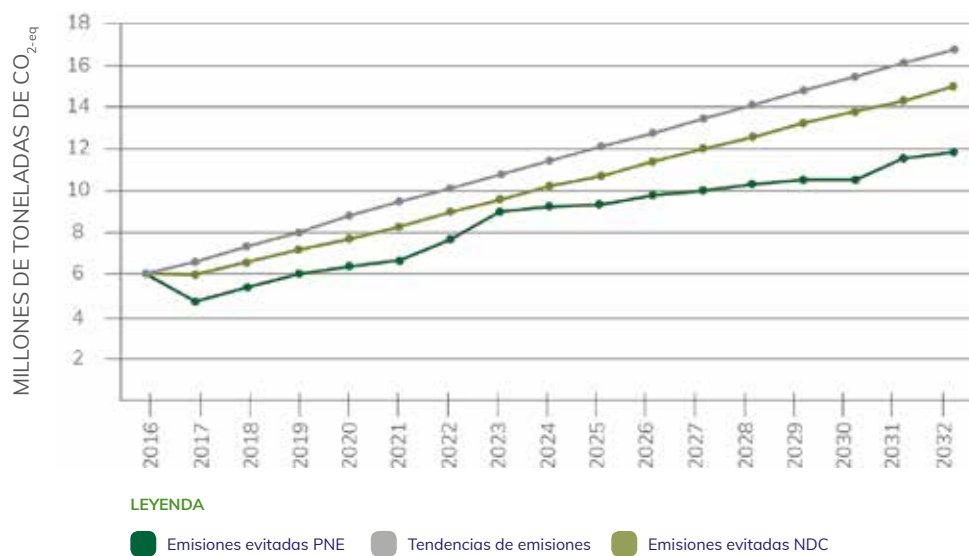


Figura 12-3 Tendencia de emisiones de GEI y reducciones propuestas por el Plan Nacional de Energía (PNE) 2017-2032. Las emisiones se expresan en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq). Se muestra una reducción de 29 % de las emisiones de GEI (línea verde oscuro) respecto a su escenario tendencial (línea gris), que a la vez superan el compromiso de reducción no condicionada de la NDC (Contribución Determinada a Nivel Nacional, línea verde claro). Adaptado de MEM et al. (2017).

Con la implementación de este plan, se espera una reducción de 29 % de las emisiones de GEI (línea verde oscuro de la Figura 12-3) respecto a su escenario tendencial (línea gris en la Figura 12-3). Estas reducciones equivaldrían a 4.91 millones de toneladas de CO₂-eq para el año 2032 (MEM et al., 2017). Con la implementación de este plan, Guatemala estaría dando un paso fundamental para el cumplimiento a la Contribución Determinada a Nivel Nacional, ya que este ahorro de emisiones superaría al compromiso de reducción «no condicionadas» (línea verde claro en la Figura 12-3).

Sin embargo, el Indicador de Desempeño Energético de dicho plan muestra que las emisiones de GEI por cada MWh demandado se incrementará levemente a futuro (Cuadro 12-4), dado que se considera la posible modificación de los patrones de lluvia en el país, lo cual tendrá impactos en la generación hidroeléctrica y, por tanto, alteraciones en la matriz energética a partir del año 2020 (MEM et al., 2017).

276

Cuadro 12-4 Indicador de desempeño energético 2012-2032

Año	Emisiones de GEI	Demanda de energía	Indicador de desempeño energético
2012	6.07	8.70	0.70
2013	5.96	9.27	0.64
2014	6.56	9.78	0.67
2015	7.16	10.30	0.70
2016	7.76	10.88	0.71
Meta 2020	6.46	11.41	0.57
Meta 2025	9.36	12.75	0.73
Meta 2032	11.91	16.15	0.74

Nota: En la segunda columna se presentan las emisiones de GEI (generación / consumo de energía) en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente por cada megavatio-hora (MWh) consumido. En la tercera columna la demanda de energía se expresa en millones de megavatios-hora. El Indicador de desempeño energético se expresa en toneladas de dióxido de carbono equivalente por megavatio-hora. GEI = gases de efecto invernadero. Tomado de MEM et al. (2017).

En la propuesta de la aplicación de la Política Energética, y con la finalidad de evaluar cómo este instrumento puede apoyar el cumplimiento de los compromisos adquiridos en su NDC, el MEM generó varios escenarios del impacto de la aplicación de las acciones de la política. Las acciones evaluadas

fueron lograr el 80 % de la generación de la matriz energética con energías renovables; mejorar la eficiencia del 25 % en el consumo de la industria; mejorar el 25 % de eficiencia en el sector de transporte, y la incorporación de la propuesta de transporte integrado⁸ (MEM et al., 2017) (Cuadro 12-5).

Cuadro 12-5 Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los escenarios tendenciales

Año / Escenario	Tendencial	NDC – Sector de la energía		Plan Nacional de Energía	
	Emisiones de GEI	Emisiones de GEI	Reducción	Emisiones de GEI	Reducción
2020	8.72	7.84	11.2	6.46	25.9
2027	13.45	12.09	11.2	10.04	25.3
2032	16.82	15.13	11.2	11.91	29.2

Nota: ELos valores se presentan en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente. La segunda columna muestra las emisiones bajo un escenario de tendencia actual sin ninguna intervención; las columnas que indican reducción se expresan en porcentajes. GEI = gases de efecto invernadero; NDC = Contribución Determinada a Nivel Nacional. Elaboración propia, basado en MEM et al. (2017).

Otras acciones para la reducción de emisiones de GEI relacionadas con el sector energético fueron identificadas en la Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones, de las cuales destacan cinco tipos de acciones (Gobierno de Guatemala, 2018a): i) mejora de hornos (con la finalidad de reducir el consumo de combustible para la generación de energía térmica); ii) mejora de calderas y otros equipos (para reducir el consumo de combustibles para energía térmica); iii) mejora de eficiencia energética (que busca reducir el consumo de energía eléctrica en el usuario final); iv) generación con fuentes renovables para autoconsumo (que busca reducir la demanda de energía eléctrica de la red); y v) recuperación de calor (que reduce las pérdidas de energía térmica y se reutiliza en otros procesos productivos). Estas acciones, que son costo-efectivas, están en fase de propuesta.

12.4.1.2 Transporte: uso de etanol como combustible

La propuesta del uso de etanol como mezcla de los combustibles no es nueva en Guatemala, pues se cuenta con antecedentes sobre el uso de este tipo de combustibles, que se realizaron en los años 80. Sin embargo, no fue posible encontrar la documentación de los resultados de esta experiencia. Posteriormente, en el año 1985, se promulgó la Ley de Alcohol Carburante (Decreto 17-85, 1985) y el Reglamento de la Ley de Alcohol Carburante (Acuerdo gubernativo 420-85, 1985), derivadas de las iniciativas que se tenían en ese momento. Sin embargo, diversos factores, como dificultades operacionales, caída de los precios del petróleo y la falta de una adecuada planificación, propiciaron la falta de continuidad de esta iniciativa, que, en términos generales, no llegó a la efectiva comercialización de los combustibles y mantuvo su disponibilidad al consumidor por poco tiempo (MEM, 2018b).

⁸ Sistema BRT (Bus Rapid Transit), Transmetro (UNFCCC, 2006).

A inicios del 2015, el MEM, con el apoyo de la Organización de Estados Americanos (OEA), el Gobierno Federal de Brasil y el Gobierno de los Estados Unidos de América, lanzó el proyecto piloto para la mezcla y uso de etanol en los combustibles de Guatemala. Este proyecto busca evaluar diferentes mezclas de etanol carburante en las gasolinas de la ciudad de Guatemala, evaluando tres niveles de mezcla: E5, E7 y E10⁹ (MEM, 2018b). Una de las principales razones por las cuales se implementó este plan piloto fue la generación de información local sobre los beneficios, impactos, desventajas, vacíos y aspectos técnicos que permitan proponer un proyecto de escala nacional. Se espera que con un proyecto de esta magnitud, se logre un ahorro en la balanza de pagos por importación de gasolinas de hasta USD 104 millones aproximadamente, que podría reducir la dependencia de combustibles importados¹⁰ y lograr una disminución de las emisiones de GEI, debido a la oxigenación de las gasolinas con alcohol carburante (MEM, 2014).

Entre los principales resultados que este plan piloto logró demostrar, se determinó un aumento en el octanaje de la gasolina en al menos 1.5 números con la mezcla E5 y hasta tres números con la mezcla E10¹¹. Esto se tradujo en un aumento de la potencia y torque de los motores en un 7 % con la mezcla E5 y un 13 % con la mezcla E10, sin evidenciar variaciones significativas en el rendimiento en km por galón de los vehículos empleados. Asimismo, se produjo una reducción en las emisiones evaluadas (NO, SO₂, CO y HC) y la más relevante fue la del monóxido de carbono (CO), con una reducción promedio del 79 % , que varió de 30 % a 90 % (MEM, 2015).

A pesar de que esta iniciativa ha sido estudiada en varias oportunidades, no ha sido implementada en el país por limitaciones que establece la legislación nacional. Desde el año 2006, existe una propuesta de modificación de la Ley de Alcohol Carburante en el Congreso de la República, que no ha logrado avanzar en su discusión y aprobación. Se espera que el Ministerio de Energía y Minas, como ente rector del tema, continúe con los análisis técnico-jurídicos para implementarla. Este tipo de iniciativas forman parte del segundo eje de la Política Energética, que persigue reducir la dependencia de los combustibles fósiles y la inclusión de combustibles alternativos. Con esto se espera mejorar la calidad del aire y la reducción de emisiones de GEI al limitar el uso de aditivos metálicos y promover el uso de aditivos orgánicos (MEM, 2013).

Se han estado estudiando otras opciones para mejorar el transporte masivo de personas, como los sistemas de transporte por cable (teleféricos), el sistema Metro Riel de superficie o los sistemas de metro subterráneo. Todas estas iniciativas se encuentran en fases iniciales de planificación (ideas o prefactibilidad), por lo que no se pueden considerar como propuestas hechas en firme.

Finalmente, se prevén reducciones de emisiones en este sector cuando los vehículos eléctricos empiecen a popularizarse en el país, como ya está ocurriendo en países desarrollados. Actualmente, se está apenas empezando a promocionar en Guatemala de forma muy limitada este tipo de vehículos, tanto para transporte personal como para transporte colectivo urbano. Este último sector podría ser el primero en experimentar con buses eléctricos, ya que la autonomía de distancia de esos vehículos los hace ideales para rutas urbanas.

⁹ Corresponde a la relación de la mezcla de etanol con la gasolina: E5 se compone de un 5 % de etanol y un 95 % de gasolina, y así sucesivamente.

¹⁰ Guatemala es un gran productor de etanol carburante (65 millones de galones al año), de dicha producción, casi un 90 % es exportado a mercados europeos y otros (ACR, 2015).

¹¹ Octanaje es la escala para evaluar el poder antidetonante de los carburantes, cuando estos son comprimidos en el cilindro que forma parte de un motor.

12.4.1.3 Otros subsectores: uso de leña

Una gran parte de los hogares guatemaltecos (64 % al año 2015) dependen directamente de la leña como fuente de energía para cocinar sus alimentos y para la calefacción; de este porcentaje, 67 % de los hogares se ubican en el área rural y el restante 33 % en el área urbana. Esta situación ha sido influenciada por el crecimiento poblacional, la pobreza, la falta de oportunidades económicas, la tradición, el costo relativamente bajo y libre acceso a la leña, y el costo elevado de posibles sustitutos (INAB, 2015). Más allá de la problemática ambiental derivada de esta actividad, se tiene el problema

de la afección a la salud humana causada por las partículas que respiran principalmente las mujeres y los niños cuando se utiliza la leña en fuegos abiertos sin un sistema de chimenea adecuado.

Los balances energéticos de Guatemala muestran que, de la oferta total de las energías primarias del país, la leña aporta el 69 %; este aporte fue de 64 % a 74 % para el periodo 2002-2017 (Figura 12-4). El 97 % de esta oferta energética es consumida a nivel residencial (periodo 2008-2017) y el restante 3 % se consume en el sector de comercio y servicios (MEM, 2017, 2018a).

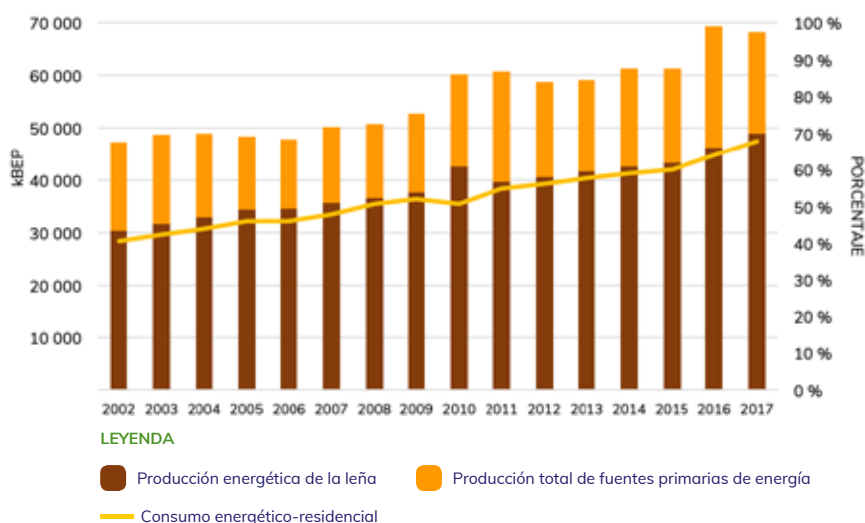


Figura 12-4 Evolución de la producción total de fuentes primarias de energía y la producción energética de la leña para el periodo 2002-2017. La producción de energía (eje y izquierdo) se expresa en miles de barriles equivalentes de petróleo (kBEP). El eje y derecho muestra la proporción (en porcentaje) de consumo energético a nivel residencial, que muestra una relación muy cercana con la producción energética de leña (barras de color café). Elaboración propia, basado en MEM (2017, 2018a).

Otra fuente de información sobre el consumo de leña en Guatemala es el estudio Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala (INAB, Iar-na-URL, & FAO/GFP, 2012), el cual determinó que la demanda anual de leña es de 28 millones de metros cúbicos, de los cuales el 85 % es demandada por las residencias rurales, el 13 % por las residencias urbanas y el restante 2 % por la industria. Este mismo estudio concluyó que se extraen 10 millones de metros cúbicos de leña por encima de la capacidad de crecimiento de los bosques naturales, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, lo cual hace que esta actividad sea insostenible a largo plazo por la deforestación y degradación de bosques resultante.

Ante esta situación, el Estado de Guatemala ha asumido la responsabilidad de garantizar los medios de vida de la población promoviendo el desarrollo a través de la operativización de políticas como la de desarrollo rural integral (CONIC, UNACMIC, & Gobierno de Guatemala, 2009), la energética (MEM, 2013), la forestal (MAGA, PAFG, INAB, & CONAP, 1999), la de cambio climático (MARN, 2009), la de seguridad alimentaria (Gobierno de Guatemala, 2005) y la agropecuaria (MAGA, 2016). Como resultado, se ha desarrollado la Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de Leña 2013-2024, que considera las líneas estratégicas siguientes: i) plataformas y arreglos institucionales, ii) producción sostenible de leña, iii) sistemas de uso eficiente de leña, iv) educación y v) extensión rural (INAB, 2015).

Con la implementación de la estrategia se espera alcanzar metas como 48 000 hectáreas de plantaciones y sistemas agroforestales con apoyo de los programas de incentivos forestales, que producirán aproximadamente 1.2 millones de metros cúbicos de leña anualmente. Asimismo, se espera promover el uso de tecnologías apropiadas para el uso eficiente de la leña, mediante asistencia técnica y financiera para establecer y supervisar 100 mil estufas mejoradas. Además, se proyecta reducir en un 25 % el déficit de leña a nivel nacional y beneficiar a 231 400 hogares, lo que equivale a 1.1 millones de beneficiarios (13 % de los hogares que actualmente usan fogones abiertos) (INAB, 2015). Sin embargo, a la fecha de este reporte, el INAB no ha publicado un informe oficial de los resultados de la implementación de los diferentes ejes de esta estrategia.

En el 2016, fue aprobada, en fase preparatoria, una NAMA sobre leña, presentada por PRONACOM en coordinación con el MARN, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Ministerio de Desarrollo Social, Secretaría de Asuntos Alimentarios, INAB, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Clúster de Estufas Mejoradas y la Alianza Global de Estufas Mejoradas (PRONACOM, 2016). Actualmente, se encuentra en la etapa de análisis de prefactibilidad para iniciar con la ejecución en 2019.

12.4.2 Sector de procesos industriales y uso de productos

No se logró obtener información específica de acciones para reducir las emisiones en los procesos de la industria nacional, aunque se tiene información indirecta de iniciativas en la industria cementera. Durante el proceso de construcción de la Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones se instalaron varias mesas de trabajo sectoriales. Los representantes de las diferentes industrias que participaron en la mesa sectorial de industria indicaron que para este sector era preferible enfocarse en mejorar los temas energéticos asociados a las industrias.

Un logro importante relacionado con el sector industrial es la adopción de la ISO 14064 como la Norma Técnica Guatemalteca (NTG) 14064, proceso que realizó la Comisión Guatemalteca de Normas (CO-

GUANOR) en el 2017. Con esta acción, se está dando un respaldo a empresas e industrias que desarrollan inventarios de emisiones de GEI a nivel de empresa. Muchas de estas, ya están calculando sus emisiones y sus huellas de carbono, tanto como ejercicio para mejorar eficiencia como para cumplir con demandas de mercados internacionales (J. Schwarz, comunicación personal, 18 de septiembre de 2018).

12.4.3 Sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

12.4.3.1 Subsector de agricultura: fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ en la tierra

El proyecto de USAID, Desarrollo con Bajas Emisiones, como parte de la construcción de la Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones, ha identificado acciones específicas que deben implementarse en cada uno de los sectores emisores para reducir su contribución de GEI. Dentro del sector agricultura, se ha identificado como prioritario el manejo sostenible de los suelos¹². Cuando estos se gestionan de manera sostenible, pueden jugar un papel importante en la mitigación de las emisiones de GEI a través del almacenamiento de carbono y la reducción de las emisiones de GEI en la atmósfera. Algunas de las medidas orientadas hacia el manejo sostenible de los suelos incluyen la implementación de prácticas agrícolas mejoradas que aumenten el carbono orgánico del suelo, como la agroecología, la agricultura ecológica, la agricultura de conservación y la agrosilvicultura (Gobierno de Guatemala, 2018a). Esas prácticas aportan, además, múltiples beneficios, ya que producen suelos fértiles, que son ricos en materia orgánica (carbono), mantienen las superficies de suelo con vegetación, requieren menos insumos químicos y promueven la rotación de cultivos y la diversidad biológica. Estos suelos también son menos susceptibles a la

¹² El manejo sostenible de los suelos aborda las prácticas relacionadas con la gestión, conservación y restauración de los suelos, así como la eliminación de la quema de residuos de cultivos. Toma en consideración la implementación de prácticas que eviten o reduzcan la erosión del suelo y que contribuyan a mantener su fertilidad natural, así como el manejo de la fertilización (CCS & Proyecto de USAID Desarrollo con Bajas Emisiones, 2018).

erosión y la desertificación, y mantendrán servicios ecosistémicos vitales, como los ciclos hidrológicos y de nutrientes, que son esenciales para mantener y aumentar la producción alimentaria (FAO, 2015).

Se ha identificado, además, el establecimiento y mejoramiento de sistemas agroforestales, y el establecimiento de plantaciones con potencial frutícola, principalmente a través de especies que tengan un alto potencial de almacenamiento de carbono como el cacao, aguacate, cítricos y mango, asociados a cultivos anuales (Gobierno de Guatemala, 2018a).

También hay oportunidad de mejora en el uso más eficiente de fertilizantes nitrogenados (Gobierno de Guatemala, 2018a). Esto se puede dar a través del manejo de la cantidad, tipo, momento de aplicación y colocación del fertilizante nitrogenado. Para esto, es importante calcular la dosis óptima a aplicar de acuerdo con el tipo de suelo y cultivo. Asimismo, debe considerarse la aplicación foliar de urea, puesto que esta práctica ha demostrado ser eficiente en el uso del fertilizante. El abono animal puede ser un recurso generado en el campo alternativo para compensar el aumento en los costos del nitrógeno mineral y, por lo tanto, puede ayudar a obtener un valor a partir de los desechos del campo (Verhulst, François, Grahmann, Cox, & Govaerts, 2015).

Dentro del subsector de la agricultura a nivel internacional, se cuenta con la Norma para Agricultura Sostenible para Producción Agrícola y Ganadera de Fincas y Grupos de Productores, elaborada y promovida por Rainforest Alliance (2017). Esta reconoce los retos que representa el cambio climático y busca abordarlos promoviendo de forma activa la «agricultura climáticamente inteligente» (capítulo 6) y desarrollando la resiliencia de las fincas y las comunidades agropecuarias. Asimismo, busca reducir las emisiones de GEI causadas por prácticas agrícolas relacionadas con el uso de energía, fertilizantes y plaguicidas, así como las emisiones de metano, y mantener o promover, a la vez, las reservas de carbono en el suelo, bosques y otra vegetación dentro de la finca. En Guatemala, Rainforest Alliance, en conjunto con la Fundación Interamericana de Investigación Tropical (FIIT)

y con el apoyo de Efico y la Asociación Nacional del Café (ANACAFE), está promoviendo el uso de estas prácticas para que los productores las adopten voluntariamente a nivel nacional (Rainforest Alliance, 2017).

Asimismo, en Guatemala, las empresas vinculadas al subsector agrícola han empezado a calcular su huella de carbono en los últimos años. La información sobre la huella de carbono ha permitido que se establezcan acciones para disminuir las emisiones por medio de investigación e inversiones en la aplicación eficiente de fertilizantes nitrogenados y manejo de desechos (MARN, 2015).

12.4.3.1.1 Industria azucarera

Esta es una de las más importantes para la economía de Guatemala, no solo por la producción de azúcar, sino también por otros productos y servicios que genera, como la electricidad y el alcohol (MARN, 2015). En este contexto, el Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC) ha llevado a cabo estimaciones de la huella de carbono o emisiones de GEI en la industria azucarera (MARN, 2015) y estimó las emisiones para todo el ciclo de las zafras 2010-2011, 2012-2013 y 2013-2014, incluida su industrialización (Mena, 2015).

Entre las acciones de mitigación que pueden ser aplicadas en la industria azucarera están la sustitución de los combustibles fósiles por biocombustibles (biodiésel y bioetanol), contemplando tanto su uso como su producción; la reducción del uso de fertilizantes minerales por un uso más eficiente o su sustitución por biofertilizantes (producidos internamente); la gasificación de residuos de bagazo y caña de azúcar; y una mayor generación de bioelectricidad (cogeneración) (Guerra & Hernández, 2012).

Entre las medidas que ya se están efectuando en la agroindustria azucarera de Guatemala se encuentra la utilización de la vinaza¹³ como fertilizante por algunos de los ingenios. A finales de los años 1990,

¹³ Residuo resultante de la fermentación y destilación de melazas con origen en la caña de azúcar.

el ingenio Santa Ana inició su uso. Posteriormente, en 2005, el ingenio Pantaleón comenzó a establecer áreas para la fertilización con dicho producto y contaba con un programa de 5000 ha aproximadamente para el año 2011. El ingenio Tuluá experimenta con dicha técnica desde el 2008, mientras que el ingenio Magdalena empezó en 2010. El empleo de la vinaza no solo responde a una medida de mitigación, sino que también es un importante factor económico debido a los resultados positivos en el aumento de la producción de caña. Su aplicación suple en buena medida los requerimientos nutricionales del cultivo (Guerra & Hernández, 2012).

Además, desde 1994, se han llevado a cabo estudios para determinar opciones de fertilización con diferentes nutrientes, entre ellos el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Los resultados y análisis de estas investigaciones han permitido recomendar las dosis necesarias de nutrientes y, por ende, de fertilizantes para las diferentes fases del cultivo de la caña de azúcar, lo cual ha influido en que disminuyan las cantidades de fertilizantes utilizadas (Guerra & Hernández, 2012).

También, desde 1994, se inició el proyecto de cogeneración empleando el bagazo de caña, mediante la suscripción de un contrato de suministro de energía y potencia que incluía a seis ingenios. Para satisfacer en forma permanente la demanda del sistema nacional interconectado, el bagazo se combina con el uso de combustibles fósiles (*bunker*) para producir energía en forma permanente. Con ello se ha evitado el vertido del bagazo de caña de azúcar en los cauces de ríos o su disposición a cielo abierto, a la vez que ha representado la disminución en el uso de combustibles fósiles. Durante las zafras 2007-2008 y 2008-2009, 97 % de la energía fue producida a través de bagazo. El consumo de *bunker* pasó de casi 18 900 galones en la zafra 1997-1998 a cerca de 3700 galones en la zafra 2008-2009. Para 2009, la cogeneración de los ingenios había aumentado en casi 6 % la producción de energía en el Sistema Eléctrico Nacional, pasando de 15 % en el periodo 2003-2004 a 21 % en el 2008-2009 (Guerra & Hernández, 2012). Para el periodo 2013-2014, el uso del bagazo de la caña en lugar de *bunker* o carbón mineral en la generación de energía eléctrica para la producción

de azúcar resultó en emisiones evitadas de entre 0.65 y 0.80 millones de tCO_{2-eq} . Además, se estimó que, al no quemar la caña de azúcar y realizar la cosecha en verde (sin quemar), se evita la emisión de 0.02 millones de tCO_{2-eq} (Mena, 2015). Para la zafra 2017-2018, se cortó en verde el 13 % de la caña de azúcar (B. Fuentes del Cid, comunicación personal, 14 de noviembre de 2018).

A la fecha, la agroindustria ha contribuido con más de 9800 ha reforestadas con diferentes especies forestales (pinos, teca, eucaliptos, hule, árboles frutales y algunas especies nativas como caoba y cedro), que tienen diversos fines: energético, maderable, producción de látex, reserva natural, protección de cuencas, ensayos para investigación, entre otros. Estas plantaciones forestales también han contribuido al secuestro de carbono (Guerra & Hernández, 2012).

Como resultado de todas las acciones que ya están siendo implementadas, el azúcar de Guatemala se encuentra entre las que tienen una huella de carbono baja en relación con otras, como la de EE. UU., países de la Unión Europea, el Reino Unido, el sur de Brasil y Tailandia oriental (O. González & Guerra, 2015).

12.4.3.1.2 Industria del café

La industria caficultora también ha presentado avances en cuanto a la implementación de acciones de mitigación. Desde el 2008, ANACAFE, con el apoyo de Efico y Rainforest Alliance, inició con las estimaciones del carbono almacenado en el café y las emisiones provenientes de la producción de ese cultivo, específicamente para los sistemas cafetaleros de San Marcos, Santa Rosa y Jalapa. Esta iniciativa tiene como objetivo sensibilizar a los productores sobre los impactos generados por el cambio climático y promover la adopción de buenas prácticas agrícolas, orientadas a la reducción de los GEI y el incremento del carbono almacenado (MARN, 2015).

En 2016, la ANACAFE, con apoyo del proyecto de USAID Desarrollo con Bajas Emisiones, lanzó la Política de ambiente y cambio climático para el sector café de Guatemala. Esta tiene por obje-

to «orientar todas las actividades relacionadas con la cadena de producción de café y enfatizar la disminución de la vulnerabilidad ante el cambio climático, la mitigación de gases de efecto invernadero, el cumplimiento legal ambiental, la gestión integral de los recursos hídricos y la conservación y generación de bienes y servicios ecosistémicos» (ANACAFE, 2016).

En este marco, ANACAFE desarrolla esfuerzos para brindar a los productores, las autoridades ambientales y al público en general herramientas e instrumentos específicos para el cumplimiento del marco legal, la certificación, la implementación de buenas prácticas y tecnologías; así como procedimientos que faciliten y optimicen el proceso de gestión ambiental, la productividad, la competitividad, la disminución de la vulnerabilidad y la disminución de las emisiones de GEI, producto de los procesos de eficiencia y aumento de los reservorios de carbono en los sistemas cafetaleros (ANACAFE, 2016).

ANACAFE ya ha avanzado en la implementación de los ejes estratégicos y líneas de acción de esta política. En 2017, realizó la primera estimación sectorial de emisiones de GEI a nivel nacional. Los objetivos de esta evaluación se enfocaron en establecer una línea base de emisiones para la caficultura en Guatemala, identificando las principales actividades que generan emisiones, para proponer acciones de reducción. Durante este proceso, se recolectaron datos en 114 unidades productivas de café distribuidas en las siete regiones de producción de Guatemala. Asimismo, se recopiló información sobre consumo de energía eléctrica y aplicación de enmiendas agrícolas y fertilizantes. Además, se recabó información sobre el manejo del sistema agroforestal de café, producción de café, densidad de siembra y árboles de sombra, a fin de cuantificar sumideros de carbono. Con estos estudios, se encontró que la principal generación de emisiones de GEI se da en los procesos de fertilización, por lo cual ANACAFE se ha comprometido a implementar un sistema de gestión de información para efficientizar los procesos de fertilización. Esta medida reducirá la huella de carbono de la cadena productiva, pero, además, incrementará la productividad y generará mayores beneficios económicos. Asimismo, durante el 2018 se establece un sistema

de monitoreo de emisiones de GEI, que permitirá evaluar sistemáticamente las tecnologías y prácticas de producción en la caficultura nacional. Es importante mencionar que, actualmente, la huella de carbono del café en Guatemala es menor que la de otros países como Costa Rica y Kenia (Meléndez, 2018).

En 2018, fue aprobada, además, la Guía Ambiental para el Sector Café de Guatemala, como Acuerdo Ministerial 314-2018, en cumplimiento del Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (RECSA), con lo cual se convirtió en el primer sector agrícola en presentar el instrumento que servirá a todos los participantes de la cadena productiva (Acuerdo gubernativo 137-2016, 2016).

Actualmente, se está elaborando, además, la nota conceptual para una NAMA de café, la cual se basa en la política mencionada anteriormente. El objetivo del proyecto será establecer un mecanismo de coordinación para fomentar prácticas de gestión ambiental y mitigación del cambio climático a través de acciones y tecnología que lleven a la reducción de emisiones de GEI en la producción de café (MARN, 2018).

12.4.3.1.3 Industria de palma de aceite

En 2018, la Gremial de Palmicultores de Guatemala (GREPALMA) lanzó, con apoyo del ICC y el proyecto de USAID Desarrollo Bajo en Emisiones, la Política Ambiental y de Cambio Climático de GREPALMA y sus socios, la cual constituye el marco orientador que brinda los lineamientos estratégicos para la mejora de la gestión ambiental, la adaptación y la mitigación del cambio climático en toda la cadena de producción del aceite de palma. El eje estratégico dos de la política promueve la determinación y seguimiento de huellas de carbono para la identificación de acciones que permitan incrementar la productividad y la reducción de la intensidad de la huella de carbono. En esta línea, GREPALMA elaborará planes de mitigación para la reducción de la huella de carbono en las empresas que la conforman. Además, este eje contempla la reducción de emisiones de GEI y el incremento en la fijación de carbono en la industria de la palma, bajo el enfoque de desarrollo con bajas emisiones (ICC, 2018).

En el contexto de esta política, ya se ha realizado la estimación de la huella de carbono, para lo cual se estimaron las emisiones en campo (plantaciones) y en plantas de beneficio de aceite crudo de palma. Para el cálculo de estas emisiones, se consideraron las aplicaciones de fertilizantes, el consumo de combustibles fósiles, la demanda de energía de la red eléctrica, el uso de animales para la cosecha y la gestión de los residuos agrícolas. Como resultado del cálculo de la huella de carbono, se identificó que, durante el proceso de producción de fruta (plantación) y beneficiado del aceite crudo de palma, la intensidad de las emisiones es relativamente baja si se compara con la huella de carbono de otros países productores de aceite de palma. La mayor parte de las emisiones en campo se debe a la aplicación de fertilizantes y enmiendas al suelo (51 %), seguido del consumo de combustibles fósiles con un 35 %. Por esta razón, el sector palmicultor ha enfocado sus esfuerzos de mitigación en la reducción de emisiones mediante la generación y consumo de energía eléctrica con combustibles renovables. El 21 % de las diecinueve empresas que formaron parte del estudio de huella de carbono del sector reportaron la generación de energía a partir de biogás, residuos agroindustriales, otra biomasa y paneles solares. Esta práctica representa emisiones evitadas de GEI al minimizar su consumo de la red eléctrica nacional o su generación con combustibles fósiles. Se estimaron emisiones evitadas de entre 328 y 915 tCO_{2-eq} que hubieran resultado del consumo de la red eléctrica nacional o de un generador diésel con 20 % de eficiencia (GREPALMA, 2018).

12.4.3.1.4 Industria bananera

La industria bananera del país también estimó la huella de carbono de la producción independiente de banano de Guatemala del año 2014, la cual abarca desde la producción en campo hasta el empaque, con la finalidad de identificar estrategias de reducción de emisiones, mantener los sumideros, disminuir costos por la eficiencia en la utilización de insumos y servir como herramienta de acceso a mercados internacionales (O. G. González, Guerra, & Baily, 2016).

Para estimar la huella de carbono, se hizo inicialmente un inventario de emisiones de GEI, considerando las de fertilización nitrogenada, uso de combustibles fósiles y cambio de uso de la tierra. Asimismo, se realizaron análisis con sistemas de información geográfica y se elaboró un formulario para recopilar la información necesaria de las empresas de la Asociación de Productores Independientes de Banano (APIB). Al igual que para los otros cultivos mencionados anteriormente, la huella de carbono de la industria bananera del país es baja, comparada con la de otros países, como Costa Rica, República Dominicana, Norteamérica y algunas regiones de España (O. G. González et al., 2016). El cálculo de la huella de carbono representa el primer paso para la identificación de acciones de mitigación en la industria bananera.

12.4.3.2 Subsector de la ganadería

Con el fin de propiciar espacios de coordinación interinstitucional que promuevan la ganadería bovina sostenible en Guatemala, así como generar incidencia en tomadores de decisión en torno al tema, se conformó el Grupo Promotor de Ganadería Bovina Sostenible en el año 2017. Este grupo está integrado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el MAGA, el MARN, el INAB, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el Proyecto USAID Desarrollo con Bajas Emisiones, la Federación de Ganaderos de Guatemala (FEGAGUATE), Cámara de Productores de Leche de Guatemala (CPLG), y la Asociación de Productores de Leche (ASODEL). En algunas ocasiones participan la Cámara del Agro, The Nature Conservancy (TNC) y el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Como parte de este grupo de trabajo, se han generado dos productos impulsados por el Proyecto USAID Desarrollo con Bajas Emisiones: la Estrategia Nacional de Ganadería Bovina Sostenible Baja en Emisiones (Gobierno de la República de Guatemala, 2018b) y el proyecto de apoyo a la NAMA sobre ganadería (MARN, 2018).

El proyecto NAMA de Ganadería Sostenible, presentado al NAMA Facility en marzo de 2018 y actualmente en fase de evaluación, busca desarrollar prácticas de producción bajas en emisiones de GEI y tecnologías eco-competitivas en el subsector ganadero de Guatemala, mejorando su rentabilidad. Para poner en marcha este proyecto, enmarcado en la Estrategia Mundial de Ganadería Sostenible Baja en Emisiones de Gases de Efecto Invernadero ante el NAMA, los representantes del subsector ganadero de carne y de leche del país y las autoridades institucionales decidieron por unanimidad apoyar el proceso de formulación e implementación del NAMA Facility por 11 millones de euros en aportes financieros no reembolsables. El proyecto fue diseñado bajo el liderazgo del MARN, en conjunto con un equipo técnico conformado por el MAGA, la Cámara del Agro, el CATIE y el proyecto USAID Desarrollo con Bajas Emisiones (MARN, 2018).

La implementación de la NAMA se basa en la Política Ganadera Bovina Nacional (MAGA, 2014) aprobada en 2013, así como en la Estrategia Nacional de Ganadería Sostenible con Bajas Emisiones elaborada en 2017. En un periodo de quince años, el proyecto promoverá la producción sostenible de ganado bajo en carbono mediante una serie de medidas que contribuirán a aumentar la resiliencia del subsector. Esto implicará una reducción en la huella de carbono de la producción de leche de 6 a 4 kg CO_{2-eq}/kg leche, una reducción de la huella de carbono de la producción de carne de 17 a 11 kg CO_{2-eq}/kg carne, 0.02 millones de tCO_{2-eq} de emisiones evitadas y 9296 tCO_{2-eq} removidas. En los primeros cinco años, se iniciará en los departamentos de Izabal, Petén y Alta Verapaz, por ser la región que posee más del 50 % del ganado bovino en el país y donde ha habido más expansión en los últimos diez a quince años. Luego se continuará con el resto del país (UNFCCC, 2018).

En cuanto a la ganadería sostenible, se ha ejecutado el proyecto Sistemas de Producción Climáticamente Inteligentes basados en Sistemas Silvo-pastoriles, implementado por el CATIE en el marco del proyecto Manejo Sostenible de los Bosques y Múltiples Beneficios Ambientales Globales, apoyado por el Programa de las Naciones Unidas para

el Desarrollo (PNUD) con fondos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) (PNUD, 2018).

Más específicamente, en cuanto a la reducción de las emisiones provenientes del manejo del estiércol, existen iniciativas en el uso de biodigestores¹⁴. Este tipo de tecnología tiene un gran potencial para el cuidado del ambiente, ya que disminuye la cantidad de desechos vertidos a los ecosistemas y, además, produce una fuente de energía relativamente limpia. El uso de biodigestores en comunidades rurales permite obtener el doble beneficio de solventar la problemática energética-ambiental y realizar un adecuado manejo de los residuos, tanto humanos como animales.

Recientemente, el MAGA trabajó en la promoción de biodigestores con la finalidad de darle un manejo adecuado a los desechos orgánicos, como el estiércol de los animales de los hogares rurales, y obtener otros beneficios, como la reducción de la demanda de leña y la disminución en la inhalación de humo. Adicionalmente, esto apoyará a la producción agrícola con el empleo de los fertilizantes orgánicos que se obtienen de tales prácticas (MARN, 2015).

Un ejemplo del uso de biodigestores es la planta de biogás Engorde Pollos. Es una planta con volumen de 12 metros cúbicos y capacidad de producción de 4.5 metros cúbicos por día. El valor equivalente de biogás es de GTQ 12.40/día, cantidad de gas con la cual se ahorran tres metros cúbicos de leña al mes, con un valor mensual de GTQ 100. El biodigestor es alimentado con excretas de ganado bovino y porcino y genera el gas necesario para calentar agua. Además, se aprovecha el lombricompost y el biol (abono líquido) en las plantaciones de maíz, frijol, güisquil y chile, y los alimentos se preparan en un 35 % con el gas generado (USAID CNCG et al., 2014).

¹⁴ Un biodigestor es un contenedor hermético, dentro del cual se deposita materia orgánica, como el excremento de rumiantes, en determinada dilución con agua. Mediante la fermentación anaerobia por acción de microorganismos, esta solución es degradada y se obtiene como producto el gas metano (biogás) y un subproducto líquido (biol) rico en nitrógeno, fósforo y potasio, el cual puede ser utilizado como fertilizante.

Otro ejemplo es la Granja La Tía Muu, S.A., ubicada en Sumpango, Sacatepéquez, que genera biogás y utiliza estufas. La granja se dedica a la crianza y engorde de marranos y vacas, y produce gas metano a partir del estiércol del ganado desde hace seis años para la generación eléctrica, calefacción, abono foliar y para cocinar (USAID CNCG et al., 2014).

El proyecto de USAID Desarrollo con Bajas Emisiones, ha identificado acciones específicas para el subsector ganadero que, aunque no se estén implementando actualmente, se sugiere que se adopten en un futuro cercano para reducir la contribución de GEI del subsector. Muchas de estas acciones están siendo contempladas dentro de la NAMA de ganadería sostenible. Entre las opciones se encuentra el establecimiento de pastos mejorados, que tienen componentes nutricionales más elevados y que disminuyen el metano producido en el proceso digestivo de los rumiantes. Los pastos mejorados tienen, además, una mayor capacidad de fijación de carbono en suelos y aumentan la productividad por animal, lo que a su vez reduce la huella de carbono por producto (Quevedo, 2018).

Se contempla, además, la promoción del establecimiento de sistemas silvopastoriles, preferentemente bancos forrajeros de leguminosas arbustivas, pastoreo en callejones, cercas vivas, cortinas rompe vientos, y árboles dispersos en potreros con fines diversos (sombra, madera, postes o leña). Los árboles en fincas ganaderas incrementan el almacenamiento de carbono, además de que la sombra reduce el estrés del animal, lo cual mejora la productividad y reduce la huella de carbono por producto. Por último, el manejo del estiércol reduce las emisiones de GEI y sirve como fuente de energía para el hogar y para el uso en instalaciones ganaderas. Además, mejora la producción de pasturas y, por tanto, la carga animal por unidad de área, lo que a su vez reduce la huella de carbono (Quevedo, 2018).

12.4.3.3 Subsector del cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS)

El subsector silvicultura fue uno de los primeros en interesarse en el tema de la mitigación del cambio climático en el país por medio de acciones derivadas de la firma del Protocolo de Kioto (1997), que creó la posibilidad de comercializar bonos de carbono mediante ciertos procedimientos. Primero, a través del proceso conocido como Implementación Conjunta (IC), que más tarde se transformó en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). No obstante, este sector también ha sido uno de los más difíciles para concretar la implementación de proyectos de bonos de carbono para reducir emisiones. De los 20 proyectos MDL registrados para Guatemala a la fecha (han completado el proceso de aprobación y están listos para negociar bonos de carbono), ni uno solo se relaciona con el sector ni uno se relaciona con el sector CUTS (UNFCCC, s/f). Más recientemente, el interés por los bonos de carbono en el sector de cambio de uso de la tierra se retomó por las iniciativas relacionadas con las estrategias del Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques (REDD+), que han despertado amplio interés en el país con iniciativas que serán discutidas más adelante.

A nivel nacional, el principal instrumento de política de fomento de desarrollo forestal en el país ha sido el incentivo fiscal o monetario por reforestación o protección de bosques. El programa de incentivos fiscales (PIF) (Decreto 58-74, 1974), que operó de 1975 a 1996; el programa de incentivos forestales (PINFOR) (Decreto 101-96, 1996), vigente de 1997 a 2016; y el programa de incentivos para poseedores de pequeñas extensiones de tierras de vocación forestal o agroforestal (PINPEP) (Decreto 51-2010, 2010)¹⁴, no fueron diseñados con el objetivo de reducir emisiones de GEI, pero logran ese efecto como un beneficio adicional al proteger y plantar

¹⁴ Este programa inició como un proyecto con apoyo internacional en 2007 y posteriormente se estableció como programa nacional en 2010.

bosques (Figura 12-5). El hecho de que estos programas no fueran diseñados como estrategia de reducción de emisiones (el PIF y el PINFOR fueron diseñados antes de que existiera el Protocolo de Kioto, que fue el primero en establecer los bonos de carbono) ha hecho que sea imposible incluirlos en esquemas de bonos de carbono porque no se puede probar la «adicionalidad» en la captura de carbono. En otras palabras, no se puede establecer que un proyecto dado fue realizado con el fin de capturar carbono. El país invirtió considerables esfuerzos administrativos y financieros para proteger los bosques y crear nuevas plantaciones a través de estos programas, pero a nivel internacional no se puede reclamar un crédito financiero por este esfuerzo que efectivamente redujo emisiones de carbono, aunque no fuera ese su propósito inicial.

Por otro lado, PROBOSQUE (Decreto 2-2015, 2015), el programa más reciente, que empezó a operar en 2017, incluye entre sus objetivos la mitigación de emisiones y se espera que ese esquema pueda tener la posibilidad de generar bonos de carbono. Este programa es, a la fecha, el principal instrumento de política forestal para buscar reducir la deforestación del país y su éxito dependerá en buena parte de la continua asignación de fondos adecuados para cumplir con el uno por ciento del Presupuesto Nacional de la República, según lo estipulado por la ley de creación del programa. Sin embargo, la demanda del programa apenas alcanzó GTQ 114 millones en 2017 (INAB, s/f), muy por debajo del techo permitido del uno por ciento del presupuesto nacional, que equivalió en ese año a GTQ 770 millones.

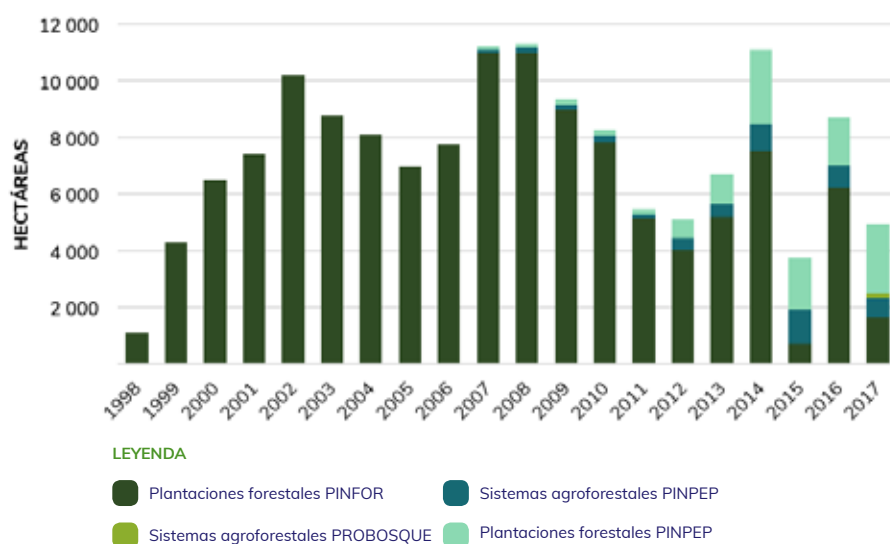


Figura 12-5 Cantidad de hectáreas de bosque plantado bajo los programas de incentivos forestales. Elaboración propia, basado en INAB (2018a, 2018b).

El Fondo Nacional de Cambio Climático (FONCC) fue creado bajo la Ley de Cambio Climático, pero todavía no es operativo, tiene destinado un máximo de 20 % de su ejecución a programas de reducción de emisiones y puede ser un canal efectivo para apoyar iniciativas de protección forestal con fondos nacionales o internacionales, incluidos los exitosos programas de incentivos forestales. Sin embargo, todavía está pendiente de aprobación el reglamento para implementar este fondo. La Ley de Cambio Climático también establece que se debe desarrollar un PANCC, que contiene las estrategias y acciones que se seguirán en el país en materia de adaptación y mitigación del cambio climático. La

versión inicial del documento fue aprobada en octubre de 2016 (CNCC, 2016) y continua en proceso de revisión y actualización. El PANCC no establece metas numéricas de reducción de emisiones para este sector. Las acciones propuestas se centran en la estrategia de reducción de la deforestación y la degradación (GCI, 2018), en la Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de la Leña (INAB, 2015), en el establecimiento de plantaciones energéticas y en la estrategia de restauración del paisaje forestal (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015). Todas estas iniciativas tienen el reto de ser implementadas con suficiente apoyo político y financiero.

A nivel internacional, los proyectos REDD+ son los que recientemente han buscado financiar reducciones de emisiones en este subsector al reducir la deforestación y degradación de bosques. Estos proyectos no tienen una regulación dentro de la CMNUCC y se están trabajando en la modalidad de mercado voluntario. En este tipo de mercado, Guatemala cuenta con siete proyectos que se encuentran desarrollados y registrados dentro del VCS, tres de ellos bajo el mecanismo REDD+. Estos proyectos son Guatecarbón, impulsado en la Zona de Usos Múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya por el CONAP y los concesionarios forestales en dicha zona, el cual cuenta con 1.2 millones de unidades verificadas de carbono (VCUs, por sus siglas en inglés) para el periodo 2012-2015 (VCS, 2017); el Proyecto Bosques para la Vida en el Parque Nacional Sierra del Lacandón, impulsado por la Fundación Defensores de la Naturaleza, el cual cuenta con 370 000 VCUs disponibles para la comercialización y venta en el mercado voluntario (Rainforest Alliance & USAID, 2016; Rainforest Alliance & USAID CNCG, 2017); y el proyecto REDD+ Costa de la Conservación en el Caribe de Guatemala, con un potencial de generar 23 millones de VCUs en 30 años, el cual es de reciente validación y verificación bajo el estándar CCB (Climate, Community and Biodiversity Standards) (FUNDAECO, 2016).

Los primeros proyectos registrados bajo el VCS no fueron de protección forestal. Uno de estos proyectos, presentado por la empresa Pica de Hule Natural, S.A., estuvo orientado a la promoción del desarrollo sostenible a través del establecimiento de 2252 hectáreas de plantaciones de caucho natural en Guatemala en tierras degradadas, que tradicionalmente han sido utilizadas para el pastoreo de ganado. El proyecto inició en 2007 y concluyó en el 2013, y logró una reducción de emisiones de 0.05 millones de toneladas anuales. El segundo proyecto corresponde a una planta geotérmica manejada por la empresa Ortitlan Limitada, ubicada en las faldas del volcán de Pacaya, en el departamento de Escuintla (MARN, 2015). Posteriormente, se incluyó un proyecto más de plantaciones de hule denominado ECO₂ Rubber Forest y un proyecto de

restauración forestal y agroforestería en Cerro San Gil, Izabal. Estos últimos tres proyectos todavía están pendientes de aprobación (VCS, s/f).

Adicionalmente, varias organizaciones no gubernamentales también han estado interesadas por muchos años en capitalizar los posibles fondos que ofrecen los bonos de carbono. La Fundación para el Desarrollo Integral del Hombre y su Entorno (CALMECAC) tiene una iniciativa REDD+ que busca desarrollar en el área de las verapaces. La iniciativa de manejo forestal municipal MIBOSQUE, manejada por CARE Internacional, negoció en 1999 con la empresa de generación de energía AES en Estados Unidos un apoyo financiero para el proyecto a cambio de generar 5.2 millones de toneladas de carbono no emitidas (Castellanos & Flores, 2006). Una limitante, más allá de identificar a un comprador adecuado para los bonos de carbono generados, es que el bajo precio de los bonos hace que la cantidad de dinero generado no se vea como suficiente para detener el proceso de deforestación, que en muchos lugares es muy complejo por las situaciones de pobreza y de ilegalidad que se viven en esos parajes. Finalmente, se ha tenido el reto de definir el mecanismo legal para comercializar y distribuir los beneficios generados por reducciones que ocurran en tierras del Estado.

En 2018, Guatemala lanzó su Estrategia Nacional para el Abordaje de la Deforestación y Degradación de los Bosques en Guatemala (ENDDBG) (GCI, 2018), como un documento preliminar para la consulta, que busca la reducción de emisiones en este sector. Este documento presenta 14 líneas estratégicas de acción para atacar la deforestación (fortaleciendo áreas protegidas y el ordenamiento territorial) y la degradación de bosques (con el uso eficiente de leña y fortaleciendo el sistema de prevención de incendios forestales). También busca fomentar la restauración de tierras forestales degradadas con prácticas agrícolas sostenibles y el fomento de sistemas agroforestales. Este proceso ha sido apoyado en su fase preparatoria por el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés) del Banco

Mundial. Adicionalmente, el Gobierno de Guatemala, a través del Ministerio de Finanzas Públicas, firmó una carta de intención con el Banco Mundial para vender la reducción de 10.5 millones de toneladas de CO_{2-eq} a nivel nacional. Actualmente, el país se encuentra en la fase de diseño y evaluación del Documento de Programa de Reducción de Emisiones (ERPD, por sus siglas en inglés), el cual se espera que sea aprobado en junio de 2019. Las acciones para cumplir con esta estrategia han tenido apoyo financiero proveniente del Fondo de Inversión Forestal (FIP, por sus siglas en inglés).

En 2015, la Mesa de Restauración Forestal lanzó la Estrategia de Restauración del Paisaje Forestal (2015), que fue un resultado de su instauración en 2012, cuando el INAB convocó a actores de gobierno, academia, comunidades, iniciativa privada y organizaciones no gubernamentales. El proceso se desarrolló como parte del Desafío de Bonn, lanzado en 2011 por el Gobierno de Alemania con apoyo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), que sirve como secretaría de esta iniciativa para restaurar, a nivel mundial, 150 millones de hectáreas de tierras degradadas. Guatemala se comprometió en 2014 a participar de la iniciativa 20x20, que es la plataforma regional de apoyo al Desafío de Bonn en Latinoamérica. Esta iniciativa busca restaurar el paisaje forestal de 1.2 millones de hectáreas en zonas altamente vulnerables. Se espera que PROBOSQUE y las otras iniciativas nacionales e internacionales ayuden al país a completar este compromiso.

Finalmente, la Estrategia Nacional de Desarrollo con Bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Gobierno de Guatemala, 2018a) propone cuatro líneas para alcanzar la muy ambiciosa meta de llegar a «cero deforestación» para el 2030. Las primeras tres son las mismas del PANCC: plantaciones, manejo de bosque natural y restauración de áreas degradadas, lo que alinea la iniciativa de esta estrategia con PROBOSQUE para construir sobre el marco político existente. Solo la cuarta es diferente y se refiere al control y prevención de incendios forestales.

Cualquier estrategia de reducción de emisiones deberá trabajar para atacar las causas subyacentes de la deforestación y degradación de los bosques, los cuales son problemas muy complejos que involucran no solo a las comunidades rurales y pequeños campesinos que practican agricultura anual y dependen de la leña como fuente primaria de energía, sino también a los ganaderos y los agroindustriales, cuya búsqueda principal no es el recurso forestal, sino la tierra donde ese recurso florece. La expansión de la palma de aceite, principalmente en Alta Verapaz y el sur del Petén, donde el área plantada aumentó en 649 % y 192 % respectivamente en el periodo 2006-2010, es un claro ejemplo de esta situación, ya que al menos la cuarta parte de esas plantaciones (más de 24 000 ha) han eliminado cobertura forestal y se encuentran dentro de áreas protegidas (Iarona-URL, 2012). El panorama se torna más complejo cuando se toman en cuenta procesos ilegales, especialmente el narcotráfico, que ha utilizado las áreas ganaderas y de plantaciones agroforestales como medio para lavar el dinero ilegal.

12.5 Impactos y beneficios

Es muy importante reconocer que muchas de las iniciativas de reducción o captura de emisiones también conllevan beneficios adicionales, los cuales van más allá de la mitigación del cambio climático. El ejemplo más evidente es la reforestación o la deforestación evitada, ya que un territorio con mayor cobertura forestal tendrá beneficios adicionales en términos de reducción de la erosión del suelo, incremento en la infiltración, mejora de la regulación del ciclo hidrológico, mayor y mejor hábitat y valor ecológico, y mejora de paisaje y de oportunidades de recreación o turismo.

Estos beneficios adicionales no son usualmente cuantificados al hacer un análisis económico de la viabilidad de estas intervenciones. La curva de costo marginal de abatimiento mostrada en la Figura 12-1 usualmente incluye únicamente los costos de implementación de la actividad, que, por supuesto, incluye

los beneficios económicos de actividades como mejorar la eficiencia energética. Esto implica que ciertas actividades de mitigación, como la reforestación o protección de bosques, pueden ser mucho más atractivas que lo indicado por un análisis económico de costo y beneficio de captura de carbono.

Otro sector donde hay beneficios evidentes en un proceso de mitigación es en el de desechos sólidos. Una de las intervenciones en nuestro país para reducir emisiones va en la línea de mejorar su manejo reduciendo los llamados botaderos clandestinos. Estos botaderos en realidad pueden emitir menos metano que los rellenos sanitarios, ya que la basura está más expuesta al oxígeno de la atmósfera. Sin embargo, coleccionar estas emisiones para convertirlas a dióxido de carbono sería muy difícil, si no imposible. Al controlar la presencia de botaderos clandestinos y promover los rellenos sanitarios, no solo se estará posibilitando el control de emisiones de metano a través de su colecta y combustión, sino que también se mejorará el ornato de esas áreas y, aún más importante, se reducirá el potencial de problemas de salud mediante la reducción de vectores de enfermedades, como moscas y ratas.

El cambio de energía generada por carbón mineral y petróleo a energía de fuentes renovables no solo traerá una reducción de emisiones de GEI y una mejora en la factura por combustibles del país, sino también una reducción de gases y partículas contaminantes de corta vida, que degradan la calidad ambiental alrededor de la planta de generación de energía. Lo mismo ocurre con las emisiones de un vehículo que se mueve con combustible fósil, especialmente diésel, comparado con un vehículo movido con electricidad. Esta mejora en emisiones de gases y partículas contaminantes por vehículos diésel puede ser de gran beneficio para las áreas urbanas del país, que se encuentran tan deterioradas por la presencia de humo negro derivado especialmente del transporte pesado y colectivo. Un sistema de buses eléctricos o iniciativas como el teleférico o el metro que ha promovido la Municipalidad de Guatemala, mejorarían sustancialmente la calidad de aire en la ciudad de Guatemala.

Finalmente, en el sector de agricultura, el uso de fertilizantes mejorados o la reducción en el uso de fertilizantes reducirá no solo las emisiones de óxido nitroso a la atmósfera y la factura por compra de fertilizantes, sino que también reducirá la liberación de nitrógeno en los ecosistemas naturales. Esto puede ser de gran beneficio, especialmente para lagos y ríos con calidad de agua degradada por la presencia de nutrientes en exceso.

Más allá de los beneficios directos que proveen las actividades de mitigación de emisiones de GEI, como la reducción de la degradación y contaminación ambiental, se deben resaltar los beneficios indirectos que estas medidas producen. Entre estos se encuentran el apoyo a la economía familiar y empresarial, y una mejor competitividad en los mercados internacionales, que tienen una demanda creciente de productos más neutrales en emisiones de carbono. Asimismo, un beneficio no menos importante es una mejor imagen de país, que se logra por un mayor cumplimiento de los requerimientos internacionales.

Por supuesto, también es importante considerar los impactos negativos que podrían tener algunas de las iniciativas de mitigación de gases de efecto invernadero. En el sector forestal, puede darse una situación de competencia por la tierra disponible para reforestar o cultivar, lo cual puede poner mayor presión sobre la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Los proyectos de reforestación o de deforestación evitada podrían atentar contra los derechos de las comunidades locales, especialmente pueblos indígenas, de acceder y usar los territorios que han usado por décadas o siglos. Por esta razón, se desarrolló un esquema de salvaguardas que deben observarse al desarrollar cualquier proyecto de reforestación o deforestación evitada. Estas salvaguardas requieren un consentimiento previo, libre e informado de las comunidades locales involucradas. En Guatemala, se han observado ciertas tensiones alrededor de la iniciativa PROBOSQUE, que busca regular el acceso a los recursos forestales en la Reserva de Biosfera Maya. Parte de las tensiones han sido derivadas de la discusión sobre los beneficios económicos derivados de una eventual venta de bonos de carbono.

En el tema de energías renovables en Guatemala, se ha mantenido una situación de protesta social de ciertas comunidades rurales e indígenas con respecto al desarrollo de proyectos hidroeléctricos. Aunque el proceso es complejo y un análisis profundo va más allá del alcance de este capítulo, es importante mencionar que la oposición a estos proyectos tiene sus raíces en situaciones presentes y pasadas de exclusión y abuso de derechos humanos. Tal es el caso de los abusos cometidos al construir la represa de Chixoy, por los que el Estado de Guatemala todavía está en proceso de resarcir a las comunidades afectadas. Por supuesto, deja una mala memoria en el país el hecho de que la mayor represa fue construida con serios abusos a las comunidades de la región. Por otro lado, existe una situación de desinformación, ya que las condiciones actuales y los controles establecidos por organismos nacionales e internacionales son mucho más estrictos que los existentes 40 años atrás, y estos controles buscan salvaguardar los derechos de las comunidades locales. Otra fuente de descontento en las comunidades aledañas a los desarrollos hidroeléctricos se produce por la posible reducción del caudal de los ríos en horas del día, cuando la comunidad hace uso de ese recurso. Finalmente, algunas comunidades argumentan que los grandes proyectos de generación energética benefician a otros sectores alejados de sus comunidades, las cuales se mantienen sumidas en la pobreza e, incluso, sin acceso a electricidad. En este sentido, cabe resaltar que muchos de los desarrollos

hidroeléctricos están en Quiché y las verapaces, que son las regiones del país con menor cobertura de electricidad para las comunidades rurales.

Las industrias y empresas generadoras también pueden argumentar que la implementación de medidas de mitigación de emisiones acarrea un costo adicional, el cual puede encarecer sus productos y afectar eventualmente al consumidor final. Este es uno de los principales argumentos en contra de los esquemas de impuestos a las emisiones, los llamados impuestos de carbono. En Guatemala, por ejemplo, el MARN desarrolló una normativa que exige una compensación de emisiones a los proyectos de generación eléctrica a base de carbón mineral. Esta compensación deberá ser extendida a otros sectores productivos del país cuando el MARN complete el reglamento (actualmente en revisión) para implementar el Artículo 19 de la Ley de Cambio Climático, que requiere una compensación de emisiones al momento de usar combustibles fósiles. Aunque es posible que en el corto plazo estos impuestos sí resulten en un aumento de precios, en el largo plazo, los beneficios ambientales deberían sobrepasar estos costos. Este tipo de impuestos a las emisiones está buscando internalizar los costos ambientales que usualmente han quedado fuera, en un mercado más enfocado en la maximización de beneficios económicos e ingresos.

12.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuerdo gubernativo 137-2016. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental (2016). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Acuerdo gubernativo 388-2005. Se designa al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como autoridad nacional designada para el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto (2005). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Acuerdo gubernativo 420-85. Reglamento general de la ley del alcohol carburante (1985). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Acuerdo gubernativo 474-97. Crea en la forma que se indica, la Comisión Nacional de Implementación Conjunta (1997). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Asociación Nacional del Café (ANACAFE). (2016). *Política de ambiente y cambio climático para el sector café de Guatemala*. Guatemala.
- Asociación Promotora de Combustibles Renovables (ACR). (2015). Materias primas para producir etanol. Recuperado el 8 de octubre de 2018, de <http://acrguatemala.com/etanol/>
- Castellanos, E., & Flores, C. (2006). *Estimación del contenido de carbono en bosques del Altiplano Occidental*. Guatemala.
- Center for Climate Strategies (CCS), & Proyecto de USAID Desarrollo con Bajas Emisiones. (2018). *Final Report: Guatemala Low Emissions Development Strategies (GLEDS) plan*. Guatemala.
- Clean Development Mechanism (CDM). (2018). Project Search. Recuperado el 9 de octubre de 2018, de <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>
- Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE). (2018). *Plan integral de eficiencia energética*.
- Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC). (2016). *Plan de acción nacional de cambio climático*. Guatemala. Recuperado de <http://sgccc.org.gt/wp-content/uploads/2016/10/Plan-de-Acción-Nacional-de-Cambio-Climático-ver-oct-2016-aprobado-1.pdf>
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural (CONADUR). (2014). *Plan nacional de desarrollo K'atun: nuestra Guatemala 2032*. Guatemala.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). (s/f). Clean development mechanism: Project activities. Recuperado el 9 de junio de 2018, de <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). (2006). *Clean development mechanism project design document form (CDM-PDD)*. Guatemala.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). (2007). *Unidos por el Clima. Guía de la Convención sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto*.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). (2011). *Report of the Conference of the Parties on its sixteenth session, held in Cancun from 29 November to 10 December 2010. Cancún, México*. Recuperado de <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf#page=1>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC). (2018). *NS-297 - Sustainable and Low Carbon Bovine Livestock Development*.
- Coordinadora Nacional Indígena y Campesina (CONIC), Mesa Indígena Campesina (UNAC-MIC), & Gobierno de Guatemala. (2009). *Política nacional de desarrollo rural integral (PNDR)*. Guatemala.

- Decreto 101-96. Ley forestal (1996). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 17-85. Ley del alcohol carburante (1985). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 2-2015. Ley de fomento al establecimiento, recuperación, restauración, manejo, producción y proyección de bosques en Guatemala (PROBOSQUE) (2015). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 48-2016. Aprueba el Acuerdo de París, hecho en París el 12 de diciembre de 2015 (2016). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 51-2010. Ley de incentivos forestales para poseedores de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal o agroforestal (PINPEP) (2010). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 52-2003. Ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable (2003). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 58-74. Programa de incentivos fiscales (1974). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 7-2013. Ley marco para regular la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la mitigación de gases de efecto invernadero (2013). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Decreto 93-96. Ley general de electricidad (1996). Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (FUNDAECO). (2016). Resumen Proyecto REDD+ del Caribe de Guatemala. Recuperado el 9 de febrero de 2018, de <http://www.fundaeco.org.gt/documentos/Resumen-Proyecto-REDD-Guatemala.html>
- Gobierno de Guatemala. (2005). *Política nacional de seguridad alimentaria y nutricional*. Guatemala.
- Gobierno de Guatemala. (2015). *Contribución prevista y determinada a nivel nacional*. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- Gobierno de Guatemala. (2018a). *Estrategia nacional de desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero*. Guatemala: USAID Desarrollo con Bajas Emisiones.
- Gobierno de la República de Guatemala (2018b). *Estrategia nacional de ganadería bovina sostenible con bajas emisiones*. Guatemala.
- González, O. G., Guerra, A., & Baily, A. (2016). Huella de carbono de la producción independiente de banano de Guatemala, 2014. En *II Congreso Nacional de Cambio Climático de Guatemala*. Quetzaltenango, Guatemala. Recuperado de https://issuu.com/congresodelcambioclimaticogt/docs/huella_de_carbono_en_produccion_de_
- González, O., & Guerra, A. (2015). *Huella de carbono del azúcar de Guatemala, Zafra 2013 -2014*. Asociación de Técnicos Azucareros de Guatemala.
- Gremial de Palmicultores de Guatemala (GREPALMA). (2018). *Estimación de emisiones de GEI en la producción de aceite de palma de Guatemala*. Guatemala: USAID.
- Grupo de Coordinación Interinstitucional (GCI). (2018). *Estrategia nacional para el abordaje de la deforestación y degradación de los bosques en Guatemala*. Guatemala.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. (H. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe, Eds.). IGES, Japón.

- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014a). *Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad - Resumen para responsables de políticas. Contribución del grupo de trabajo II al quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático*. Ginebra: Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). (2014b). *Cambio climático 2014: informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al quinto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. (Equipo principal de redacción, R. Pachauri, & L. Meyer, Eds.). Ginebra.
- Guerra, A., & Hernández, A. (2012). El cambio climático y el cultivo de la caña de azúcar. En *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala* (pp. 479–512). Guatemala.
- International Research Triangle (RTI), & Proyecto de USAID Desarrollo con Bajas Emisiones. (2017). *Consideraciones de género en las opciones de mitigación de la estrategia de desarrollo con bajas emisiones de Guatemala*. Guatemala: USAID.
- Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (Iarna-URL). (2012). *Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012: vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo*. Guatemala: Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Universidad Rafael Landívar.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (s/f). PROBOSQUE. Recuperado el 1 de septiembre de 2018, de <http://www.inab.gob.gt/>
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2015). *Estrategia nacional de producción sostenible y uso eficiente de la leña 2013-2024. Serie Institucional ES-002* (2015). Guatemala: Instituto Nacional de Bosques.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2018a). Base de datos Pinfor-probosque 1998-2017.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB). (2018b). Base de datos PINPEP 2007-2017.
- Instituto Nacional de Bosques (INAB), Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (Iarna-URL), & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO/GFP). (2012). *Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala, «Woodfuel integrated supply/demand overview mapping»*. Guatemala: FAO/GFF/Facility.
- Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC). (2018). *Política ambiental de cambio climático de GREPALMA y sus socios*. Guatemala: Gremial de Palmicultores de Guatemala.
- Meléndez, M. (2018). Rumbo a una caficultura baja en emisiones GEI. *El Cafetal*, 5–7.
- Mena, K. (2015). *Compendio de experiencias en la mitigación de Gas de Efecto Invernadero (GEI) para la agricultura y ganadería*. San José, Costa Rica. Recuperado de <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/3044/1/BVE17068956e.pdf>
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala. (2015). *Estrategia de restauración del paisaje forestal: mecanismo para el desarrollo rural sostenible de Guatemala*. Guatemala.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (2014). *Política ganadera bovina nacional*. Guatemala: Consejo Nacional de Desarrollo Agropecuario.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (2016). *Política agropecuaria 2016-2020*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG), Instituto Nacional de Bosques (INAB), & Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (1999). *Política forestal de Guatemala*. Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). *Creación de la Oficina nacional de desarrollo limpio y emitir el Reglamento del procedimiento de solicitud, análisis, valoración y aprobación nacional de las propuestas de los proyectos que apliquen al mecanismo para un desarrollo limpio. Acuerdo ministerial (2005)*. Guatemala, Guatemala: Diario de Centroamérica.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). *Política nacional de cambio climático. Acuerdo Gubernativo 329-2009 (2009)*. Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2015). *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático Guatemala*. Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2016). *Posición sobre cambio climático del Gobierno de Guatemala, enmarcada en la 20a reunión de la Conferencia de las Partes y la 10a reunión de las Partes del protocolo de Kyoto de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre cambio climático (COP 20/MOP 10)*. Guatemala.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2018). *Viceministro Coronado participa en la presentación del «Proyecto de Acciones Nacionales -NAMA- de Ganadería Sostenible»*. Recuperado el 9 de febrero de 2018, de http://www.marn.gob.gt/noticias/noticia/Viceministro_Coronado_participa_en_la_presentacin_del_Proyecto_de_Acciones_Nacionales_NAMA_de_Ganadera_Sostenible
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2013). *Política energética 2013-2027*. Guatemala.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2014). *MEM probará etanol en automotores*. Recuperado el 9 de octubre de 2018, de <http://www.mem.gob.gt/2014/08/mem-probara-etanol-en-automotores/>
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2015). *Conclusiones Plan Piloto para la mezcla y uso de etanol en la gasolina en Guatemala*. Recuperado el 11 de septiembre de 2018, de <http://www.mem.gob.gt/2015/12/presentan-resultados-del-plan-piloto-del-uso-de-etanol-en-%0Agasolina/>
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2016). *Planes indicativos de generación y transmisión*. Guatemala. <https://doi.org/10.1109/TDEI.2009.5211872>
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2017). *Informe: balance energético 2016*. Guatemala. Recuperado de http://www.minetad.gob.es/energia/balances/Balances/LibrosEnergia/Energia_2015.pdf%0Ahttp://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2018a). *Balance energético nacional 2017*. Guatemala. Recuperado de <https://www.ssme.gov.py/vmme/pdf/balance2017/BEN2017.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2018b). *Biocombustibles Guatemala*.
- Ministerio de Energía y Minas (MEM). (2018c). *Consumo de productos derivados de petróleo - detalle mensual años 2000 a 2016*. Recuperado el 8 de abril de 2018, de <http://www.mem.gob.gt/estadisticas/direccion-general-de-hidrocarburos/>
- Ministerio de Energía y Minas (MEM), Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), & Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). (2017). *Plan nacional de energía 2017-2032*. Guatemala: Ministerio de Energía y Minas.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2015). Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/soils-2015/docs/Fact_sheets/Es_IYS_CICng_Print.pdf
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2018a). Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en 2017. *Tiempo - Clima - Agua* (Vol. 1212). Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2018b). *WMO Greenhouse Gas Bulletin: The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2017*. Organización Meteorológica Mundial y Global Atmosphere Watch.
- Programa Nacional de Competitividad (PRONACOM). (2016). NAMA: Uso sostenible y eficiente de leña. Recuperado el 9 de febrero de 2018, de <https://www.pronacom.gt/proyectos/nama>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2018). Contribuyen a la gestión de servicios ecosistémicos en Guatemala a través de la ganadería sostenible. Recuperado el 1 de junio de 2018, de <http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/press-center/articles/2018/01/29/contribuyen-a-la-gestion-de-servicios-ecosistemicos-en-guatemala-a-trav-s-de-la-ganader-a-sostenible.html>
- Proyecto de USAID Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala (CNCG), Rainforest Alliance, Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), The Nature Conservancy (TNC), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Defensores de la Naturaleza, & Asociación Guatemalteca de Exportadores (AGEXPORT). (2014). *Resumen de casos de mitigación identificados en Guatemala*. Guatemala.
- Quevedo, J. (2018). *Innovaciones tecnológicas para una ganadería sostenible y su vínculo con los objetivos de desarrollo*. Guatemala: Proyecto de USAID Desarrollo con bajas emisiones.
- Rainforest Alliance. (2017). *Norma para agricultura sostenible para producción agrícola y ganadera de fincas y grupos de productores*. Recuperado de www.rainforest-alliance.org
- Rainforest Alliance, & USAID. (2016). *Informe anual 2016 Programa Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala*. Guatemala.
- Rainforest Alliance, & Proyecto de USAID Clima, Naturaleza y Comunidades en Guatemala (CNCG). (2017). *Tercer informe trimestral programa clima, naturaleza y comunidades en Guatemala 2017*. Guatemala.
- Tetra Tech, & Programa de «Forest Carbon, Markets and Communities» (FCMC) de USAID. (2013). *Evaluación institucional y análisis sectorial para la Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones de Guatemala*. Arlington. Recuperado de http://www.fcmsglobal.org/documents/Guatemala_LEDS_Spanish.pdf
- Verhulst, N., François, I., Grahmann, K., Cox, R., & Goovaerts, B. (2015). *Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación*. México D.F.: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Recuperado de http://conservacion.cimmyt.org/es/component/docman/doc_view/1502-eficiencia-del-uso-de-nitrogeno
- Verified Carbon Standard (VCS). (s/f). *Verified carbon standard project database*. Recuperado el 9 de junio de 2018, de <http://www.vcsprojectdatabase.org/#/vcs>

- Verified Carbon Standard (VCS). (2017). Reduced emissions from avoided deforestation in the multiple use zone of the Maya Biosphere in Guatemala (Guatecarbon). Recuperado el 2 de septiembre de 2018, de http://www.vcsprojectdatabase.org/#/project_details/1384
- Villagrán, O. (2017a). Gasto nacional en cambio climático 2014-2017: integración del gasto público y del gasto privado en cambio climático. Guatemala: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Villagrán, O. (2017b). Gasto público en cambio climático. Guatemala: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Villagrán, O. (2018). Descripción del proceso y costeo del plan de acción nacional de cambio climático y estimación de la brecha financiera. Guatemala: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.