



PROGRAMA ESPECIAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO DEL ESTADO DE YUCATÁN.

Propuesta de políticas y estrategias para la
mitigación de emisiones de GEI.



Banco Interamericano de Desarrollo

Agradecimientos

un nuevo clima para el cambio

0.1. Por parte de Factor CO₂ han participado:

- Kepa Solaun
- Itxaso Gómez
- Asier Sopelana
- Maria Jesús Muñoz
- Sandra Valdueza
- Franck van Dellen
- Silvia Pac
- Zaloa Ares

0.2. Por parte de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán han participado:

- Eduardo A. Batllori Sampetro
- Roberto I. Vallejo Molina
- Andrés III Sierra Gómez
- Dakar F. Villafaña Gamboa
- Martha P. Pérez Marrufo
- Roberto A. Us Vázquez

0.3. Por parte del Instituto de Ecología y Cambio Climático han participado:

- Julia J. Martínez Fernández
- José A. Macías Vargas
- Luis A. Conde Álvarez

0.4. Por parte del Banco Interamericano de Desarrollo han participado:

- David Wilk
- Gmelina Juliana Ramírez
- Inês Pires Araujo Ferreira
- Katharina Siegmann

- Jorge Hinojosa
- Angelo Angel

Índice

1. Contexto	10
2. Resumen ejecutivo	13
3. Inventario de GEI.	17
4. Diagnóstico. Pre-conceptualización de las opciones de mitigación sectoriales.	19
4.1. Contexto general del Estado de Yucatán.	19
4.2. Situación del sector de generación eléctrica.	22
4.3. Situación del sector industrial.	25
4.4. Situación del sector servicios y comercio.	29
4.5. Situación del sector residencial.	34
4.6. Situación del sector transporte.	37
4.7. Situación del sector agropecuario.	39
4.8. Situación del sector de usos del suelo y cambios de uso del suelo (USCUSS).	42
4.9. Situación del sector residuos.	47
5. Estrategia. Propuesta de actuación para la reducción de emisiones de GEI.	51
5.1. Marco estratégico para la actuación.	51
5.2. Líneas de acción y opciones de reducción.	53
5.2.1. Sector de generación eléctrica.	64
5.2.2. Sector industrial.	71
5.2.3. Sector comercio y servicios.	76
5.2.4. Sector residencial.	81
5.2.5. Sector transporte.	87
5.2.6. Sector agropecuario.	94
5.2.7. Sector USCUS.	100
5.2.8. Sector residuos.	103
6. Monitoreo. Propuesta de indicadores de mitigación.	109
6.1. Proceso de monitoreo del PEACC del Estado de Yucatán, vertiente de mitigación.	109
6.2. Cuadro de mando de indicadores de monitoreo.	111
7. Financiación. Principales opciones existentes.	113
7.1. Situación actual de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto en México.	113
7.2. Nuevas oportunidades para la financiación de reducciones de emisiones.	118
7.3. Otras oportunidades de financiación para la mitigación y la adaptación al cambio climático.	122

8. Principales referencias.	127
Anexo I. Análisis de opciones de reducción de emisiones de GEI.	132
1.1. Opciones de reducción en el sector de generación eléctrica.	132
1.2. Opciones de reducción en el sector industrial.	137
1.3. Opciones de reducción en el sector comercio y servicios.	146
1.4. Opciones de reducción en el sector residencial.	155
1.5. Opciones de reducción en el sector transporte.	165
1.6. Opciones de reducción en el sector agropecuario.	173
1.7. Opciones de reducción en el sector USCUS.	181
1.8. Opciones de reducción en el sector residuos.	188
Anexo II. Hipótesis técnicas utilizadas en el análisis de medidas.	197

Índice de tablas

Tabla 1: Emisiones de GEI del Estado de Yucatán, 2005.	17
Tabla 2: Plantas de generación eléctrica del Estado de Yucatán.	23
Tabla 3: Superficie en hectáreas de las distintas categorías de usos del suelo en Yucatán.	43
Tabla 4: Propuesta de políticas para la mitigación de emisiones en el Estado de Yucatán.	54
Tabla 5: Opciones de reducción en el sector de generación eléctrica.	68
Tabla 6: Opciones de reducción en el sector industrial.	73
Tabla 7: Opciones de reducción en el sector comercio y servicios.	78
Tabla 8: Opciones de reducción en el sector residencial.	84
Tabla 9: Opciones de reducción en el sector transporte.	90
Tabla 10: Opciones de reducción en el sector agropecuario.	97
Tabla 11: Opciones de reducción en el sector USCUS.	102
Tabla 12: Opciones de reducción en el sector residuos.	105
Tabla 13: Visión general de los NAMA en México.	116
Tabla 14: Líneas de acción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático orientadas a la financiación.	124
Tabla 15: Fuentes de financiación internacionales para la implementación del PEACC en Yucatán.	125

Índice de figuras

Figura 1: Porcentaje de población con pobreza en el Estado de Yucatán. _____	21
Figura 2: Cobertura y usos del suelo en el estado de Yucatán. _____	44
Figura 3: Áreas clave para la mitigación del cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	51
Figura 4: Vertientes de trabajo para la mitigación del cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	52
Figura 5: Líneas estratégicas para la mitigación del cambio climático en el Estado de Yucatán. _____	53
Figura 6: Atlas de potencial solar en México. _____	65
Figura 7: Atlas de potencial eólico en México. _____	66
Figura 8: Marco de actuación del sector de generación eléctrica. _____	67
Figura 9: Marco de actuación del sector industrial. _____	73
Figura 10: Marco de actuación del sector comercio y servicios. _____	78
Figura 11: Marco de actuación del sector residencial. _____	84
Figura 12: Marco de actuación del sector de transporte. _____	90
Figura 13: Marco de actuación del sector agropecuario. _____	97
Figura 14: Marco de actuación del sector USCUS. _____	101
Figura 15: Marco de actuación del sector residuos. _____	105

Índice de gráficos

Gráfico 1: Emisiones de GEI del Estado de Yucatán, 2005. _____	18
Gráfico 2: Participación de las actividades económicas en el PIB de Yucatán (2010). _____	20
Gráfico 3: Evolución del PIB en el estado de Yucatán (1993-2011). _____	22
Gráfico 4: PIB manufacturero del Estado de Yucatán. _____	26
Gráfico 5: Evolución del PIB por sectores económicos (2003-2011). _____	30
Gráfico 6: Potencial estimado de reducción por área para 2030. _____	61
Gráfico 7: Curva de costos de mitigación, 2030. Medidas a costo negativo (MXN \$). _____	62
Gráfico 8: Curva de costos de mitigación, 2030. Medidas a costo positivo (MXN \$). _____	63
Gráfico 9: Curva de costos de mitigación en el sector de generación eléctrica, 2030. _____	70
Gráfico 10: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector de generación eléctrica. _____	71
Gráfico 11: Curva de costos de mitigación en el sector industrial, 2030. _____	75
Gráfico 12: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector industrial. _____	76

Gráfico 13: Curva de costos de mitigación en el sector comercio y servicios, 2030. ___	80
Gráfico 14: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector comercio y servicios. _____	81
Gráfico 15: Curva de costos de mitigación en el sector residencial, 2030. _____	86
Gráfico 16: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector residencial. _____	87
Gráfico 17: Curva de costos de mitigación en el sector transporte, 2030. _____	93
Gráfico 18: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector transporte. _____	94
Gráfico 19: Curva de costos de mitigación en el sector agropecuario, 2030. _____	99
Gráfico 20: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector agropecuario. _____	100
Gráfico 21: Curva de costos de mitigación en el sector USCUS\$, 2030. _____	103
Gráfico 22: Curva de costos de mitigación en el sector residuos, 2030. _____	107
Gráfico 23: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector residuos. _____	108
Gráfico 13: Proyectos CDM aprobados en México. _____	113
Gráfico 14: PoA en México. _____	115
Gráfico 15: CERs generados por país. _____	119

Acrónimos

ACS	Agua Caliente Sanitaria
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BRT	Autobús de Tránsito Rápido
CDM	Mecanismo de Desarrollo Limpio (<i>Clean Development Mechanism</i> , en inglés)
CICY	Centro de Investigación Científica de Yucatán
CFE	Comisión Federal de Electricidad
COA	Cédula de Operación Anual
Conafor	Comisión Nacional Forestal
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano
CRT	Tonelada de Reserva Climática (<i>Climate Reserve Ton</i> , en inglés)
ECOSUR	El Colegio de la Frontera Sur
EE.UU	Estados Unidos de América
ESCO	Empresa de Servicios Energéticos
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
Infonavit	Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores
GEI	Gas de Efecto Invernadero
GLP	Gas Licuado del Petróleo
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPCC	Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> , en inglés)
JAPAY	Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Yucatán
NAMA	Acción de Mitigación Nacional Apropriada (<i>National Appropriate Mitigation Action</i> , en inglés)
PEACC	Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PMR	Programa para la Preparación a los Mercados (<i>Partnership for Market Readiness</i> , en inglés)

- PoA** Programa de Actividades (*Program of Activities*, en inglés)
- PIB** Producto Interior Bruto
- POETY** Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial
- REDD +** Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal
- Sagarpa** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca
- Seduma** Secretaría de Desarrollo Humano y Medio Ambiente
- Semarnat** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- SIACON** Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta
- SIAP** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
- SSY** Servicio de Salud de Yucatán
- USCUSS** Usos del Suelo, Cambios de Usos del Suelo y Silvicultura

1. Contexto

El cambio climático se ha convertido en el gran reto ambiental a abordar en el presente siglo. Los informes del Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) llevan más de una década alertando sobre los riesgos asociados a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). A nivel internacional se sigue trabajando en el establecimiento de un marco que sustituya al Protocolo de Kioto, cuyo periodo de aplicación termina este año, en 2012.

La reducción de emisiones de GEI, por lo tanto, debe seguir siendo una prioridad para todos los organismos públicos y privados con capacidad de actuación. En cualquier caso, el cambio climático no debe percibirse sólo como una amenaza por los importantes efectos que se prevé que tenga, sino también como una oportunidad para el desarrollo. Las políticas de mitigación no dejan de ser, al fin y al cabo, hojas de ruta para lograr un desarrollo más sustentable.

México, por su situación geográfica y características, es un país vulnerable a los cambios previstos en el clima. Se esperan aumentos de la temperatura media, pero también incrementos del nivel del mar y una mayor afección por fenómenos hidrometeorológicos extremos, como huracanes, ciclones tropicales, inundaciones o sequías. Ante esta perspectiva y uniéndose a los esfuerzos internacionales, México cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático que establece el marco sobre el que se desarrollan las políticas de mitigación y adaptación al cambio climático.

ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO 2007-2012.

Los objetivos generales que se plasman en la Estrategia están orientados en dos áreas, la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos. En concreto, para el primer área se asume el objetivo de identificar las oportunidades de reducción de emisiones y desarrollar proyectos de mitigación. Como segundo objetivo se marca el reconocer la vulnerabilidad de los respectivos sectores y áreas de competencia e iniciar proyectos para el desarrollo de capacidades nacionales y locales de respuesta y adaptación.

La Estrategia pretende, de esta forma, proponer líneas de acción, políticas y estrategias, que sirvan de base para la elaboración de un Programa Especial de Cambio Climático que se inscribiría en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012.

En el ámbito de la reducción de emisiones de GEI, la Estrategia establece actuaciones en dos ejes principales. Por un lado, la generación y uso de la energía, incluyendo tanto el sector de generación eléctrica, como los sectores consumidores de energía. Por otro, vegetación y uso del suelo, abarcando las actividades forestales, agrícolas y ganaderas, así como la planificación territorial y los cambios de uso del suelo.

En ambos casos y siempre en clave de oportunidad, se fijan las líneas de acción a seguir en el periodo de la Estrategia, con el objetivo de alcanzar reducciones y absorciones de GEI.

Una vez establecida la política nacional de cambio climático, los esfuerzos han estado dirigidos a impulsar el desarrollo de la planificación a nivel estatal. De esta forma, bajo la coordinación del Instituto Nacional de Ecología, los estados han comenzado a trabajar hojas de ruta para la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos, denominados Planes Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC).

En este contexto, el Estado de Yucatán tampoco ha querido dejar pasar la oportunidad de unirse a los esfuerzos de lucha contra el cambio climático impulsados a todos los niveles. Sus actuaciones hasta el momento han sido aisladas, pero no por ello menos relevantes.

Entre otros muchos sectores, se ha trabajado de manera especial en el sector primario, modernizando las instalaciones de explotación porcina a través de la incorporación de plantas de biodigestión de excretas, que han sido registradas como proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM, por sus siglas en inglés) por la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Este proceso ha permitido, además de la reducción de un importante número de toneladas de GEI anuales, la mejora de la calidad de vida de las comunidades locales, ligada a la disminución de los impactos sobre el medio ambiente.

Por otra parte y en la misma línea de actuación, desde la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente (Seduma), en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), se ha lanzado un proyecto piloto para la instalación de biodigestores para pequeñas y medianas granjas porcícolas.

También se han realizado importantes avances en la gestión de los residuos urbanos, disminuyendo las emisiones del relleno sanitario de Mérida, a través de un proyecto CDM. En la actualidad se está impulsando la construcción de más rellenos sanitarios, de forma que se permita eliminar los tiraderos a cielo abierto existentes en el Estado.

Por último, es importante resaltar la colaboración entre los tres estados de la Península de Yucatán, bajo la Comisión Regional de Cambio Climático, que ha permitido, por ejemplo, la elaboración de una estrategia común dirigida a disminuir la deforestación de las zonas naturales, la Estrategia Regional de la Península de Yucatán para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal.

No obstante, a pesar de los avances registrados, el reto que quiere abordar ahora el Estado de Yucatán es fijar un marco que establezca una planificación en materia de cambio climático para los próximos años. Ello se traducirá en un PEACC que incluya tanto la vertiente de mitigación de las emisiones, como de adaptación a los efectos del cambio climático.

En este sentido, **el presente documento supone una primera aproximación a la política a llevar a cabo en materia de mitigación de emisiones**, a través del establecimiento de un marco estratégico, que se desarrolla en líneas de actuación que, a su vez, se concretan en una batería de medidas para la reducción de emisiones de GEI.

Los objetivos del mismo, por lo tanto, han sido analizar las actuaciones desarrolladas hasta el momento por el Estado de Yucatán en la materia, estudiar las opciones adicionales de reducción de emisiones de GEI y proponer recomendaciones para la mejora.

El documento se estructura en tres partes. Por un lado, se ha realizado un análisis del inventario de emisiones de GEI elaborado por el Estado de Yucatán, proponiendo una serie de recomendaciones a ser consideradas en próximas actualizaciones.

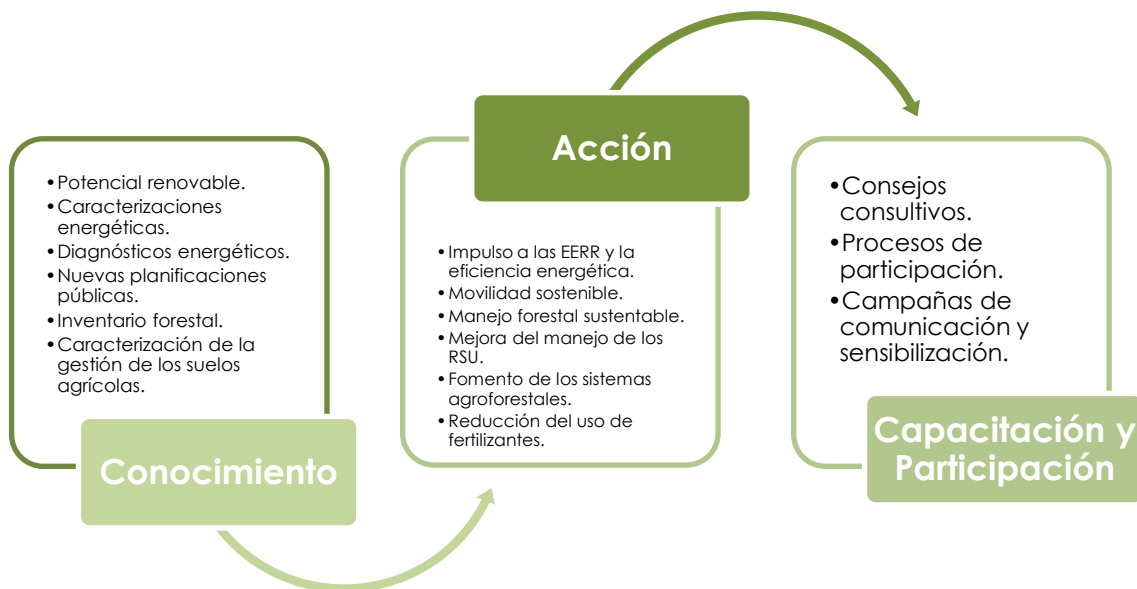
Por otra parte, se realiza un diagnóstico de la situación de cada sector emisor, analizando su contribución al global de emisiones y las actuaciones llevadas a cabo hasta el momento.

En base a ello, la última parte del documento aborda una propuesta de actuaciones para la mitigación de las emisiones de GEI, así como el marco estratégico que guiará las políticas de mitigación del Estado hasta el año 2030.

2. Resumen ejecutivo

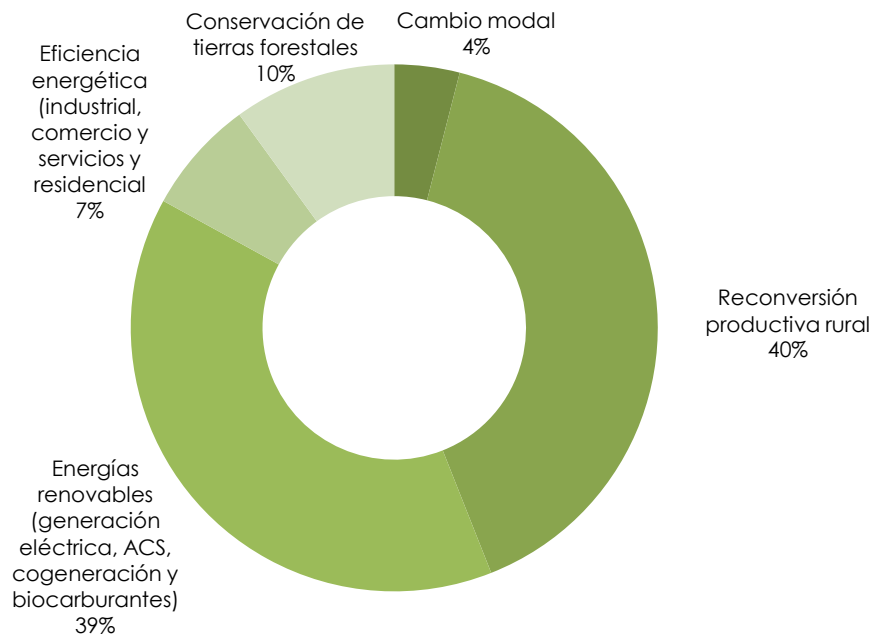
Este documento se centre en el estudio de las opciones de mitigación de emisiones de GEI existentes. En esta fase del trabajo se ha identificado una primera batería de acciones de mitigación, organizadas en torno a tres vertientes ligadas entre sí: **CONOCIMIENTO, ACCIÓN y CAPACITACIÓN Y PARTICIPACIÓN.**

Para ello, se han definido un total de 65 opciones de reducción de emisiones en estas tres líneas de acción, teniendo más peso la vertiente de Acción, al suponer reducciones directas sobre las emisiones de GEI.



El análisis realizado sobre las diferentes opciones de reducción de emisiones apunta a un mayor potencial de reducción en la reconversión productiva rural y las energías renovables¹, seguidas de la conservación de las masas boscosas, la eficiencia energética y el cambio modal en el transporte.

¹ Las energías renovables incluyen la energía solar, la energía eólica y la energía de la biomasa. Es decir, las que utilizan fuentes de energía primaria respetuosas con el medio ambiente.



Ello permite realizar unas recomendaciones de priorización, en función del análisis costo-eficiencia realizado. En este sentido, sería interesante comenzar priorizando aquellas opciones que tengan un balance costo-eficiencia negativo, es decir, que por cada tonelada de GEI reducida haya un beneficio económico. En concreto²,

- ✓ Las medidas incluidas como reconversión productiva rural son a costo negativo, oscilando entre los MXN \$ -400 del laboreo nulo hasta los MXN \$ -20 de los sistemas agroforestales.
- ✓ En el caso de las energías renovables existen también opciones a costo negativo, en este caso oscilando entre los MXN \$ -600 de la energía eólica hasta los MXN \$ -170 del impulso a la cogeneración. En este caso, sin embargo, también existen medidas a costo positivo como la producción de biocarburantes, en torno a los 250 MXN \$, o la energía solar fotovoltaica que supera los MXN \$ 3,000.
- ✓ Las medidas de eficiencia energética presentan igualmente costos negativos, sobre todo las relativas a cambios de equipos o iluminación que pueden llegar a aportar un beneficio de hasta MNX \$ 1,500 por tCO₂e reducida, debido a los ahorros energéticos y económicos que suponen. En este grupo destaca la mejora de la envolvente térmica de los edificios, con costos positivos en torno a los MXN \$ 500.

² El análisis de las opciones de reducción se ha realizado en pesos mexicanos.

- ✓ Las medidas que contribuyen a la conservación de las masas forestales presentan costos positivos en torno a los MXN \$300 – 500 en el caso de las plantaciones en áreas degradadas y reforestaciones. Ello es debido a que, por un lado, los fines son conservacionistas y no se obtiene un beneficio económico de la inversión realizada. Por otro lado, en el caso de las plantaciones, el periodo analizado no es lo suficientemente amplio para abarcar el tiempo necesario para la corta y comercialización de la madera.
- ✓ Las medidas dirigidas del cambio modal del vehículo privado a otros modos suponen también un costo positivo que oscila entre MXN \$1 de la definición de zonas de alta demanda y los MXN \$120 del fomento de la bicicleta en las áreas urbanas.
- ✓ Por último, la gestión de residuos y estiércol son opciones que se han analizado pero que prácticamente carecen de potencial de reducción, al ser áreas donde el Gobierno de Yucatán ya viene trabajando.

Sin embargo, hay que tener presente también que además de la variable económica, es importante considerar también aspectos sociales y ambientales. Por ello, finalmente se recomienda priorizar en primer término las opciones encaminadas a mejorar el conocimiento de cada sector, lo que ayudará a ajustar el alcance de las medidas de acción que conlleven reducciones directas de emisiones. Por otro lado, es necesario mantener en el tiempo las opciones integradas en la línea de participación y capacitación, ya que permiten crear la atmósfera necesaria para que se produzcan finalmente las reducciones de emisiones esperadas.

Dentro de las medidas de la línea de acción, y como se ha comentado anteriormente, se propone su priorización en función de los resultados del análisis costo-eficiencia, con las siguientes excepciones para las cuales sería necesario un análisis detallado por las implicaciones sociales y ambientales que tienen ligadas:

- Impulso a la energía eólica. El principal recurso eólico del Estado de Yucatán está ligado a la franja costera. Esta zona tiene, además, una importante riqueza natural y social, por lo que sería necesario un estudio en profundidad que tuviese en cuenta los aspectos sociales y naturales de la medida.
- Impulso a la generación eléctrica a través de biomasa. Debido a que el principal insumo para este tipo de tecnología debería provenir de las selvas yucatecas, sería necesario un análisis del potencial real existente, teniendo también en cuenta los aspectos sociales y ambientales ligados a las masas

selváticas del Estado. Así mismo, sería necesario evaluar en mayor detalle las condiciones necesarias para asegurar el manejo sustentable de la biomasa y evitar el incremento del riesgo sobre este tipo de vegetación debido al impulso de esta línea de actuación.

- Desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes. Únicamente tendría sentido si se potencia de forma paralela una demanda de este tipo de carburantes en el mismo Estado, para que así se produzcan las reducciones de emisiones esperadas en el sector del transporte. En este sentido, además, sería necesario considerar también los aspectos sociales ligados al desplazamiento de superficie apta para la producción de alimentos, para producir en su lugar la materia prima utilizada en la fabricación de los biocarburantes.

Por último, se ha definido una batería de **25 indicadores** como primera propuesta para realizar el monitoreo adecuado de la sección de mitigación del PEACC de Yucatán.

3. Inventario de GEI.

El inventario de GEI desarrollado por el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) y el Gobierno de Yucatán da una visión de la situación del Estado en cuanto a emisiones para el año 2005. Así, el Estado de Yucatán tuvo unas emisiones de 10,866,538 t CO₂e de acuerdo con la versión del inventario de septiembre de 2013.

El principal GEI fue el dióxido de carbono (CO₂), con un total del 76.28%, seguido por el óxido nitroso (16.13%) y metano (CH₄) (11.17%). Las emisiones derivadas por el uso de halocarburos sumaron el 1.48%.

Tabla 1: Emisiones de GEI del Estado de Yucatán, 2005.

Fuente: Inventario de GEI del Estado de Yucatán, 2005. Versión de septiembre de 2013.

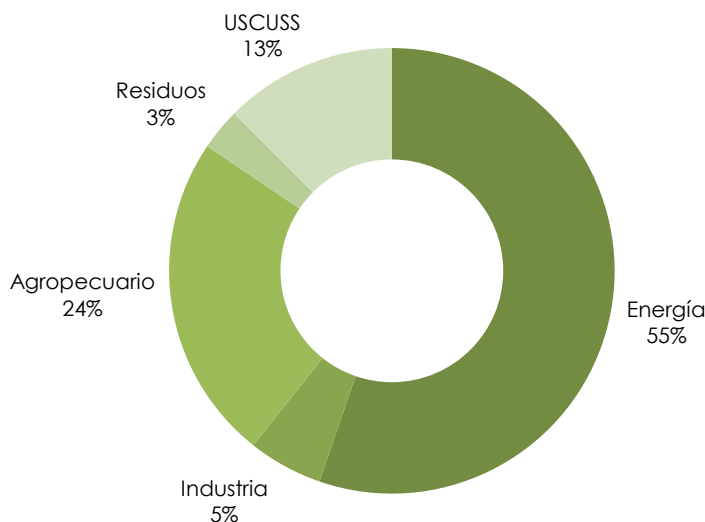
Gg CO ₂ e		
	Gas de efecto invernadero	2005
Fuentes Anexo A	CO ₂	6,404.38
	CH ₄	1,191.29
	N ₂ O	1,750.46
	HFCs	161.12
	PFCs	0
	SF ₆	0
USCUSS	CO ₂	1,334.30
	CH ₄	22.68
	N ₂ O	2.30
Gg CO ₂ e		
Sectores emisores		2005
Energía		6,005.70
Procesos industriales y solventes y otros usos de productos		588.73
Desechos		330.48
Agricultura		2,582.35
USCUSS		1,359.28

En cuanto a la distribución sectorial de dichas emisiones, **el sector en el que más emisiones se contabilizaron fue la energía, con un 55.27% de las emisiones, seguido por el sector agropecuario (23.76%), los Usos del Suelo, Cambios de Usos del Suelo y Silvicultura (USCUSS) (12.51%),** los procesos industriales (que incluyen el uso de solventes

y otros productos y los halocarburos) (5.42%) y los desechos (3.04%). Así, el total de las emisiones del Estado de Yucatán sumaron 10,866.54 Gg CO₂e.

Gráfico 1: Emisiones de GEI del Estado de Yucatán, 2005.

Fuente: Inventario de GEI del Estado de Yucatán, 2005. Versión de septiembre de 2013.



Por lo tanto, los principales sectores donde es conveniente centrar la atención de las políticas de mitigación de emisiones son los sectores energéticos, donde se incluyen las actividades industriales de combustión, la generación eléctrica, el comercio y los servicios, el transporte y el sector residencial, el agropecuario y el de Usos del Suelo, Cambios de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUS).

En cualquier caso, aunque representan un porcentaje menor de las emisiones, no hay que olvidar el potencial existente en las emisiones derivadas de los procesos industriales y los desechos o residuos urbanos. Por ello mismo, el presente documento finalmente incluye el análisis de las opciones de mitigación para todos los sectores emisores.

Diagnóstico. Pre-conceptualización de las opciones de mitigación sectoriales.

3.1. Contexto general del Estado de Yucatán.

El Estado de Yucatán tiene actualmente una economía basada en los servicios, que en 2010 supuso más del 70% de su Producto Interior Bruto (PIB)³, seguida de un importante sector industrial. Pero no siempre ha sido así, desde principios del siglo XX, Yucatán fue un estado volcado en los sistemas agropecuarios, destacando la industria del henequén.

Esta evolución ha sido debida a una cada vez mayor participación de los servicios en la composición del producto local, así como a una especialización del sector industrial. Sin embargo, **un hecho que ha influido de importante manera ha sido el auge que ha tenido el sector del turismo en toda la Península de Yucatán.** Así, el turismo **ha permitido un desarrollo importante de la red de infraestructuras** (redes para el suministro de electricidad, agua y gas, así como redes de transporte y edificaciones) por toda la Península, pero principalmente en la zona norte. **Elo ha supuesto un cambio en las actividades que se llevaban a cabo, pasando del cultivo y procesamiento de la fibra de henequén a la producción de bienes y servicios relacionados con el sector terciario.** Sin embargo, el sector terciario yucateco está compuesto en su mayoría por pequeñas y medianas empresas, lo que dificulta la inversión en tecnología y comunicaciones y pospone la modernización del comercio yucateco⁴.

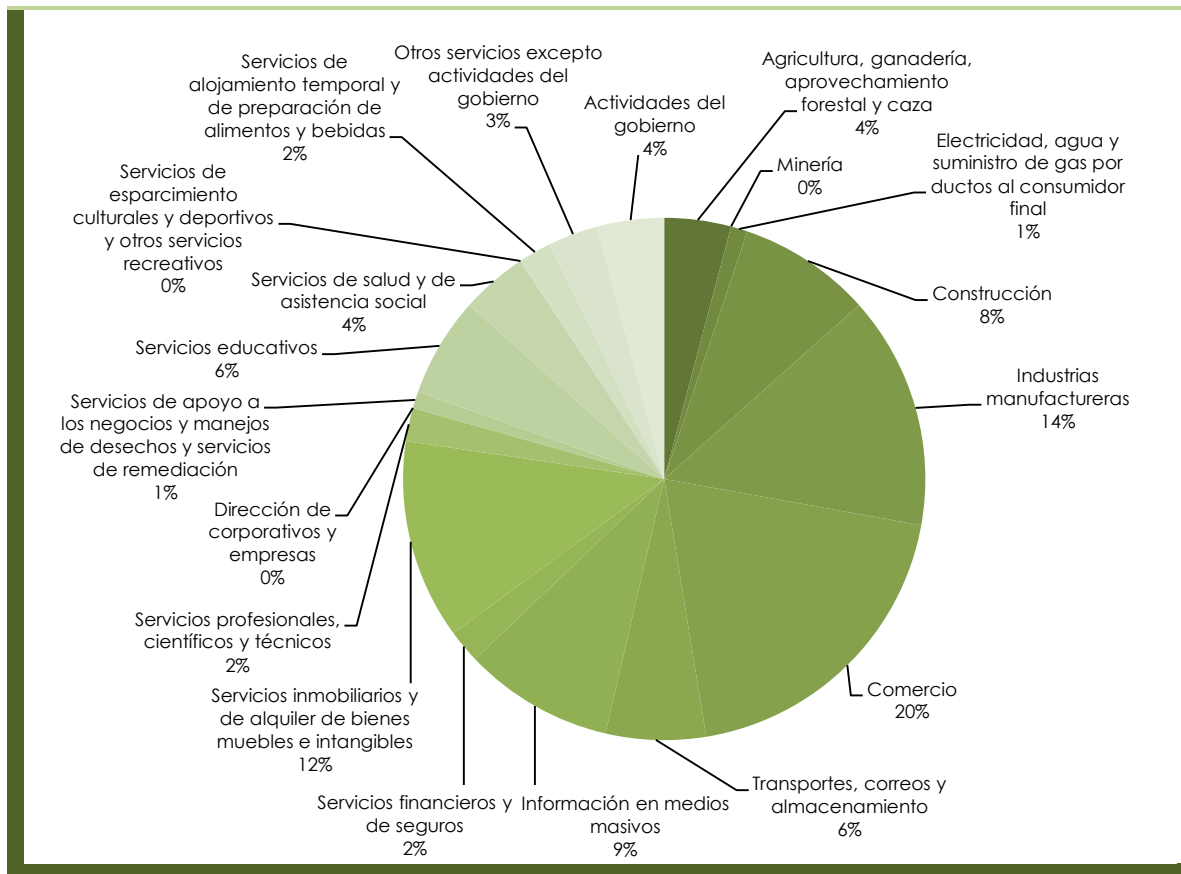
Por otra parte, el sector primario también ha sufrido una transformación, pasando de la producción agrícola (mayoritariamente cultivo del henequén), a un mayor desarrollo de la ganadería, principalmente porcícola y avícola. Aunque es necesario puntualizar que la mayor parte de la producción de este sector es para autoconsumo⁵, lo que explica su poco peso sobre el PIB global del Estado (4%).

³ En 2010 el sector terciario representó el 73% del PIB. INEGI.

⁴ Fuente: Plan Estatal de Desarrollo, 2007-2012.

⁵ No se conocen estadísticas que permitan especificar el % de la producción que se destina a autoconsumo en el Estado de Yucatán.

Gráfico 2: Participación de las actividades económicas en el PIB de Yucatán (2010).
Fuente: Secretaría de Fomento Económico del Gobierno del Estado de Yucatán.

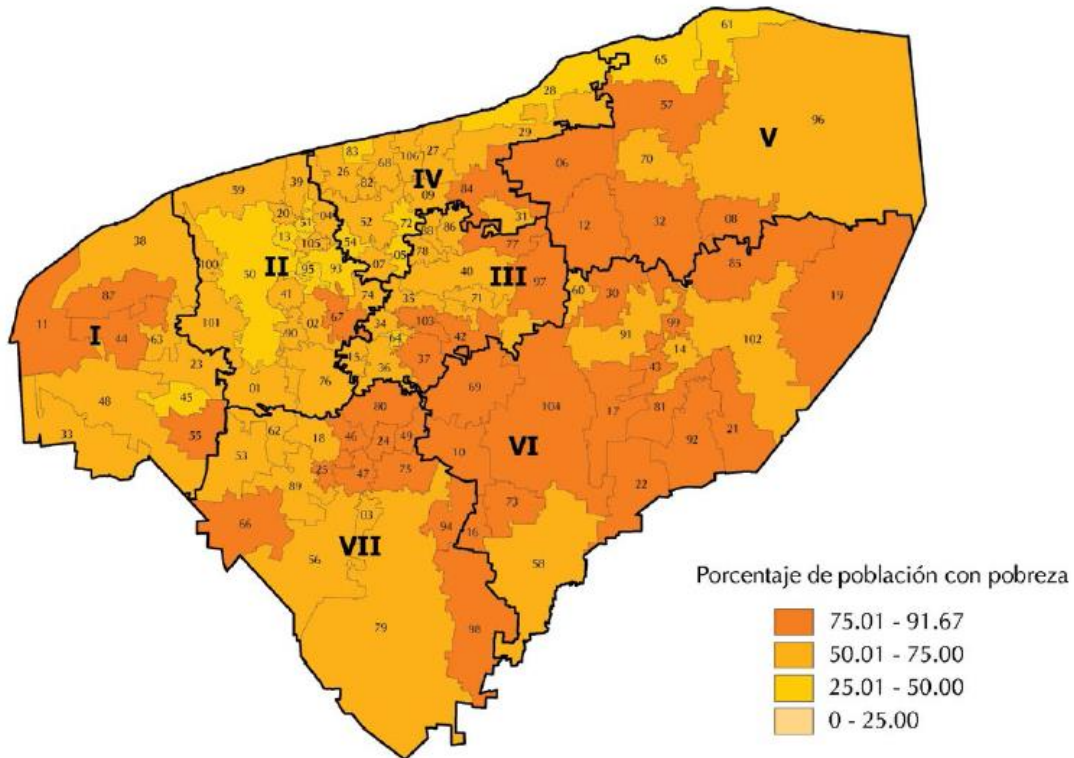


Otro aspecto relevante a tener presente es el grado de marginación en el que vive parte de la población yucateca. De acuerdo con el Plan Estatal de Desarrollo, 2007-2012, los ingresos medios por habitante son inferiores a la media nacional, siendo MXN \$ 190.1 en el Estado de Yucatán y MXN \$ 260.1 para todo México⁶. Más del 70% de los municipios presenta altos y muy altos grados de marginación, de acuerdo con los estudios del Consejo Nacional de Población.

En este sentido, hay que destacar dos realidades muy diferentes dentro del Estado, por un lado la situación de la capital, Mérida, y su zona metropolitana y, por otro, la región centro y sur, tal y como se muestra en la siguiente figura.

⁶ Pesos por día en promedio anual para 2012. Secretaría del trabajo y previsión social.

Figura 1: Porcentaje de población con pobreza en el Estado de Yucatán.⁷
Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), 2010.



Mérida cuenta con la mayor concentración demográfica y económica del estado, aproximadamente el 50% de la población si se tiene en cuenta toda la zona metropolitana⁸. La capital yucateca cuenta con unos índices muy bajos de marginación, mientras que la región centro y sur alcanza grados altos y muy altos.

Otro aspecto importante del Estado es la fuerte presencia del pueblo indígena dentro de los grupos sociales que forman la población, suponiendo casi el 60% de la población, pero localizado en las zonas identificadas con elevada marginación del Estado⁹.

Por último, los procesos de desarrollo urbanísticos en las zonas costeras y cercanas a la capital han supuesto graves riesgos tanto para las poblaciones locales, como para los

⁷ La escala de trabajo de este mapa fue 1:250 000 pero para efectos de ilustración del texto de incluyo un mapa a escala 1:1 700 000

⁸ Fuente: Secretaría de Fomento Económico del Gobierno del Estado de Yucatán.

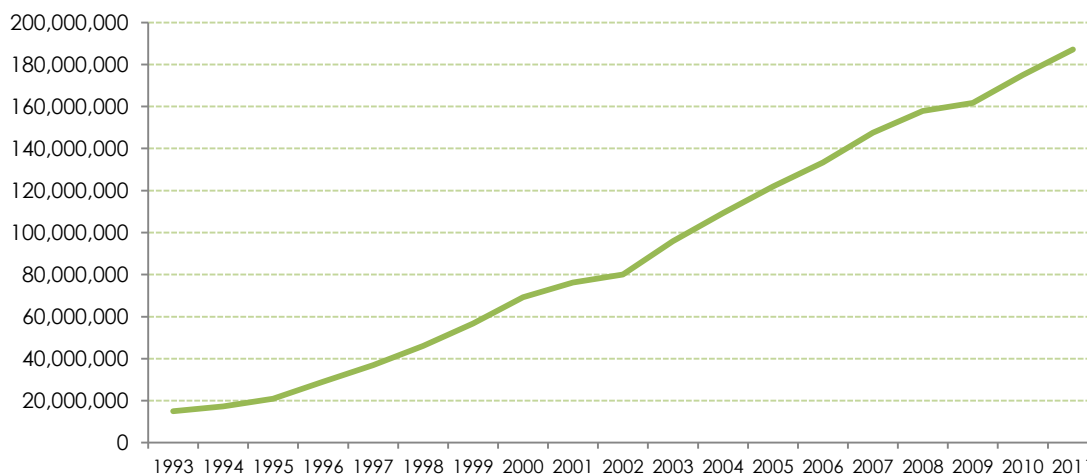
⁹ Fuente: Plan Estatal de Desarrollo, 2007-2012.

espacios naturales adyacentes. Ello, unido a una falta de planificación y coordinación entre administraciones provoca diferentes efectos negativos, como que parte de la población no pueda acceder a los servicios públicos o la acentuación del efecto isla de calor en los centros urbanos, entre otros.

Por lo tanto, tal y como se muestra en el siguiente gráfico, a pesar del desarrollo económico de los últimos años y la constante modernización de los sectores productivos del Estado de Yucatán, su situación demanda una fuerte participación de las administraciones públicas por el desarrollo sustentable de la sociedad.

Gráfico 3: Evolución del PIB en el estado de Yucatán (1993-2011).
Fuente: INEGI.

PIB de Yucatán



Así, a continuación se analizan los principales sectores que contribuyen a las emisiones de GEI del Estado, identificando las áreas de actuación prioritarias con este doble enfoque de mitigación del cambio climático y desarrollo sustentable de la sociedad yucateca.

3.2. Situación del sector de generación eléctrica.

Al igual que en el resto de México, en el Estado de Yucatán la generación eléctrica está a cargo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que es la encargada de proveer de servicio eléctrico a todo el país.

Como se ha comentado en el capítulo de análisis del inventario, este sector contribuye en un 57.58%¹⁰ al total de emisiones de GEI de Yucatán. Las mismas están asociadas a las plantas de generación eléctrica existentes.

El Estado cuenta con tres centrales termoeléctricas situadas en Mérida y en Valladolid, que utilizan como combustible principal el combustóleo. Recientemente, cuenta con dos plantas de ciclo combinado que utilizan gas natural y también están localizadas en Mérida y Valladolid. Ello hace del Estado de Yucatán un **exportador de energía eléctrica a otros estados**, al generar más que la demanda interna que presenta¹¹.

Tabla 2: Plantas de generación eléctrica del Estado de Yucatán.

Fuente: Inventario de gases de efecto invernadero del Estado de Yucatán, 2005.

Nombre	Fuente de generación	Localización	Año de establecimiento	Capacidad instalada (MW)
Nachi-Cocom	Termoeléctrica	Mérida	1962	49
	Turbo gas		1987	30
Mérida II	Termoeléctrica	Mérida	1981	168
	Turbo gas		1981	30
Mérida III	Ciclo combinado	Mérida	2000	484
Felipe Carrillo Puerto	Termoeléctrica	Valladolid	1992	75
	Ciclo combinado		1994	220
Valladolid III	Ciclo combinado	Valladolid	2006	525

De acuerdo con la información aportada por el propio sector en las sesiones de participación organizadas con expertos sectoriales en el ámbito del presente proyecto, aunque existe poco margen para la mejora en la eficiencia energética de los procesos de generación eléctrica en las plantas existentes, las redes de distribución podrían ser un campo de actuación para la disminución de las pérdidas de energía.

En este sentido, y de acuerdo con lo reflejado en la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, es en el proceso de distribución donde se encuentra el principal potencial de reducción tanto en las pérdidas técnicas como en las no técnicas.

¹⁰ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

¹¹ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

Pero, además, **las previsiones apuntan a una paulatina sustitución del combustóleo por gas natural**. Este cambio de combustible supondría un importante ahorro en las emisiones de GEI asociadas a este sector. A corto plazo esta sustitución estaría enfocada en las centrales termoeléctricas que, a medio y largo plazo, darían paso a una sustitución total de las centrales termoeléctricas más antiguas por ciclos combinados. Sin embargo, hay que tener presente que, según las opiniones vertidas por los expertos sectoriales que tomaron parte en las sesiones de participación organizadas en el ámbito del proyecto, por el momento las características del gas natural que se está utilizando impiden una mayor expansión, debido a su alto grado de impurezas.

Por otra parte, además de la sustitución de combustibles y la disminución de las pérdidas en la distribución, **el impulso de las energías renovables es otra línea de actuación clara en este sector**.

La Península de Yucatán en su conjunto, y el Estado de Yucatán en particular, cuentan con un potencial renovable significativo, derivado de sus importantes recursos naturales. La energía solar, la eólica, además de la biomasa, suponen áreas donde es necesaria una mayor investigación que determine de forma precisa el potencial existente.

A nivel nacional, el impulso de las energías renovables es también una de las áreas de actuación que se están impulsando en la actualidad. Aunque todavía no se ha desarrollado ningún proyecto al respecto en Yucatán, en México ya existen experiencias con la energía solar, principalmente localizados en Baja California, y parques eólicos en las zonas de Oaxaca, Chiapas, Tabasco y Veracruz.

En este sentido, otra fuente importante para la generación eléctrica renovable es el aprovechamiento energético del biogás generado tanto en los rellenos sanitarios, como en las plantas de biodigestión de excretas. Esta oportunidad ya ha sido identificada por el Estado de Yucatán, donde ambos sectores están trabajando en el estudio de este potencial y las posibles vías para su aprovechamiento.

La actual legislación nacional recoge el marco para el desarrollo de las energías renovables, además de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica del año 1992, la reciente Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética de 2008 regula el desarrollo de las mismas. Esta normativa

se concreta además en el Programa Especial para el Aprovechamiento de las Energías Renovables, publicado en el año 2009.

Por otra parte, la planificación federal contempla un incremento de la participación de las energías renovables hasta el 35% sobre el total del parque de generación eléctrica en su Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. A nivel estatal, por el momento, se están llevando a cabo diferentes investigaciones en este sentido, pero aún no existe una valoración que permita una decisión política firme.

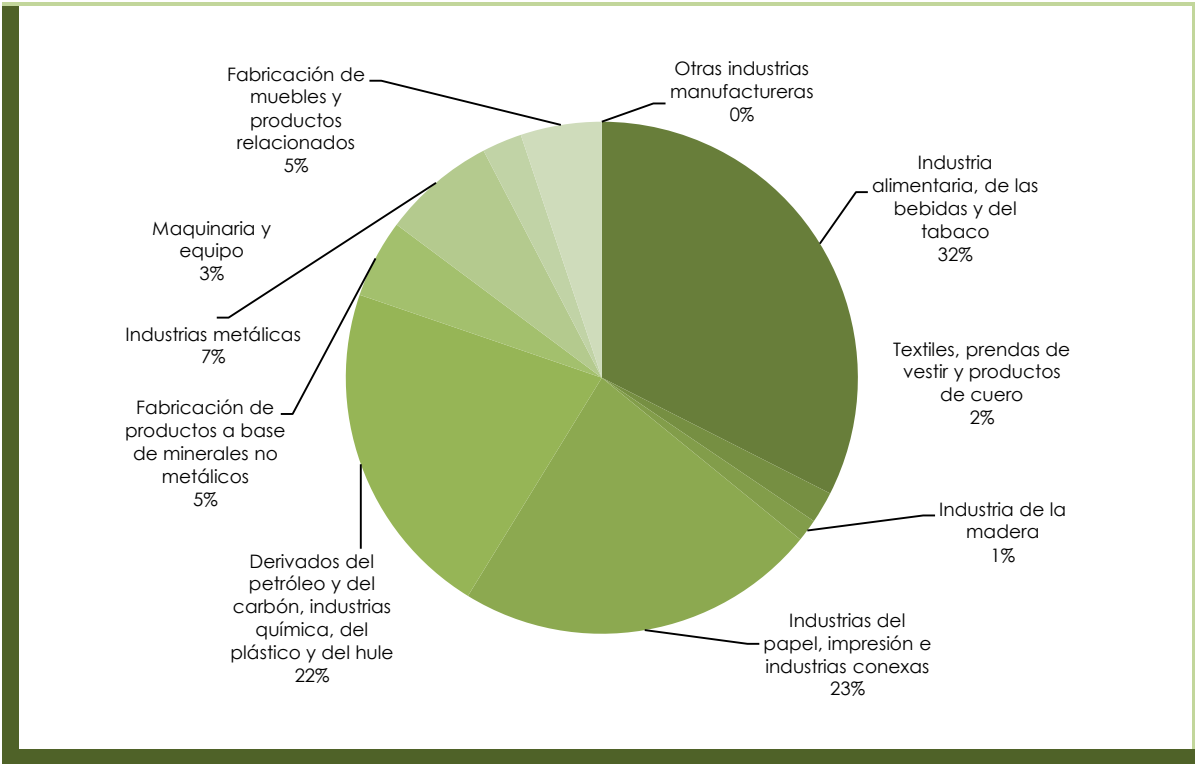
Sin embargo, el alto costo asociado a las tecnologías de generación eléctrica renovable es una fuerte barrera para su implementación. Ello puede explicarse por la falta de internalización de los costos externos ligados al uso de los combustibles fósiles, como los costos ambientales, sobre la salud y el patrimonio histórico, entre otros. Por otra parte, la ausencia de un seguimiento más riguroso de las emisiones a la atmósfera y de la eficiencia en los procesos hace que siga siendo rentable el uso de las tecnologías convencionales. Y, por último, la necesidad de capacitación sobre el uso y aprovechamiento de este tipo de tecnologías es también otra dificultad añadida para su desarrollo en el Estado de Yucatán.

3.3. Situación del sector industrial.

Como se ha comentado anteriormente, aunque el sector de comercio y servicios representa el mayor peso en el PIB del Estado, el sector industrial sigue siendo muy relevante gracias a su contribución a la generación de empleo, 23,71% de la población económicamente activa trabajaba en este sector en 2011¹². Dentro del mismo, **la industria manufacturera y la de construcción son las más destacables, gracias al efecto tractor que tienen sobre otros sectores económicos**. La siguiente gráfica muestra el desglose del PIB de la industria manufacturera en el Estado de Yucatán.

¹²Fuente: INEGI. Resultados de la encuesta nacional de ocupación y empleo. Tercer trimestre de 2011.

Gráfico 4: PIB manufacturero del Estado de Yucatán.
Fuente: Secretaría de Fomento Económico del Gobierno del Estado de Yucatán.



Las emisiones de GEI ligadas a la industria tienen dos fuentes de origen, por un lado el uso de combustibles fósiles y, por otro, las emisiones asociadas a los procesos productivos (denominadas emisiones de proceso). Como se ha comentado en el capítulo de análisis del inventario, este sector contribuye en un 8.99%¹³ al total de emisiones de Yucatán, siendo las derivadas de la combustión de combustibles fósiles el 3.57% (agrupadas en las emisiones de los sectores energéticos) y las de proceso el 5.42%.

Las categorías industriales del Estado de Yucatán recogidas en el inventario de GEI engloban los productos minerales no metálicos (incluyendo el cemento, la cal y a la pavimentación con asfalto), la industria química (que abarca únicamente el uso de solventes), la producción de metales (principalmente hierro y acero), la elaboración de alimentos y bebidas, que cómo se puede observar en el gráfico previo es el sector que más aporta al PIB (de las cuales únicamente se consideran las bebidas

¹³ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

alcohólicas) y el consumo de halocarburos para aires acondicionados, refrigeración y transformadores eléctricos.

No obstante, únicamente la producción de productos minerales no metálicos, la producción de metales y el consumo de halocarburos generan emisiones directas de GEI. Las emisiones producidas en el resto de sectores son, principalmente, de CO₂ y otros GEI indirectos como CO y NO_x.

En cuanto a las emisiones de combustión, las principales están ligadas a la actividad del sector manufacturero y de la construcción, causadas por cuatro tipos de combustible: diésel y combustóleo, GLP, coque de petróleo y gas natural. De todos ellos, el que más contribuye a las emisiones es el coque de petróleo, seguido por el diésel y el combustóleo, el gas natural y el GLP.

En cuanto a la aportación de cada uno de los sectores industriales en emisiones de proceso, la mayor parte son causadas por la producción de cemento, cuyas emisiones totales contabilizan el 57.21% de las emisiones de CO₂e de proceso del Estado. En segundo lugar se sitúa el uso de halocarburos, con un 27.37%, seguido por la producción de cal, con un 15.41%. En último lugar se sitúa la producción de metales, actividad que en la actualidad ya no se lleva a cabo en el Estado de Yucatán y cuyas emisiones de proceso, en 2005, sumaron apenas el 0.01% del total de emisiones de proceso de CO₂e de las industrias¹⁴.

De cara a abordar las emisiones de combustión del sector industrial, **una de las medidas más interesantes es la instalación de plantas de cogeneración**. Aunque esta tecnología se encuentra muy poco desarrollada en México¹⁵, presenta enormes ventajas para el sector industrial, principalmente traducidas en un ahorro energético y económico derivado de sus importantes niveles de eficiencia en el proceso.

Soluciones en materia de eficiencia energética en la pequeña y mediana industria

A nivel nacional, las principales soluciones en materia de eficiencia energética sobre el sector industrial se concentran en la aplicación de cogeneración. Sin embargo, a nivel de pequeña y mediana empresa a nivel industrial, se han identificado otras posibilidades de ahorro energético asociadas al consumo de energía eléctrica.

¹⁴ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

¹⁵ Estudio sobre cogeneración en el sector industrial de México. 2009.

Estudios¹⁶ sobre el análisis de opciones de eficiencia energética sobre el sector de pequeña y mediana empresa (considerando empresas de tipo industrial) a nivel de México, han identificado posibilidades para el ahorro energético en los principales usos de electricidad de estas empresas, particularmente en aquellos asociados a: generación de aire comprimido, sistemas de iluminación, uso de motores en procesos productivos, aire acondicionado, equipos de refrigeración, equipos para el bombeo de agua (esta opción es particularmente interesante para la industria alimentaria, puesto que es una gran consumidora de agua en sus procesos y dispone de un peso muy importante en el conjunto de la actividad industrial de Yucatán), así como sustitución de equipos eléctrico o electrónicos a nivel de oficinas.

Para cada uno de los usos se ha realizado una estimación del potencial de ahorro energético, enfocado particularmente a la sustitución de equipos convencionales por otros más eficientes. En el caso de opciones aplicables al sector industrial se han identificado los siguientes potenciales de ahorro: producción de aire comprimido (15%), equipos de luminarias (30%), motores en procesos productivos (5%), equipos de aire acondicionado (20%) y sistemas de bombeo de agua (15%).

En base a la aplicación a nivel nacional, más adelante en el presente documento se realiza un análisis de las opciones de implementación en el Estado de Yucatán.

En relación con las emisiones de proceso, las opciones de reducción de las emisiones son más limitadas y se centran principalmente en la aplicación de las mejores tecnologías disponibles. Sin embargo, de acuerdo con el estudio desarrollado por el Banco Mundial para México en el año 2009¹⁷, las principales opciones para la reducción del consumo energético en el sector industrial se encuentran ligadas a las pequeñas y medianas empresas. Debido al menor poder de inversión y a la falta de conocimiento de este tipo de industrias, la capacidad para la introducción de nueva tecnología es menor, por lo que el parque de maquinaria con el que se cuenta suele ser antiguo e ineficiente.

Por otro lado, sectores como el cemento han ido llevando a cabo inversiones que les han permitido contar con instalaciones modernas, donde la eficiencia energética suele estar ya interiorizada en el proceso productivo.

¹⁶ Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME. 2012.

¹⁷ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, 2009.

Por otra parte, no debe olvidarse que la industria es también una de las principales fuentes de mayor demanda de electricidad. Aunque las emisiones ligadas a la generación eléctrica están contabilizadas en el sector energético, **es importante explorar las vías que permitan una disminución de la demanda eléctrica en los sectores que son consumidores finales.**

En cualquier caso, para enfocar correctamente las medidas que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética en el sector, es necesario un análisis sobre el diagnóstico energético a nivel de subsector, teniendo en cuenta las peculiaridades de cada proceso productivo. En términos generales, además de los sistemas de cogeneración, las opciones que suelen derivarse de este tipo de estudios de diagnóstico están enfocadas a la sustitución de motores y hornos por equipos nuevos más eficientes.

No obstante, existen determinadas medidas que tienen un carácter transversal y pueden ser implantadas en todos los subsectores. Es por ejemplo el caso de la optimización de los niveles de iluminación, a través del cambio de luminarias convencionales por otras más eficientes.

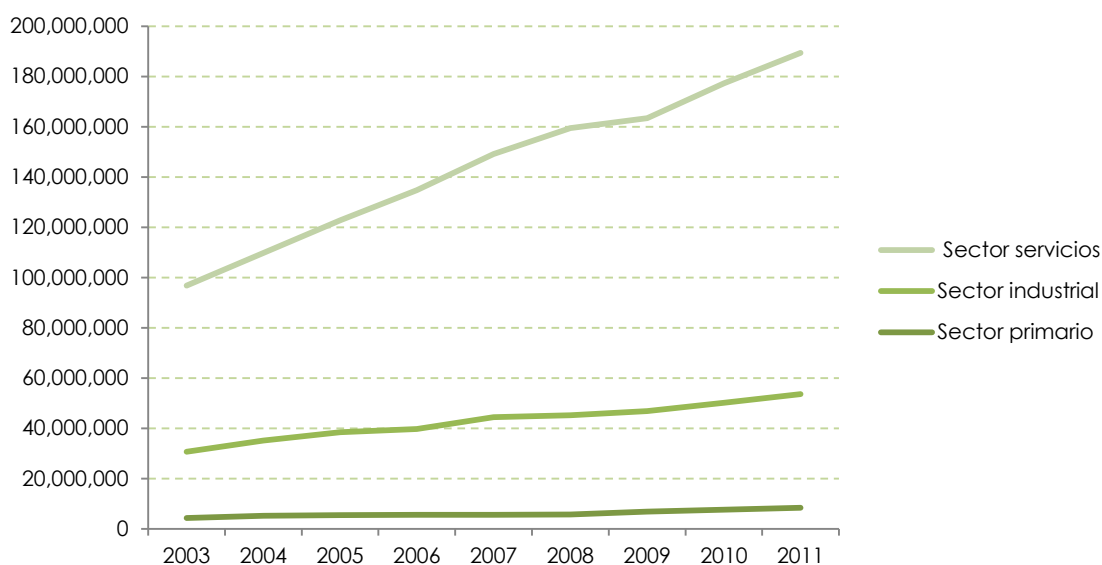
Al igual que ocurre en otros sectores, es importante también fomentar la capacitación del sector en la materia para alargar la vida de las medidas implementadas, así como fomentar la mejora continua a futuro. Ello puede realizarse de muy diversas maneras, por ejemplo a través de campañas de información, así como talleres más dirigidos a la realidad de los diferentes subsectores. Además, cabe considerar los esquemas y formas de apoyo del Programa de Eficiencia Energética del Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE).

3.4. Situación del sector servicios y comercio.

Principalmente ligado a la actividad del turismo, el sector terciario yucateco ha ido incrementándose en las últimas décadas, hasta posicionarse con una importante representación en el PIB, como se percibe en el siguiente gráfico.

Gráfico 5: Evolución del PIB por sectores económicos (2003-2011).

Fuente: INEGI.



Hay que tener en cuenta además que, a medida que los desarrollos urbanos se van sucediendo, aumentan las demandas de servicios de la población, entre ellos los servicios públicos que se encuentran también incluidos en este sector.

En términos de emisiones de GEI el comercio y los servicios no son muy relevantes, en el inventario suponen alrededor del 0.04% sobre el total de emisiones del inventario¹⁸. Sin embargo, la única fuente de energía de este sector no sólo son los combustibles fósiles. De hecho, sus principales demandas energéticas están ligadas al consumo de electricidad¹⁹. Por lo tanto, y al igual que ocurría en el sector industrial, existe un potencial importante de reducción a través de la implementación de medidas que persigan la eficiencia energética en las instalaciones.

A nivel nacional se han ido implementado diversos programas encaminados a reducir el consumo energético de este sector. En este sentido, el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) lleva años promoviendo ahorros en el consumo eléctrico, gracias a **programas que promueven la sustitución de luminarias por otras más**

¹⁸ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

Es necesario puntualizar que, por falta de datos más precisos, el inventario ha recogido los consumos de hoteles y hospitales pero no del resto de pequeños y medianos comercios que integran la totalidad del sector.

¹⁹ Estudios a nivel nacional apuntan a que el consumo eléctrico del sector servicios y comercio asciende a más del 20% del total demandado. IEA, SENER, 2008. (Banco Mundial. México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. 2009).

eficientes, así como el cambio de aparatos eléctricos y electrónicos por otros con mejor desempeño energético.

En este sentido, dentro de los tipos de aparatos eléctricos y electrónicos del sector, pueden destacar los aparatos eléctricos de aire acondicionado y los sistemas de iluminación, debido a su gran distribución generalizada. Aunque sería necesario un estudio de diagnóstico energético para conocer el potencial de reducción más aproximado, se puede detectar que la sustitución progresiva de los aparatos obsoletos y el cambio a lámparas fluorescentes compactas repercutirían en una importante disminución del consumo eléctrico del sector.

Por ello, **una vía de trabajo importante puede ser el etiquetado energético de este tipo de aparatos**, de forma que se refuerce la información que le llega al consumidor final de los mismos y que puede influir en la decisión de su compra.

Por otra parte, **también existe un área importante de desarrollo ligada a las energías renovables, tanto para la generación eléctrica descentralizada, como para el abastecimiento de agua caliente sanitaria, principalmente en el sector del turismo.** En los capítulos siguientes del presente documento se realiza un análisis de estas opciones para el Estado de Yucatán.

Otra área a abordar lo constituyen los edificios públicos e institucionales. En la misma línea de acción de sustitución de sistemas de iluminación y principales aparatos consumidores de energía, el potencial de ahorro es importante ya que este sector no cuenta con el incentivo económico derivado de los ahorros producidos, por lo que apenas se ha trabajado en ello. Sin embargo, ello mismo supone una barrera de entrada, debido a la falta de presupuesto público para emprender este tipo de actuaciones.

EMPRESAS DE SERVICIOS ENERGÉTICOS - ESCO.

El concepto de empresa de servicios energéticos (o ESCO por sus siglas en inglés) consiste en una entidad que basa su actividad en la generación de beneficios económicos a partir del desarrollo de proyectos en materia de eficiencia energética para sus clientes. Los servicios ofrecidos por estas empresas comprenden la identificación de potenciales ahorros energéticos en las instalaciones del cliente, asesoría en el desarrollo de proyectos para su aprovechamiento e incluso ejecución de los proyectos (a través de financiación propia o de terceros). El ahorro energético obtenido por la ejecución de los proyectos se traduce en ahorros económicos que sirven para amortizar las inversiones y generar beneficios.

El origen de este tipo de empresas puede encontrarse en el sector privado o en el propio sector público (como entidad de apoyo en la planificación y ejecución de estrategias en materia de eficiencia energética).

Estudios realizados a nivel nacional (como los desarrollados por el Banco Mundial²⁰) ya han planteado la generación de entidades tipo ESCO como solución, no solo para la promoción de medidas de eficiencia energética en sectores como el industrial, residencial o servicios, sino como elementos activos en una política para fomentar la falta de conocimiento especializado en el área de eficiencia energética, capacitando tanto al sector público como al privado, así como movilizar recursos e inversiones de forma eficiente en esta área.

Es importante destacar que en el momento de integrar este tipo de medida a nivel nacional es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones: los modelos de ESCO utilizados en países industrializados han demostrado ser demasiado complejos para su implementación en el contexto de los países en desarrollo, por lo que es necesario revisar y adaptar las bases de implementación, de acuerdo a las condiciones nacionales.

De forma adicional, es importante generar un ambiente propicio que ayude en la efectividad de este tipo de empresas. A nivel de México, eso se traduce en una modificación del sistema de subsidios existente a las tarifas eléctricas, reorientando los sistemas de apoyo económico hacia herramientas más enfocadas a las clases con menor poder adquisitivo, mientras que se contribuye a que aquellos con mayor capacidad económica, dispongan de incentivos para promover un uso más sustentable de la energía, así como la puesta en marcha de medidas en materia de eficiencia energética.

Por último, y como se ha adelantado previamente con el etiquetado energético, en este caso cobra también una relevancia especial las acciones dirigidas a la información y capacitación sobre las opciones existentes. Es importante trasladar al consumidor final las diferentes alternativas existentes y los consumos energéticos ligados a cada una de ellas, lo que a su vez se deriva en diferentes costos económicos. En este sentido, el Estado cuenta con diferentes asociaciones y cámaras que agrupan a los distintos subsectores y que pueden servir de canal para difundir esta información como la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación en el Estado de Yucatán, la Cámara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo de Mérida o el Consejo Empresarial Turístico de Yucatán, entre otras.

²⁰ Banco Mundial. México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. 2009.

La eficiencia energética en el sector servicios

Los estudios²¹ realizados sobre la promoción de eficiencia energética en el sector de la empresa pequeña y mediana (PyME) a nivel nacional, muestran que el sector comercial agrupa a un gran número de usuarios finales consumidores de electricidad (con casi 3.5 millones de usuarios finales), aunque la proporción de consumo del sector no es elevada (13.5% del total de energía eléctrica nacional).

Los resultados del análisis muestran que, por el momento, desde el sector no se ha trabajado de forma activa en la integración de la eficiencia energética en las empresas (no se dispone de información a nivel de diagnóstico energético del sector o propuestas para la aplicación de medidas para la mejora de la eficiencia).

De forma adicional, este sector se caracteriza como inestable en relación a la tasa de éxito y continuidad de los mismos, con una elevada tasa de renovación del parque de empresas (se estima que un 70% de las PyME en los siguientes dos años al inicio de actividad, desaparecen o reorientan su actividad comercial).

Por otro lado, se ha detectado un problema en relación a la gestión y administración del sector servicios, asociado a una falta de conocimiento por parte del sector en relación a la utilización sustentable de la energía y prácticas en materia de eficiencia energética, así como de especialistas que puedan ayudar al sector a identificar estas oportunidades.

De forma adicional, la falta de acceso a herramientas de financiación para proyectos en el área de eficiencia energética dentro del sector, dificulta la puesta en marcha de este tipo de medidas.

Estos factores dificultan la integración de medidas de eficiencia energética en las actividades del sector. Los principales focos de ahorro energético para el sector comercial se centran en el ahorro de energía eléctrica asociado a los sistemas de iluminación (30%), equipos de aire acondicionado (20%) y refrigeración (20%).

En relación a los equipos de iluminación, se ha identificado un predominio de sistemas de baja eficiencia (como focos incandescentes, lámparas fluorescentes en bulbo T12 o lámparas de mercurio) que pueden ser sustituidos por equipos eficientes (lámparas T8 y T5) con balastros electrónicos, así como luminarias LED.

En cuanto al tema de aire acondicionado se ha identificado que, en la actualidad, los equipos existentes en el mercado disponen de elevados consumos energéticos, al no existir una norma estricta en cuanto a los estándares de eficiencia energética de los equipos, por lo que se

²¹ GIZ. Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME. 2012.

identifica un potencial de ahorro considerable en esta área (que puede incrementarse con acciones relacionadas con mejoras en las características de aislamiento térmico de las construcciones).

En relación a los equipos de refrigeración, se ha identificado la existencia de una gran cantidad de locales comerciales equipados con equipos individuales de baja eficiencia, que pueden ser sustituidos por cámaras de enfriamiento (que disponen de una mayor eficiencia energética y mejor rendimiento de refrigeración).

3.5. Situación del sector residencial.

Aunque no ha podido estimarse la contribución del sector residencial yucateco al inventario de GEI²², a nivel nacional en 2010 este sector representa menos del 3%²³ de las emisiones, lo que puede arrojar una idea sobre la posible representación que tendría en el inventario estatal.

En Yucatán, y al igual que ocurría con el sector servicios, el sector residencial presenta principalmente consumos eléctricos, aunque también demanda GLP para las cocinas de las ciudades.

En las zonas urbanas, debido al clima tropical predominante en el Estado, los consumos energéticos en las viviendas urbanas están principalmente orientados a la climatización de las estancias. Las condiciones climáticas se agravan en estas áreas por el denominado efecto de isla de calor, que causan los desarrollos urbanísticos que carecen de una planificación adecuada. A ello hay que añadirle el poco impulso que se ha dado hasta la fecha a la edificación con criterios sustentables. En general, los edificios carecen de la envolvente térmica apropiada, por lo que no son capaces de retener la temperatura interior sin verse muy expuestos a las condiciones climáticas exteriores. Todo ello conlleva un mayor gasto energético para alcanzar las condiciones de confort requeridas en el interior de las viviendas.

En cambio, en los ambientes rurales, los consumos energéticos son menores y están muy ligados al uso de biomasa extraída de las zonas forestales colindantes. Asociado a

²² Debido a falta de información de base, de acuerdo con lo especificado en el inventario de GEI del Estado de Yucatán para 2005 (versión de septiembre de 2013).

²³ Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de México 1990-2010.

ello, muchas de las viviendas rurales cuentan con fogones abiertos que utilizan esta fuente de energía, pero que son muy ineficientes en el proceso de combustión. Ello conlleva una mayor necesidad de combustible, lo que repercute en una mayor extracción de biomasa de las selvas, a menudo sin un manejo adecuado de la misma. Además, hay que tener en cuenta los problemas de salud que ocasiona la combustión incompleta de la madera, principalmente en el sistema respiratorio y sobre todo en mujeres y niños, colectivos más asociados al hogar²⁴.

Al igual que en el sector servicios y comercial, **una línea importante de actuación se centra en la sustitución de luminarias y aparatos eléctricos y electrónicos por otros más eficientes energéticamente.**

En el sector residencial, los principales aparatos por los que comenzar las campañas de sustitución serían los frigoríficos y los aparatos de aire acondicionado, ya que son los principales demandantes de electricidad en las viviendas.

También es interesante el fomento de las energías renovables, al igual que se comentaba en el sector anterior. La energía solar fotovoltaica, así como la solar térmica pueden favorecer ahorros económicos en los hogares.

Otra línea importante en la que es necesario plantearse actuaciones, la constituye la edificación sustentable. En México no existe hasta la fecha una norma que especifique las características energéticas que deben tener las viviendas y edificios que se construyen. El trabajo en este sentido no sólo favorecerá la reducción de emisiones de GEI por menores consumos energéticos, sino que mejorará también las condiciones de vida de las familias, al suponer ahorros económicos anuales.

No obstante, en la actualidad existen iniciativas, como Hipoteca Verde²⁵, que ofrecen líneas de crédito para el impulso de la eficiencia energética en las viviendas de nueva construcción. Así, se ofrece un crédito del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit) que puede sumarse al crédito hipotecario de la vivienda y cuyo objetivo es cubrir los gastos adicionales que se ocasionen a causa de la instalación de mejoras en la vivienda para reducir sus consumos y su impacto

²⁴ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono, 2009.

²⁵ Créditos de MXN \$ 4,000 a MXN \$ 40,000 y ahorros mínimos mensuales de MXN \$ 100 a MXN \$ 400.

No se disponen de datos sobre la aplicación actual de este mecanismo en el Estado de Yucatán.

medioambiental. También se encuadra en la misma línea de actuación el Programa Ecocasa, en el que se ofrece crédito y asesoría gratuita para reducir el impacto sobre el medio ambiente de las viviendas.

Por último, **en las zonas rurales es importante trabajar en la sustitución de los fogones abiertos por estufas mejoradas de leña**, que facilitan la combustión completa de la biomasa, mejorando la salud de las familias y reduciendo el consumo de leña.

Perspectiva de la eficiencia energética en el sector residencial

Según datos del documento de prospectiva del sector eléctrico 2010-2015 para México, el sector residencial concentra el 27% de las ventas de energía eléctrica a nivel nacional, siendo el segundo sector en consumo de energía eléctrica, y uno de los que ha experimentado un aumento más significativo en los últimos años.

En el caso del sector residencial, la estructura de las tarifas eléctricas se compone de siete tipos de tarifa definidos en función de la región climática en la que se encuentre la vivienda considerada. Los valores de las tarifas varían en función de la temperatura de la región²⁶.

Es importante destacar que una de las barreras más significativas en materia de promoción de eficiencia energética en el sector residencial, se encuentra relacionada con el tema de las tarifas eléctricas. A nivel de la administración nacional, gran parte de los subsidios energéticos se encuentran orientados a la subvención de la electricidad, siendo el caso del sector residencial el segundo que recibe una mayor subvención a nivel de tarifas (los usuarios solo pagan un 38% de los costos reales de generación).

México se encuentra entre los países a nivel mundial con precios más bajos en relación al pago por electricidad, lo que representa un fuerte desincentivo a la promoción de medidas en materia de eficiencia energética.

En relación al comportamiento de la demanda eléctrica en el sector, se ha identificado que un incremento de los ingresos en la población tiene como consecuencia directa un elevado aumento de los consumos de electricidad. Los principales usos eléctricos identificados en el sector corresponden a los equipos de aire acondicionado, refrigeración, aparatos electrodomésticos o electrónicos, e iluminación (aproximadamente con un 25% del consumo eléctrico para cada uno), para los que se han identificado potenciales de reducción de emisiones enfocados en la sustitución de equipos obsoletos o de baja eficiencia por nuevos equipos más eficientes.

²⁶ 1: Servicio doméstico, 1A: Media mínima de 25 °C, 1B: Media mínima de 28 °C, 1C: Media mínima de 30 °C, 1D: Media mínima de 31 °C, 1E: Media mínima de 32 °C y 1F: Media mínima de 33 °C.

3.6. Situación del sector transporte.

El sector del transporte es uno de los que más emisiones de GEI tienen asociadas, en general. En el Estado de Yucatán, ello supone el 35.89%²⁷ del total. El consumo principal es de gasolina, principalmente ligada al transporte por carretera, que supone más del 65% de las emisiones del sector.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta el poco margen existente para la reducción en el transporte marítimo y aéreo, la atención de este sector debe recaer en el transporte por carretera.

Uno de los principales retos a abordar en este sentido es el rápido crecimiento del parque de vehículos del Estado. Ello es principalmente acuciante en el área metropolitana de Mérida, donde se concentra parte de este crecimiento. Actualmente, según la información recopilada en las sesiones de participación con expertos sectoriales, los datos reflejan que existen de media algo menos de dos coches por cada unidad familiar equivalente a, aproximadamente, seis habitantes por cada coche y los reemplacimientos²⁸ que se realizan diariamente alcanzan los 165 coches, de los cuales aproximadamente un 60% son nuevos y un 40% usados.

En relación con ello, existen dos líneas de actuación. Por un lado, **incidir en los hábitos de la población para alcanzar unas tasas de uso del vehículo privado inferiores.** Ello debe ir unido a un reforzamiento del transporte público, así como otros modos sustentables de movilidad como pueden ser las bicicletas. A menudo estas actuaciones llevan asociados cambios en la planificación territorial, de forma que la propia estructura urbana de la ciudad de prioridad a la movilidad sostenible y dificulte el paso del vehículo privado. Son, por tanto, líneas de actuación a abordar a largo plazo, aunque pueden irse incluyendo en los nuevos desarrollos urbanísticos que se vayan realizando.

En relación con la planificación territorial, la tendencia debe ser a una densificación de las ciudades, con viviendas multifamiliares y menor expansión espacial, de forma que se reduzcan las necesidades de desplazamientos hasta los lugares de trabajo y

²⁷ Fuente: Inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

²⁸ Es decir, actualizar el padrón vehicular con el fin de que el ciudadano mantenga en orden y al día sus datos y documentación para poder circular con tranquilidad: http://www.yucatan.gob.mx/servicios/tramites/ver_tramite.php?id=521

ocio. Ello debe ir unido, como ya se ha comentado, de una oferta suficiente de transporte público que cubra los desplazamientos cortos dentro de los centros urbanos.

En el Estado de Yucatán, en la actualidad existe el denominado “Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán”, con el que se busca que exista un balance entre las actividades productivas del hombre y el aprovechamiento sustentable del ambiente natural del Estado.

Por otro lado, **es importante incidir también en la renovación del parque de vehículos, ya que los modelos más nuevos llevan asociada una mayor eficiencia y unas menores emisiones de GEI por kilómetro recorrido.** Hay que tener en cuenta que el sector transporte, además de ser un gran emisor de GEI, también lo es de otros gases contaminantes que empeoran la calidad del aire de las ciudades, que es donde se producen mayores concentraciones de vehículos. Por lo tanto, incidiendo en la renovación del parque de vehículos se consiguen reducciones en las emisiones de GEI y otros contaminantes, mejorando la calidad del aire de los centros urbanos.

En este sentido, **las actuaciones pueden ir dirigidas a reforzar las verificaciones que se realizan de los mismos.** Actualmente el Estado de Yucatán realiza una verificación obligatoria sobre vehículos ligados a la administración pública, como por ejemplo el transporte público o la flota institucional. Este sistema también está abierto al sector privado pero, por el momento, únicamente de forma voluntaria²⁹. A futuro puede plantearse la creación de un sistema de verificación de obligado cumplimiento para todos los vehículos, que asegure unos niveles de emisión determinados.

Respecto al transporte de mercancías, actualmente se realiza principalmente por carretera, como en el resto del país. En este sentido, **es importante la optimización de las rutas, de forma que se permitan desplazamientos más eficientes** que conlleven un menor consumo de diésel y un menor costo económico. En algunos casos, es posible que ello pueda desembocar en empresas de logística que se encarguen de la coordinación eficiente de diferentes rutas y mercancías.

²⁹ Reglamento de la Ley de Tránsito y Vialidad del Estado de Yucatán.

Por último, **otra línea de trabajo interesante es ahondar en la posibilidad de reforzar el transporte por ferrocarril de mercancías, pero también de pasajeros**³⁰. En general, este modo de transporte no está muy afianzado en México, sin embargo, constituye una alternativa al transporte por carretera que debe ser considerada. La gestión de las redes ferroviarias a nivel nacional se realiza a través de concesiones a empresas privadas. Sin embargo, las líneas presentan importantes ineficiencias que restan competitividad a la industria mexicana, ya que debido a los vacíos legales existentes en los derechos de paso que cobran las empresas gestoras, se ve obligada a pagar tarifas más altas que en Estados Unidos o Europa. A ello se le unen además los retrasos en la entrega de las mercancías.

En el caso particular del Estado de Yucatán, hay que tener en cuenta además que las líneas que llegan hasta la Península de Yucatán no son muy extensas. Ello puede suponer una dificultad añadida para posicionar a este modo de transporte como una alternativa viable en el estado.

El refuerzo de este modo de transporte debe pasar, por lo tanto, por una apuesta nacional a través de un mejor control a través de normativa especializada, así como una mejora de la calidad del servicio.

3.7. Situación del sector agropecuario.

Dentro del sector agropecuario se incluyen tanto las actividades agrícolas como ganaderas del Estado. En términos económicos, y como se ha comentado anteriormente, todo el sector incluyendo la pesca y las actividades forestales representan el 4%³¹ del total. Ello es debido a que es un sector cuya producción está muy ligada a la subsistencia, principalmente en lo que se refiere al subsector agrícola.

Sin embargo, hay que tener en cuenta el peso económico que supone la ganadería. El Estado de Yucatán es un importante productor de carne de porcino y aves de corral, aunque la actividad ganadera también abarca la explotación de ganado bovino y ovino.

³⁰ En enero de 2013 se estableció un acuerdo entre la SCT y el Gobierno del Estado de Yucatán para impulsar la construcción del Tren Rápido Transpeninsular.

³¹ Fuente: Inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

De acuerdo con los datos recogidos en el inventario de emisiones de GEI del Estado, Yucatán aporta el 3.8% de la población total nacional ganadera. La mayor población en número de cabezas de ganado está representada por la especie porcina, que a nivel nacional ocupa el cuarto lugar en producción.

Respecto a los métodos de producción, las especies bovina y ovina se explotan a través de sistemas de pastoreo, ocupando una mayor superficie. Por el contrario, el ganado porcino y avícola se explota en granjas con producción intensiva.

En términos de emisiones de GEI, el sector supone el 23.76% sobre el total. En el caso de la ganadería, las principales emisiones son debidas al metano asociado a los animales rumiantes (principalmente ganado bovino, que en Yucatán se encuentra en producción extensiva), a través de la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los mismos, así como al manejo del estiércol del ganado estabulado.

Los tipos de ganado que cuentan con una mayor presencia en el Estado de Yucatán son el bovino y el porcino. El impacto del ganado bovino es particularmente significativo en las emisiones de la fermentación entérica, mientras que, para el ganado porcino, destacan las emisiones causadas por la gestión del estiércol.

Debido a que la reducción de emisiones ligada a la fermentación entérica es difícilmente abordable, ya que hay que manejar la dieta del animal y no es una práctica muy extendida a nivel internacional, los principales esfuerzos han estado dirigidos a la disminución de las emisiones asociadas al manejo del estiércol.

En este sentido, los avances han sido muy importantes. Desde el año 2008 se está trabajado en la biodigestión de las excretas porcinas, los cuales anteriormente se trataban en lagunas anaeróbicas. La técnica de biodigestión regula la emisión de metano a la atmósfera. **A nivel privado se han ejecutado proyectos en granjas con un número de cabezas de ganado superior a 5,000, estando los mismos bajo el sistema de CDM del Protocolo de Kioto.** Los resultados alcanzados hasta la fecha son muy satisfactorios. Actualmente hay 100 proyectos de biodigestores en marcha, los cuales generan unas reducciones asociadas del orden de medio millón de toneladas anuales de CO₂ equivalente y presentan un horizonte a 20 – 30 años³².

³² Datos obtenidos del registro UNFCCC de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).

Desde la Secretaría de Desarrollo Humano y Medio Ambiente (Seduma), en colaboración con el BID, se está impulsando en la actualidad el tratamiento de excretas de ganado porcino en pequeñas y medianas granjas porcinas con un número de cabezas de ganado limitado. El manejo anterior de este residuo y, por lo tanto, el considerado en la línea de base era su deposición en campo abierto, por lo que las reducciones de metano alcanzadas por estos proyectos serán menores que las obtenidas en las granjas de mayor tamaño, donde las excretas se gestionaban previamente en lagunas anaerobias. Sin embargo, los beneficios sociales asociados a dichos proyectos son muy importantes.

Por su parte, la agricultura yucateca ocupa el 23% de la superficie del estado, aproximadamente 9,000,000 ha de un total de 39,000,000, donde se cultivan alrededor de 60 tipos diferentes de especies vegetales. El 76% de dicha superficie está destinado a cultivos perennes y el resto a cultivos cíclicos³³.

De estos cultivos muy pocos utilizan riego, únicamente el 5% del total de la superficie cultivada. La superficie donde se utilizan fertilizantes nitrogenados es inferior al 10%, estando principalmente asociada a los cultivos cíclicos³⁴.

No obstante, las principales emisiones de la agricultura están asociadas al uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados, que promueven emisiones directas e indirectas de óxido nitroso de los suelos.

Por ello, **las líneas para la reducción de las emisiones en este subsector están asociadas a un menor uso de fertilizantes inorgánicos y una mayor apuesta por la agricultura de conservación.** Así mismo, es interesante también ahondar en otras opciones que mejoren la calidad de los suelos y puedan compaginarse con los usos ganaderos. En este sentido, por ejemplo puede trabajarse la mejora de la cobertura vegetal de los pastos y el fomento de los sistemas agroforestales.

Otra vía de trabajo, aunque no supone reducciones de emisiones en el sector primario, es el **fomento del cultivo para la producción de biocarburantes.** Sin embargo, este tipo de medidas deben ir asociadas a planteamientos de análisis del ciclo de vida del producto ya que, en muchas ocasiones, en función de donde se consuma el biocarburante producido puede no generar ninguna reducción en las emisiones de

³³ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

³⁴ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

GEI. Para que esta medida pudiese ser reflejada en el inventario de GEI de Yucatán, tanto la producción como el consumo de biocarburantes, requiere darse en el propio Estado.

3.8. Situación del sector de usos del suelo y cambios de uso del suelo (USCUSS).

El Estado de Yucatán posee una alta diversidad de comunidades vegetales nativas, que se ve incrementada de norte a sur, en relación con el gradiente de humedad existente. Principalmente son selvas de vegetación secundaria, localizadas mayoritariamente en el sur y parte oriental del territorio, no existiendo casi zonas con vegetación primaria. La vegetación arbórea, por lo tanto, tiene un diámetro medio que ronda los 22 – 25 cm. La comunidad vegetal más extendida es la selva baja caducifolia, tipificando (junto con la selva mediana subcaducifolia) la fisonomía del paisaje yucateco³⁵.

En las últimas décadas, es cada vez más frecuente la fragmentación de estas zonas por pastizales ligados a la ganadería y áreas agrícolas, aunque el grado de perturbación de las áreas varía en función de la actividad antropogénica desarrollada en las mismas.

En este sentido, los principales cambios que se han producido en el uso del suelo se centran en las tierras forestales, agrícolas y los pastizales. Por un lado, **las tierras forestales y las agrícolas han disminuido su importancia, a diferencia de los pastizales que han experimentado un importante aumento**. Por lo tanto, se puede decir que se está produciendo un cambio de uso del suelo, favoreciendo las necesidades de superficie requeridas para la producción ganadera.

Así mismo, también se ha dado un fuerte incremento de la superficie destinada a asentamientos humanos.

³⁵ Inventario de gases de efecto invernadero del Estado de Yucatán, 2005, y sesiones de participación con expertos sectoriales, octubre 2012.

Tabla 3: Superficie en hectáreas de las distintas categorías de usos del suelo en Yucatán.

Fuente: Estudio de políticas, medidas e instrumentos para la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector forestal en la Península de Yucatán. Estudio implementado por el INECC y apoyado por el PNUD.

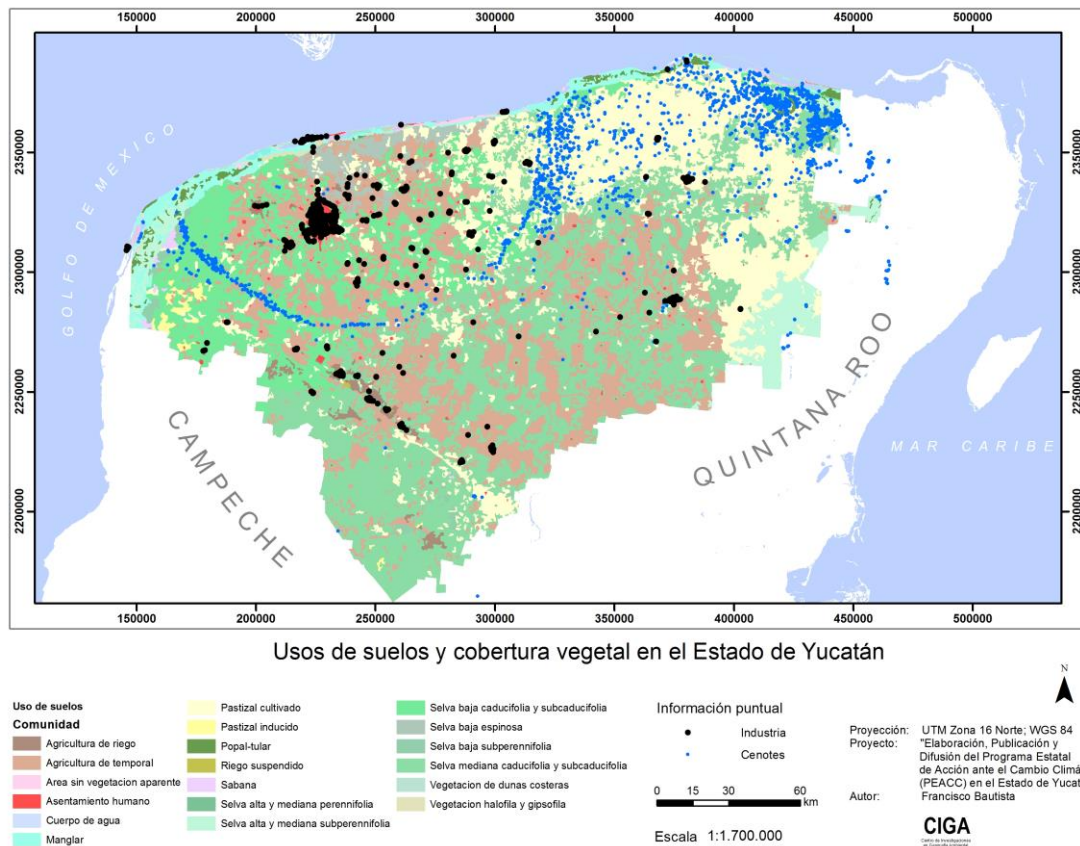
Zona climática del IPCC	Clase de uso del suelo	1979 (ha)	1993 (ha)	2002 (ha)	2007 (ha)	Δ periodo
Tropical seco	Tierras forestales	799,391	746,792	722,892	711,951	-6%
	Tierras agrícolas	160,393	349,405	74,782	85,467	-72%
	Pastizales	241,490	88,103	385,809	369,246	205%
	Asentamientos	232	8,432	11,715	26,270	112%
	Humedales	10,778	15,857	12,171	14,636	294%
	Otras tierras	-	3,694	4,908	4,715	62%
	Total		1,212,284	1,212,284	1,212,277	1,212,284
Tropical húmedo	Tierras forestales	2,121,082	2,159,753	2,161,780	2,068,904	-4%
	Tierras agrícolas	305,402	501,837	149,683	206,561	-55%
	Pastizales	265,988	5,996	355,155	381,012	517%
	Asentamientos	4,607	28,951	29,870	40,208	30%
	Humedales	-	387	395	395	69%
	Otras tierras	-	156	-	-	-100%
	Total		2,697,080	2,697,080	2,696,883	2,697,080

Debido a la importancia que tienen las tierras forestales como principales sumideros de carbono, al absorber CO₂ atmosférico a través del proceso de fotosíntesis, **la conservación de selvas y bosques, así como la disminución de los procesos de deforestación, son líneas de actuación principales en la lucha contra el cambio climático.** Además, no hay que olvidar que estas superficies albergan importantes comunidades ecológicas de una elevada biodiversidad.

En la siguiente figura se muestran los usos del suelo del Estado de Yucatán, pudiendo apreciarse la cobertura de las diferentes formaciones naturales (selvas).

Figura 2: Cobertura y usos del suelo en el estado de Yucatán.³⁶

Fuente: CIGA.



El aprovechamiento forestal en México se basa en la producción de madera o cosecha de árboles en selvas o plantaciones forestales comerciales, así como la recolección de plantas leñosas y matorrales y el aprovechamiento de partes y extractos de vegetación forestal, en general denominada producción no maderable³⁷.

A diferencia de otros estados, la cantidad de productos obtenidos de los recursos forestales y el valor económico que generan en Yucatán no son representativos a nivel nacional. Sin embargo, ello no refleja el uso real que se hace de los recursos forestales, ya que existen limitaciones en las medidas de registro y control del aprovechamiento forestal en el Estado.

³⁶ La escala de trabajo de este mapa fue 1:250 000 pero para efectos de ilustración del texto de incluyo un mapa a escala 1:1 700 000

³⁷ Inventario de gases de efecto invernadero del Estado de Yucatán, 2005.

Las plantaciones forestales comerciales tienen muy poca extensión en Yucatán pero, aún así, hay un uso de los recursos forestales, principalmente para leña y producción de carbón vegetal destinado al autoconsumo. En este sentido, las actividades de roza, tumba y quema son esporádicas y no constituyen una actividad forestal regulada. Por ello, la creación de un marco para la comercialización legal de estos productos podría incidir de forma positiva en las comunidades rurales, creando un mercado en torno a una gestión sostenible de los bosques y selvas³⁸.

Por otra parte, **con el objetivo de frenar la deforestación y la degradación de las zonas forestales, se ha impulsado el desarrollo de la Estrategia Regional de la Península de Yucatán para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+ PY) para toda la Península de Yucatán.** Este gran avance ha sido posible gracias a los compromisos adquiridos por la Comisión Regional de Cambio Climático (CRCC), integrada por los titulares de las secretarías de medio ambiente de los tres gobiernos estatales de la Península de Yucatán.

Las áreas de actuación que recoge la REDD+ PY se centran en el fortalecimiento de la gobernanza a todos los niveles, la definición de mecanismos de financiamiento y distribución de beneficios y el fortalecimiento de las capacidades de los sectores implicados.

³⁸ Inventario de gases de efecto invernadero del Estado de Yucatán, 2005, y sesiones de participación con expertos sectoriales, octubre 2012.

MARCO ESTRATÉGICO. REDD+ PY³⁹.



GOBERNANZA

METAS:

- Meta 1. Fortalecer la organización comunitaria en las regiones prioritarias REDD+
- Meta 2. Fomentar alianzas entre los diferentes actores involucrados en la estrategia REDD+
- Meta 3. Generar plataformas que permitan la negociación y acuerdos entre actores

ÁREAS DE ACTUACIÓN:

- ✓ Organismos de gobernanza local legalmente constituidos y funcionando
- ✓ Planes Estratégicos para los organismos de gobernanza
- ✓ Modelos de participación ciudadana
- ✓ Red de aprendizaje para la integración de los organismos de gobernanza local
- ✓ Ordenamientos territoriales comunitarios elaborados y consensuados
- ✓ Procedimientos de alineación de políticas públicas



FINANCIACIÓN

METAS:

- Meta 1. Impulsar un sistema de transparencia y rendición de cuentas
- Meta 2. Crear mecanismos para la difusión de fuentes de financiamiento

ÁREAS DE ACTUACIÓN:

- ✓ Fideicomisos operando
- ✓ Fuentes de fondeo identificadas
- ✓ Aumento de competitividad de empresas forestales



CAPACITACIÓN

METAS:

- Meta 1. Promover un modelo de producción agrícola intensivo, sustentado en programas de apoyo que ayuden a disminuir el cambio de uso de suelo
- Meta 2. Mejorar las prácticas agrícolas que garanticen la seguridad alimentaria y reducir la degradación forestal
- Meta 3. Promover y hacer efectivos los Ordenamientos Territoriales
- Meta 4. Promover un modelo de producción pecuaria sustentable.
- Meta 5. Mejorar las prácticas pecuarias que garanticen la seguridad alimentaria y reducir la degradación forestal
- Meta 6. Promover y hacer efectivos los Ordenamientos Territoriales
- Meta 7. Garantizar la producción de miel natural
- Meta 8. Fomentar la competitividad de la producción apícola
- Meta 9. Promover mejores prácticas de manejo y aprovechamiento forestal
- Meta 10. Estabilizar la frontera agropecuaria
- Meta 11. Mantener e incrementar la superficie bajo el esquema del PSA, incrementando y/o complementando los pagos económicos por esta actividad
- Meta 12. Contribuir con la captura de gases de efecto invernadero
- Meta 13. Establecimiento de fondos de inversión comunitarios, a partir de los recursos del pago por servicios ambientales
- Meta 14. Fomentar planes participativos comunitarios y/o municipales de manejo y conservación de recursos naturales
- Meta 15. Fortalecer el manejo eficiente de las UMAS
- Meta 16. Mantener y restaurar los paisajes y ecosistemas saludables para el turismo sustentable
- Meta 17. Promover el turismo sustentable en zonas con potencial
- Meta 18. Elevar la competitividad del turismo sustentable a nivel comunitario dándole identidad regional a las iniciativas
- Meta 19. Promover y verificar el cumplimiento de las buenas prácticas eco-turísticas
- Meta 20. Elaborar y aplicar programas de educación ambiental y aprovechamiento sustentable que ayuden a reducir la degradación del suelo

³⁹ Estrategia Regional de la Península de Yucatán para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+ PY) para toda la Península de Yucatán.

ÁREAS DE ACTUACIÓN:

- ✓ Comprendiendo REDD+
- ✓ Alternativas productivas sustentables
- ✓ Fortalecimiento de las capacidades para la organización, planeación, gestión local, capacitación técnica y talleres con enfoque de cambio climático y bosques
- ✓ Institucionalización de asistencia técnica para la certificación forestal y conservación de biodiversidad a través de la capacitación de personal institucional y servicios técnicos forestales
- ✓ Fortalecimiento de la capacidad comunitaria para alcanzar y mantener la certificación, y para manejar sus bosques de manera sustentable y amigable a la biodiversidad

En este sentido, en la actualidad, la Comisión Nacional Forestal está implementado distintas acciones tempranas, dirigidas a la reforestación de áreas degradadas. Según las indicaciones de los expertos que tomaron parte en las sesiones de participación, a nivel federal se estarían fomentando también actividades de pago por servicios ambientales (PSA), trabajando por el momento con alrededor de 230.000 hectáreas en el sur y oriente del Estado de Yucatán.

Además de continuar trabajando en la línea de evitar la deforestación y emprender acciones de conservación de selvas y bosques, es importante impulsar acciones de capacitación dirigidas tanto al sector como a la ciudadanía en general. El objetivo en este caso sería transmitir el conocimiento sobre las consecuencias de la degradación de estas áreas, así como posibles prácticas que permitan un uso más sustentable del terreno. Así mismo, estas acciones deben ser reforzadas a través de la coordinación con otras áreas, principalmente las políticas agrícolas y ganaderas del Estado y llevando a cabo una planificación territorial integrada. En este sentido, resulta crucial la incorporación de los Distritos de Desarrollo Rural que coordinan de forma conjunta la Sagarpa con la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Yucatán.

3.9. Situación del sector residuos.

De acuerdo con datos de la Seduma, en 2009 en el Estado de Yucatán se generan entre 1,578 toneladas de residuos sólidos urbanos al día⁴⁰, que son gestionados a través de rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto. Aunque la composición de los mismos

⁴⁰Fuente: Seduma. Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. 2009-2012.

está variando ligeramente, una parte importante sigue siendo materia orgánica (alrededor de la mitad)⁴¹. La descomposición en condiciones de anaerobiosis de esta materia orgánica produce emisiones de CH₄ que son liberadas a la atmósfera.

En el inventario de GEI del Estado, el sector residuos supone el 3.04%⁴² del total, siendo el 2.72% debido a la descomposición de la materia orgánica de los residuos. El 0.29% está asociado a las excretas humanas, el 0.03% está ligado al tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales y el 0.002% a la incineración de residuos⁴³.

Como se ha comentado anteriormente, el área Metropolitana de Mérida aglutina a la mayoría de la población del Estado. Por ello, el mayor relleno sanitario se encuentra ubicado en la capital y en él se depositan algo más de la mitad de los residuos generados en el Estado.

El resto de la generación se reparte en núcleos urbanos más pequeños y, en su mayoría, rurales. Esta realidad unida a los cortos periodos electorales municipales de tres años, dificulta el manejo adecuado de los residuos. Por ello, se generan con cierta facilidad tiraderos a cielo abierto, provocando problemas ambientales que, a su vez, repercuten sobre la salud humana.

En la mayoría de estos basureros se realiza la quema de los residuos, lo que produce olores desagradables y emisiones contaminantes. Por otra parte, este tipo de tiraderos atrae a vectores y fauna nociva, que pueden ser transmisores de enfermedades al ser humano. Por último, los lixiviados generados, al no estar controlados se infiltran fácilmente a los acuíferos subterráneos, contaminando una de las principales fuentes de agua potable del Estado.

En la actualidad, el manejo de los residuos está determinado en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los residuos 2009-2012. La implantación de esta planificación ha permitido importantes avances en la gestión de los residuos.

En concreto, en el periodo del Programa, **se ha ampliado el número de rellenos sanitarios en el Estado, situándolos en las principales cabeceras regionales.** Según lo indicado en las sesiones de participación con expertos sectoriales, a través de un

⁴¹ Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 2009-2012.

⁴² Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

⁴³ Fuente: inventario de GEI del Estado de Yucatán, versión de septiembre de 2013.

ambicioso proyecto de la Seduma, en colaboración con la Semarnat, se han construido seis rellenos sanitarios en las cabeceras regionales y están previstos otros dos.

Además, **se prevé que estas infraestructuras cuenten con plantas de separación de residuos, así como plantas de compostaje para la materia orgánica y reciclaje de materiales reutilizables**, todo ello gestionado a través de concesiones a agentes privados. A largo plazo se puede plantear la recogida del biogás generado por estos rellenos sanitarios, pero su viabilidad económica dependerá del volumen de residuos depositados. Con este ambicioso programa se espera tener gestionados del orden del 98% de los residuos generados en Yucatán.

Por su parte, **el relleno sanitario de Mérida cuenta en la actualidad con un sistema que permite la recogida del biogás y su posterior quema en antorcha**. Este proyecto está registrado en el marco de los proyectos MDL⁴⁴, lo que permite la generación anual de créditos de carbono. En la actualidad, además, y de acuerdo con información del sector recopilada en las jornadas de participación con expertos sectoriales, se estaría trabajando en la ampliación del mismo también bajo el paraguas del esquema de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto.

El siguiente reto a abordar en este aspecto es la valorización energética del biogás captado. Esta oportunidad ya ha sido detectada y se han comenzado los primeros estudios de viabilidad económica, con el objetivo de que para el año 2014 se esté generando electricidad que será vertida a la red general.

En relación con las aguas residuales, la mayoría de las viviendas de Mérida cuentan con sistemas de pozos sépticos. Para los nuevos desarrollos urbanísticos, según la información proporcionada por los expertos sectoriales en las jornadas de participación, se está trabajando en el establecimiento de obligaciones a los constructores y fraccionadores, de forma que se construyan plantas de tratamiento junto a las nuevas viviendas. Sin embargo, existen barreras de capacitación y de recursos económicos para posteriormente operarlas y mantenerlas.

⁴⁴ Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL).

Por lo tanto, tal y como se ha ido comentando, las principales áreas para la mitigación de las emisiones de GEI en el sector residuos están enfocadas en el desarrollo de rellenos sanitarios, combinados con plantas de tratamiento de la materia orgánica. En este sentido, se puede optar por dos tipos de tecnologías, el compostaje que degrada la materia orgánica en presencia de oxígeno, no generando gas metano, o la biodigestión, donde se puede recuperar el biogás captado para su aprovechamiento energético. En ambos casos, se obtiene un subproducto que puede ser aprovechado como fertilizante en los cultivos agrícolas.

Por otro lado, es interesante también abordar el reciclaje de los residuos, ya que muchos de los materiales pueden ser reutilizados en diferentes procesos productivos. De esta forma, además, se puede fomentar un desarrollo económico local ligado a la recogida y venta de los mismos.

Por último, la valorización energética del biogás generado en los rellenos sanitarios puede suponer una alternativa más al uso de los combustibles fósiles en la generación eléctrica.

Para el tratamiento de aguas residuales se puede optar por la instalación de biodigestores pequeños que degraden la materia orgánica contenida en la misma, generando un efluente limpio y unos lodos que deben ser deshidratados posteriormente. En México existen algunos fabricantes que ya están comercializando este tipo de biodigestores adaptados a viviendas.

4. Estrategia. Propuesta de actuación para la reducción de emisiones de GEI.

4.1. Marco estratégico para la actuación.

En base a la situación de partida de los sectores analizados se identifican siete áreas clave de actuación: **el fomento de las energías renovables, la eficiencia energética, el cambio modal, la optimización en la gestión de los estiércoles de la ganadería, la mejora de las técnicas de laboreo, el fomento y la conservación de los espacios forestales y la optimización de la gestión de los residuos urbanos.**

Figura 3: Áreas clave para la mitigación del cambio climático en el Estado de Yucatán.
Fuente: Elaboración propia.



Por ello, **se considera necesario estructurar la estrategia de actuación para la reducción de las emisiones de GEI en tres vertientes: Conocimiento, Acción y Capacitación y Participación.**

Figura 4: Vertientes de trabajo para la mitigación del cambio climático en el Estado de Yucatán.

Fuente: Elaboración propia.



Dentro del área de “Conocimiento” se persiguen diferentes objetivos sectoriales, siendo el más importante y global a todos ellos el de **mejorar la información y el conocimiento de partida en cada caso**. Ello se encamina a través del desarrollo de estudios o análisis específicos dentro de cada sector, para posteriormente poder plantear opciones para la reducción de las emisiones de GEI.

En la línea de “Acción” se incluyen las **medidas que persiguen reducciones directas de emisiones de GEI en el periodo del PEACC, es decir, 2014-2030**. Es, por lo tanto, una línea estratégica dirigida principalmente a lograr una modernización de los sectores emisores, a través de la incorporación de nueva tecnología en el Estado. Así mismo, en muchas ocasiones, la introducción de tecnología únicamente no es suficiente para lograr reducciones de emisiones y es necesario también un cambio en los hábitos de la población.

Ligado a esta última idea, el objetivo principal de la línea de “Capacitación y Participación” es la **información, sensibilización y capacitación de los diferentes sectores, tanto en lo relacionado con el cambio climático, sus causas y efectos, como con las opciones existentes en cada uno para su mitigación**. Este tipo de acciones no puede llevarse a cabo sin estructurar procesos de participación ambiciosos, bien definidos y con metas específicas, que lleguen a todos los sectores de la sociedad y

que tengan una periodicidad adecuada, para que el mensaje finalmente sea integrado por los diferentes actores.

En base a este esquema estratégico se han analizado una serie de alternativas, cuya implementación en el Estado de Yucatán desembocaría en una reducción de las emisiones de GEI, una modernización de sus sectores productivos y una mejora de la calidad de vida de sus habitantes. Ello supone, en definitiva, un impulso al desarrollo sustentable del Estado para las siguientes décadas.

Figura 5: Líneas estratégicas para la mitigación del cambio climático en el Estado de Yucatán.

Fuente: Elaboración propia.



4.2. Líneas de acción y opciones de reducción.

A partir del esquema de actuación presentado anteriormente, **se ha identificado inicialmente un conjunto de propuestas de 65 medidas que podrían ser implementadas en el Estado de Yucatán en el periodo 2014-2030.**

La mayoría del peso recae en la línea estratégica “Acción”, con algo más de la mitad de las medidas identificadas, ya que es la que aglutina las opciones que pueden

conllevar una reducción directa de las emisiones. Sin embargo, en muchos casos, será necesario implementar previamente las medidas reflejadas en la línea "Conocimiento" para poder enfocar mejor el alcance de las acciones de reducción.

Se trata, en cualquier caso, de **un conjunto de propuestas** de medidas que serán matizadas y discutidas a lo largo del proceso de elaboración del Programa. En particular, en relación a medidas de carácter menos técnico más social y participativo, se espera un importante aumento de medidas a contemplar.

Las fichas de cada una de las medidas se incluyen en el anexo "Análisis de opciones de reducción de emisiones de GEI en el Estado de Yucatán", en el que se incluye una descripción más detallada de las medidas, así como los resultados del análisis llevado a cabo para cada una de ellas.

Tabla 4: Propuesta de políticas para la mitigación de emisiones en el Estado de Yucatán.

Fuente: Elaboración propia.

SECTOR	Nº	CONOCIMIENTO	Nº	ACCIÓN	Nº	PARTICIPACIÓN
Generación eléctrica	1.A.1	Estudio de potencial renovable y factibilidad	1.B.1	Impulso a la energía solar fotovoltaica		CICY, CINVESTAV, CONCIYTEY ⁴⁵
			1.B.2	Impulso a la energía eólica		
			1.B.3	Impulso a la utilización de biomasa		
			1.B.4	Disminución de las fugas en la red de distribución		
Industria	2.A.1	Caracterización energética del sector industrial	2.B.1	Sustitución de luminarias	2.C.1	Consejo consultivo estatal público - privado
	2.A.2	Diagnóstico energético	2.B.2	Sustitución de aparatos de aire acondicionado	2.C.2	Campañas de información: Hacia la eficiencia energética
	2.A.3	Estudio de potencial de cogeneración	2.B.3	Sustitución de equipos de bombeo de agua en la industria alimentaria		
			2.B.4	Instalación de equipos de cogeneración industrial		
Servicios	3.A.1	Caracterización energética del sector servicios	3.B.1	Sustitución de luminarias en la empresa mediana	3.C.1	Consejo consultivo estatal público - privado

⁴⁵ Centro de investigación científica de Yucatán (CICY), Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Unidad Mérida (CINVESTAV), Consejo de Ciencia, Innovación y Tecnología del Estado de Yucatán (CONCIYTEY).

	3.A.2	Diagnóstico energético del sector terciario	3.B.2	Mejora del alumbrado público	3.C.2	Campañas de información: Por un uso sustentable de la energía
	3.A.3	Integración de estándares en eficiencia energética	3.B.3	Sustitución de aparatos de aire acondicionado en empresa mediana		
			3.B.4	Integración de colectores solares en el sector servicios		
Residencial	4.A.1	Caracterización energética del sector residencial	4.B.1	Programa de Luz Verde	4.C.1	Observatorio para la sostenibilidad
	4.A.2	Diagnóstico energético del sector residencial	4.B.2	Integración de calentadores solares en viviendas		
			4.B.3	Sustitución de refrigeradores		
			4.B.4	Fomento de la generación eléctrica solar		
			4.B.5	Instalación de estufas mejoradas de leña		
	4.B.6	Mejora en la climatización de los edificios	4.C.2	Campañas de información: Por un consumo sustentable		
Transporte	5.A.1	Caracterización energética del sector transporte	5.B.1	Verificación vehicular obligatoria	5.C.1	Campañas de información: Por un uso sustentable del vehículo
			5.B.2	Definición de zonas de alta demanda		
			5.B.3	Impulso al sistema ferroviario		
			5.B.4	Fomento del transporte no motorizado		
			5.B.5	Sistema de transporte BRT		
			5.B.6	Optimización de rutas del transporte de mercancías		
Agropecuuario	6.A.1	Caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas	6.B.1	Generación eléctrica a partir del biogás captado en granjas estabuladas	6.C.1	Talleres de trabajo con agricultores
			6.B.2	Mejora de la cobertura vegetal en tierras de pastoreo		
			6.B.3	Fomento de los sistemas agroforestales		
			6.B.4	Reducción del uso de fertilizantes		
			6.B.5	Fomento de la agricultura de conservación		
			6.B.6	Desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes		
USCUSS	7.A.1	Desarrollo del inventario forestal del Estado de Yucatán	7.B.1	Fomento de la reforestación	7.C.1	Capacitación sobre mejora de la productividad en sistemas agropecuarios para reducir la deforestación

			7.B.2	Plantaciones en tierras deforestadas o degradadas	7.C.2	Capacitación sobre manejo sustentable de tierras forestales
			7.B.3	Figuras de protección para evitar la deforestación	7.C.3	Manejo forestal sustentable a través de las comunidades
Residuos urbanos	8.A.1	Estudios de generación y caracterización de residuos sólidos urbanos	8.B.1	Reciclaje de residuos sólidos urbanos	8.C.1	Modelos comunitarios para el manejo ecológico de los residuos sólidos urbanos
			8.B.2	Biodigestión de residuos sólidos urbanos		
	8.A.2	Nueva planificación estatal para la prevención y gestión integral de los residuos	8.B.3	Compostaje de residuos sólidos orgánicos	8.C.2	Campañas de concienciación: Por una menor generación de residuos
			8.B.4	Captación y valorización energética del biogás de rellenos sanitarios		
			8.B.5	Plantas de tratamiento de aguas residuales		

ANÁLISIS COSTO-EFICIENCIA DE LAS OPCIONES DE REDUCCIÓN.

Para cada medida identificada se ha llevado a cabo un análisis técnico y económico de la misma. Por un lado, se ha estimado para cada una el potencial que podría tener en el Estado de Yucatán en cuanto a emisiones de GEI reducidas. Por otro, se ha realizado el balance económico para ese mismo alcance. Por último, en base a esta información, se ha analizado el costo-eficiencia de las diferentes medidas, lo que aporta información para su priorización por parte del Gobierno de Yucatán.

Se ha realizado un análisis “estratégico” de las medidas. Es decir, a diferencia de otros trabajos sobre costo-eficiencia en los que se trabaja sobre el impacto unitario de una medida, en el presente análisis se han planteado en términos de programas de acción globales, con un presupuesto asignado durante un periodo de tiempo con el que se consiguen determinados efectos. Esta práctica es muy aconsejable en el desarrollo de planes de acción para evitar análisis meramente especulativos.

Por otra parte, el cálculo de costo-eficiencia es una primera versión sobre líneas de base individuales, que se verá completado una vez se disponga de las proyecciones de emisiones que se están realizando en otras fases del proyecto. En cualquier caso, se

considera muy positivo disponer en primera instancia de una primera estimación que pueda servir de estímulo a los procesos de consulta y participación.

No debe perderse de vista que el costo-eficiencia es una metodología extremadamente sensible a pequeños cambios en las hipótesis o en los periodos de cálculo. Cuestiones como los tipos de interés o la estructuración en el tiempo de las medidas cambian de forma sustancial los resultados. La bibliografía sobre estos temas es compleja y, en todo caso, es conveniente realizar un plan de inversión detallado en cada medida con carácter previo a su puesta en marcha.

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE OPCIONES DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.

El análisis del conjunto propuesto de medidas identificadas para la reducción de emisiones en el Estado de Yucatán, ha combinado aspectos técnicos y económicos. En concreto, dentro del análisis económico se incorpora el análisis costo-eficiencia de las diferentes opciones. De esta forma, se obtiene información en términos de costo económico por t CO₂e reducida. Se trata, por tanto, de un método que difiere tanto del análisis costo-beneficio (técnica que también trata de valorar económicamente los beneficios ambientales de las diferentes medidas), como del análisis multicriterio (técnica que asume la inconmensurabilidad de externalidades ambientales y propone la toma de decisión en función de diferentes criterios).

Por lo tanto, dentro del balance se tiene en cuenta la estimación de la reducción de emisiones de GEI asociada a la implantación de la medida, bajo las siguientes consideraciones.

Para la homogeneización de los resultados se expresan las toneladas reducidas o absorbidas en términos de t CO₂e. Para ello, se aplican los potenciales globales de calentamiento (GWP, por sus siglas en inglés) utilizados en el inventario de GEI del Estado de Yucatán para reducciones de gases distintos del CO₂. Así mismo, para el cálculo de las emisiones se aplican los estándares técnicos especificados en el mismo estudio, referidos a las directrices de 1996 del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el cambio climático (IPCC) para la elaboración de Inventarios Nacionales de Emisión de GEI.

Se aplica un enfoque de proyecto propio del mecanismo de desarrollo limpio (CDM, por sus siglas en inglés), donde el efecto de la medida es el resultado neto de:

Un escenario de referencia o línea de base - LB (*baseline*), es decir, las emisiones que se producen en ausencia de la medida.

Un escenario de proyecto - LP (*project emissions*), es decir, las emisiones que se producen como consecuencia directa de la implantación de la medida.

En este sentido, es necesario destacar que el cálculo de las reducciones no podrá ser definitivo hasta que no se desarrollen las proyecciones de emisiones en las posteriores etapas de trabajo.

Es importante ser precavidos al interpretar las reducciones. Algunas de las medidas (ej. biocarburantes) pueden generar reducciones fuera del Estado de Yucatán, pero han sido consideradas en el análisis debido a la naturaleza global del cambio climático. Otras, como es el caso de algunas medidas del sector agropecuario, producen las reducciones en el Estado pero en sectores diferentes (USCUSS, en este caso).

El **análisis temporal** aplicado tiene en cuenta el horizonte del PEACC, es decir, 2030, asumiendo que las medidas pueden ser implementadas desde 2012. En general se ha asumido, como ha sido mencionado, un enfoque "estratégico" realizando inversiones desde una óptica de Administración Pública. Es decir, lo más frecuente ha sido asumir las inversiones durante un momento de tiempo determinado (generalmente hasta 2020) aunque se considere el impacto en emisiones y la rentabilidad hasta el año 2030. Es muy importante tenerlo en cuenta porque en diversos estudios de costo-eficiencia se adoptan otros enfoques más paulatinos que producen distorsiones en los resultados. El análisis costo-eficiencia es enormemente sensible a cambios en variables como los periodos de inversión o los tipos de interés.

Aunque el efecto de emitir 1 t CO₂e aumenta a medida que lo hace la concentración de GEI, se asume que el efecto es el mismo con independencia de cuándo se produce. Así, a efectos de este trabajo una reducción en 2015 tiene el mismo efecto que en 2020 o en 2030.

Por su parte, para el cálculo del costo de las diferentes medidas también se han homogeneizado una serie de cuestiones. Los elementos incluidos dentro del costo de la medida son los siguientes:

Costos de la medida o gastos efectivos de la medida, incluyendo tanto las inversiones iniciales como los costos de operación y mantenimiento. Los costos de tipo institucional ligados a la puesta en marcha de las medidas (señaladamente sueldos de empleados públicos) sólo se han tenido en cuenta cuando se deriven de la misma esencia de la medida y para evitar la distorsión de disponer de medidas sin costo asociado.

Ingresos monetarios efectivos de la medida. No se han tenido en cuenta los posibles ingresos derivados de la venta de créditos de carbono asociados a las medidas.

Ahorros de la medida, es decir, costos evitados por la medida.

Debido a la dinámica temporal de estas acciones y a la concatenación de flujos de caja (acumulación neta de activos líquidos en un periodo determinado) positivos y negativos, el pay-back (plazo de recuperación de la inversión) se ha considerado como la división entre la inversión o costo total de la medida y el promedio de los beneficios anuales estimado.

El análisis realizado está enfocado desde el punto de vista global, es decir, sin tener en cuenta en el impacto los subsidios y los impuestos en cada una de las medidas, o sin tener presente quién soporta el gasto. Asimismo, por el propio marco conceptual de la técnica costo-eficiencia, no se han monetizado otras externalidades ambientales o sociales. Ello no implica que no deba tenerse en cuenta durante el proceso de toma de decisión.

Se aplica un tipo de interés del 10%, de acuerdo con el estudio similar desarrollado por el Banco Mundial para México en el año 2009⁴⁶. Se trata de un tipo de interés muy alto pero que, de alguna forma, compensa que los análisis costo-eficiencia se realicen a un plazo de tiempo tan largo (2030). En el ámbito privado sería impensable un análisis de rentabilidad en un lapso de tiempo superior a quince años, pero se trata de una necesidad cuando se analiza el efecto de políticas públicas de mitigación. De la misma forma, sólo se ha tenido en cuenta el valor residual (positivo o negativo) de las inversiones al final de su vida útil cuando éste resulte significativo.

Los resultados del análisis costo-eficiencia positivos reflejan un costo asociado a la tonelada reducida. De la misma forma, los resultados positivos significan beneficios. Tanto unos como otros están calculados en pesos mexicanos.

Es necesario señalar que la estimación de emisiones de GEI se ha centrado en las medidas de la línea estratégica de Acción ya que como, se ha comentado, es donde se incluyen las opciones que llevan asociadas reducciones directas de las emisiones.

Para una mejor visualización se han utilizado gráficas de costos de abatimiento sectoriales. La imagen general de estos análisis nos muestra una gráfica con un doble eje. En el eje vertical las medidas están clasificadas en función de los MXN \$ que cuesta abatir una tonelada de CO₂, mientras que en el eje horizontal veríamos el potencial de reducción en términos absolutos de cada medida (expresado en toneladas de CO₂ reducidas).

Las curvas se pueden mostrar tanto organizadas por medidas como por sectores o países. En términos generales, los resultados de este ejercicio divergen en los distintos lugares donde se ha practicado, si bien el ahorro y la eficiencia energética siempre se posicionan en los mejores puestos, tanto en términos de costo por tonelada reducida como en potencial absoluto de reducción.

⁴⁶ México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. 2009.

Los resultados generales apuntan a un mayor potencial de reducción en las áreas de reconversión productiva rural y energías renovables, seguidas de la conservación de las masas boscosas, la eficiencia energética y el cambio modal en el transporte.

Dentro de las técnicas de reconversión productiva rural se engloban opciones como la agricultura de conservación, la mejora de la cobertura vegetal en las tierras de cultivo, los sistemas agroforestales y la reducción del uso de los fertilizantes.

Por su parte, dentro de las energías renovables se incluyen además del fomento de la generación eléctrica a través de energías renovables, el fomento de la cogeneración en el sector industrial, la producción de biocarburantes y la energía solar para agua caliente sanitaria (ACS).

Dentro del área de tierras forestales, se incluye la creación de figuras para la protección de las mismas, así como acciones de reforestación y plantaciones en áreas degradadas.

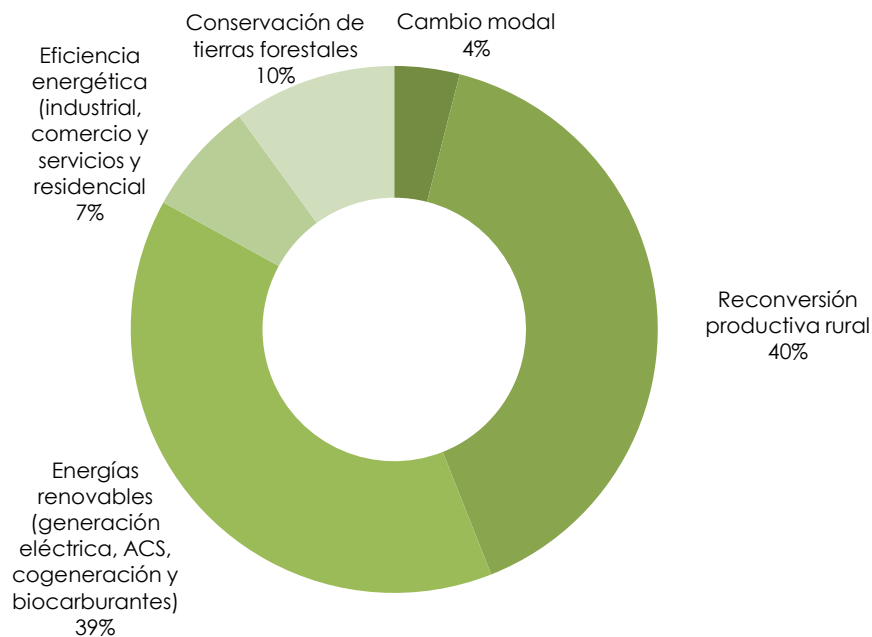
La eficiencia energética engloba actividades en los sectores industrial, comercio y servicios y residencial, tales como la sustitución de luminarias o de equipos o la mejora de la envolvente térmica de edificios. En el sector del transporte se incluye la renovación del parque móvil a través de la imposición de un sistema de verificación vehicular.

Por último, el cambio modal incluye el fomento del transporte no motorizado y medidas para desincentivar el uso del vehículo privado.

La siguiente gráfica muestra este análisis por tipología de acciones.

Gráfico 6: Potencial estimado de reducción por área para 2030.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis se ha llevado a cabo mediante la aplicación de líneas de base para las diferentes medidas, calculando la diferencia entre la línea de base y los resultados obtenidos mediante la aplicación de las medidas, por lo que se trata de un estudio teórico de reducción. Las líneas de base utilizadas se basan en las características de cada uno de los sectores y, en algunos casos, de la realidad particular del ámbito en el que se aplican las medidas.

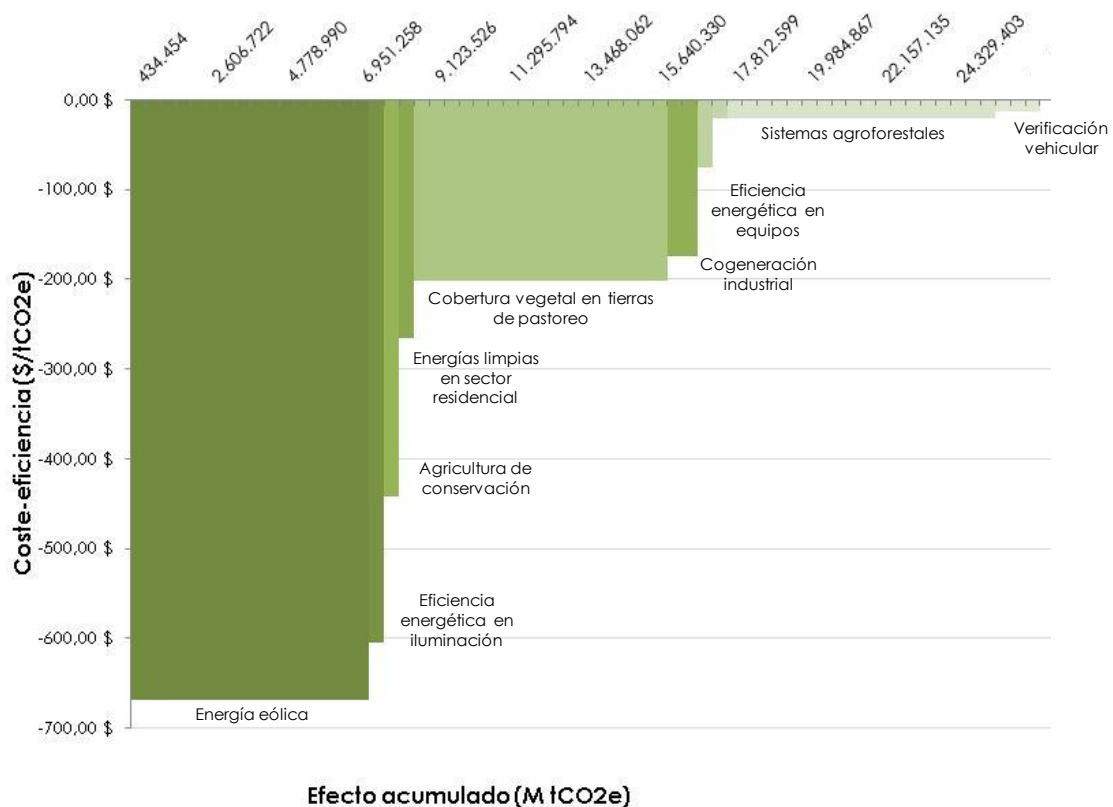
Un análisis más detallado de las principales opciones revela las siguientes conclusiones:

- ✓ Las medidas incluidas como reconversión productiva rural son a costo negativo, oscilando entre los MXN \$-400 del laboreo nulo hasta los MXN \$-20 de los sistemas agroforestales.
- ✓ En el caso de las energías renovables también son opciones a costo negativo, en este caso oscilando entre los MXN \$-600 de la energía eólica hasta los MXN \$-170 del impulso a la cogeneración. En este caso, sin embargo, también existen medidas a costo positivo como la producción de biocarburantes, en torno a los 250 MXN \$ MES, o la energía solar fotovoltaica que supera los MXN \$ 3,000.

- ✓ Las medidas de eficiencia energética presentan igualmente costos negativos, sobre todo las relativas a cambios de equipos o iluminación, debido a los ahorros energéticos y económicos que suponen. En este grupo destaca la mejora de la envolvente térmica de los edificios con costos positivos en torno a los MXN \$500.

Gráfico 7: Curva de costos de mitigación, 2030. Medidas a costo negativo (MXN \$).

Fuente: Elaboración propia.



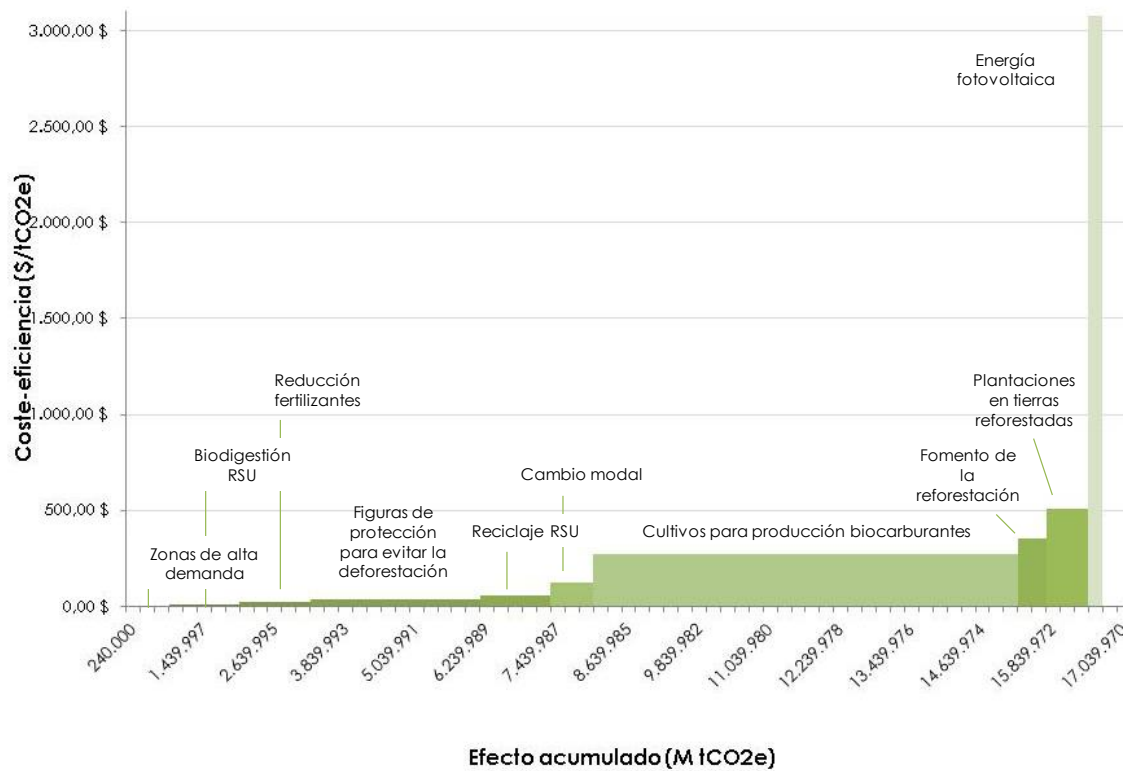
En el caso de las medidas que presentan costos positivos, las conclusiones generales son las siguientes:

- ✓ Las medidas que contribuyen a la conservación de las masas forestales presentan costos positivos en torno a los MXN \$300 – 500 en el caso de las plantaciones en áreas degradadas y reforestaciones. Ello es debido a que, por un lado, los fines son conservacionistas y no se obtiene un beneficio económico de la inversión realizada. Por otro lado, en el caso de las plantaciones, el periodo analizado no es lo suficientemente amplio para abarcar el tiempo necesario para la corta y comercialización de la madera.

- ✓ Las medidas dirigidas del cambio modal del vehículo privado a otros modos suponen también un costo positivo que oscila entre MXN \$1 de la definición de zonas de alta demanda y los MXN \$120 del fomento de la bicicleta en las áreas urbanas.
- ✓ Por último, la gestión de residuos y estiércol son opciones que se han analizado pero que prácticamente carecen de potencial de reducción, al ser áreas donde el Gobierno de Yucatán ya viene trabajando.

Gráfico 8: Curva de costos de mitigación, 2030. Medidas a costo positivo (MXN \$).

Fuente: Elaboración propia.



Sin embargo, hay que tener presente también que además de la variable económica, es importante considerar también aspectos sociales y ambientales. Por ello, finalmente se recomienda priorizar en primer término las opciones encaminadas a mejorar el conocimiento de cada sector, lo que ayudará a ajustar el alcance de las medidas de acción que conlleven reducciones directas de emisiones. Por otro lado, es necesario mantener en el tiempo las opciones integradas en la línea de participación y capacitación, ya que permiten crear la atmósfera necesaria para que se produzcan finalmente las reducciones de emisiones esperadas.

Dentro de las medidas de la línea de acción, y como se ha comentado anteriormente, se propone su priorización en función de los resultados del análisis costo-eficiencia, con las siguientes excepciones para las cuales sería necesario un análisis detallado por las implicaciones sociales y ambientales que tienen ligadas:

- Impulso a la energía eólica. El principal recurso eólico del Estado de Yucatán está ligado a la franja costera. Esta zona tiene, además, una importante riqueza natural y social, por lo que sería necesario un estudio en profundidad que tuviese en cuenta los aspectos sociales y naturales de la medida.
- Impulso a la generación eléctrica a través de biomasa. Debido a que el principal insumo para este tipo de tecnología debería provenir de las selvas yucatecas, sería necesario un análisis del potencial real existente y una evaluación de condiciones que aseguren el aprovechamiento sustentable de la biomasa, teniendo también en cuenta los aspectos sociales y ambientales ligados a las masas selváticas del Estado, así como la necesidad de una evaluación de condiciones que aseguren el aprovechamiento sustentable de la biomasa.
- Desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes. Únicamente tendría sentido si se potencia de forma paralela una demanda de este tipo de carburantes en el mismo Estado, para que así se produzcan las reducciones de emisiones esperadas en el sector del transporte. En este sentido, además, sería necesario considerar también los aspectos sociales ligados al desplazamiento de superficie apta para la producción de alimentos, para producir en su lugar la materia prima utilizada en la fabricación de los biocarburantes. Así mismo, se requeriría de una infraestructura para el refinamiento de biocarburantes en el propio Estado de Yucatán.

A continuación se analiza en detalle la casuística de cada sector.

4.2.1. Sector de generación eléctrica.

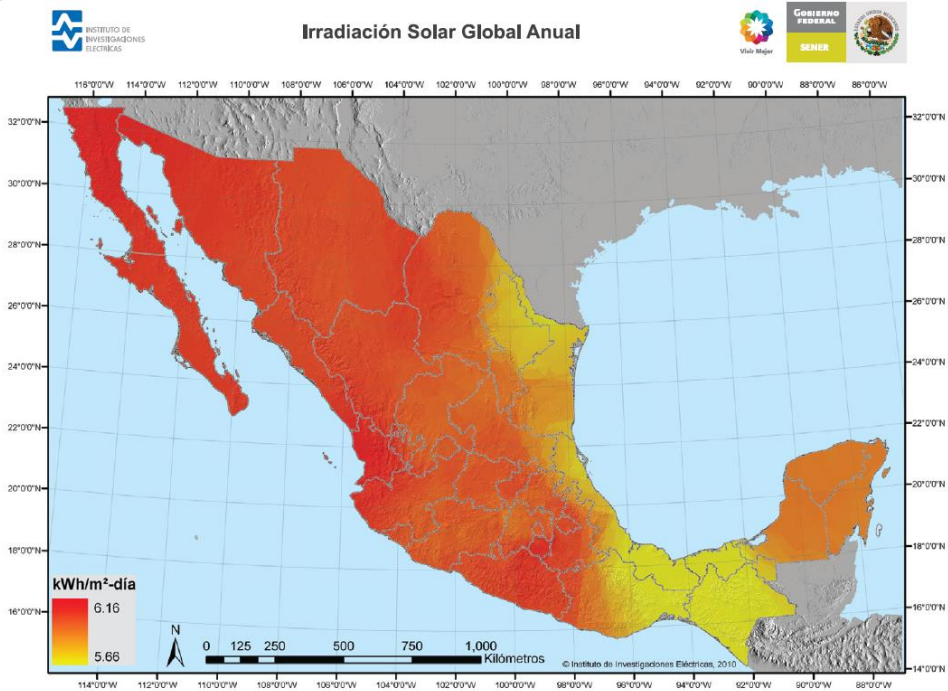
Las opciones de mitigación en el sector de generación eléctrica planteadas se han centrado en el **impulso de las energías renovables en Yucatán**, debido al escaso desarrollo que tienen en la actualidad. Así mismo, también se considera interesante trabajar en la disminución de las pérdidas de electricidad en las redes de distribución.

Existen otras áreas donde es posible la reducción de emisiones de GEI, como es el cambio de combustibles en las centrales termoeléctricas o la sustitución de éstas por

plantas de ciclo combinado, más eficientes. Pero, debido a que Yucatán en la actualidad es un Estado exportador de electricidad⁴⁷, y a que tiene previsto este tipo de cambios en las centrales existentes en un plazo de tiempo medio, se considera interesante que el PEACC se centre dentro de este sector en el impulso a las energías renovables, por su poco desarrollo actual y la falta de incentivos suficientes para ello.

A nivel nacional es también un área de trabajo recogida en su política energética. Así, la Estrategia Nacional de Energía contempla entre sus objetivos a 2026 el fomento de la generación eléctrica renovable. De cara a estimar el objetivo, se llevaron a cabo estudios de potencial para todo el territorio mexicano, centrados principalmente en la energía eólica y la solar. En este sentido, se estima que la capacidad total de las instalaciones fotovoltaicas en México podría ascender a 25.11 MWp y, en el caso de la eólica, se calcula en 71,000 MW (considerando sólo el 10% de área total con potencial y factores de carga superiores al 20%).

Figura 6: Atlas de potencial solar en México.
Fuente: Secretaría de Energía, Gobierno de México.



⁴⁷ Según información de demanda eléctrica proporcionada por Comisión Federal de Electricidad y de generación eléctrica por el Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa del INEGI.

Figura 7: Atlas de potencial eólico en México.
Fuente: Secretaría de Energía, Gobierno de México.



Estos estudios reflejan que Yucatán tiene principalmente potencial solar, aunque sería conveniente llevar a cabo un análisis específico del potencial existente para el resto de tecnologías y, principalmente, para la eólica, la solar y la biomasa, debido a los recursos existentes. Aunque en el estudio a nivel nacional no sale representativo el potencial existente en Yucatán, de acuerdo con expertos del sector⁴⁸, puede ser suficiente para potenciar este tipo de generación en el territorio.

Los objetivos asumidos a nivel nacional son incrementar la participación de las fuentes no fósiles en la generación de electricidad al 35% para el año 2026. Dentro de este porcentaje, se incluye la generación nuclear pero, en función del escenario, tiene también un peso fuerte el desarrollo de la energía eólica.

En este sentido, los diferentes escenarios simulados a nivel nacional presentan una generación prevista para la energía eólica que oscila entre el 5% y el 20% del total de energía eléctrica producida a 2026. En el caso de la solar fotovoltaica, los escenarios coinciden en un desarrollo hasta alcanzar el 0,3% de la producción eléctrica total.

⁴⁸ Sesiones participativas sectoriales, octubre de 2012.

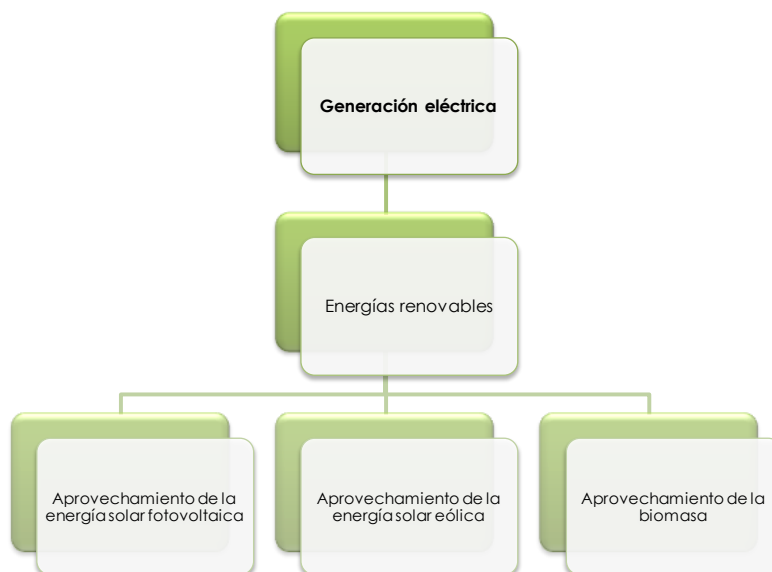
En base a estos supuestos, y al no existir estudios específicos de potencial en el Estado de Yucatán, se han estimado producciones equivalentes al 5% de la generación eléctrica total para el caso de la energía eólica a 2030 y del 0,3% para el caso de la solar fotovoltaica y la biomasa, respectivamente para el mismo horizonte.

Adicionalmente a las medidas analizadas que se exponen a continuación, también habría de considerar, en un horizonte temporal más lejano al analizado en este documento, la posibilidad de emplear otras tecnologías renovables que en la actualidad están en una fase de desarrollo más temprana. Por ejemplo, este sería el caso de la energía del hidrógeno, que podría ser utilizada en células de combustible para la generación de energía eléctrica. En la misma línea, la energía maremotriz se espera que se convierta en una tecnología viable en un futuro, pero aún es demasiado pronto para considerarla como una alternativa a los combustibles fósiles.

Además, hay otras tecnologías que, pese a haber alcanzado ya su madurez, necesitarían de un mayor análisis en el caso del Estado de Yucatán para poder llevar a cabo una implantación de las mismas. En este grupo se englobaría, por ejemplo, la energía geotérmica, que en algunos países es una fuente de energía ampliamente empleada pero, en el Estado de Yucatán todavía no se ha estudiado con suficiente profundidad como para determinar la viabilidad de su utilización.

Figura 8: Marco de actuación del sector de generación eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis de las diferentes opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 5: Opciones de reducción en el sector de generación eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
1.A.1	Estudio del potencial renovable	-	500,000	-	-
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
1.B.1	Impulso a la energía solar fotovoltaica	386,568	2,048,320,700	1,134,203,835	3,073
1.B.2	Impulso a la energía eólica	6,877,309	5,800,740,750	20,177,657,751	- 668
1.B.3	Impulso a la utilización de biomasa	343,703	611,838,242	1,022,334,659	- 294
1.B.4	Disminución de las pérdidas en la red de distribución	7,172,111	-	-	-

De las opciones planteadas en la línea de Acción, se ha podido realizar el análisis costo-eficiencia de tres de ellas. El análisis revela que, **con los supuestos asumidos en línea con la planificación energética a nivel nacional, la energía eólica podría tener un mayor impulso en potencia instalada, alcanzando mayores reducciones de emisiones de GEI. El análisis costo-eficiencia revela además que sería la opción más beneficiosa**, debido a su mayor factor de carga y su menor costo de implantación y mantenimiento.

Posteriormente, la generación eléctrica a partir de biomasa, aunque con un potencial menor en base a la planificación nacional, sería también una opción a considerar al presentar con las hipótesis asumidas un costo-eficiencia negativo. En este sentido, y como ya se ha comentado, sería necesario tener en cuenta criterios sociales y ambientales, además de los puramente económicos.

Por último, la energía solar fotovoltaica sería la opción menos rentable, debido a los elevados costos asociados a sus equipos y su menor factor de carga, sin embargo habría que enfocarlo desde un punto de vista multicriterio y ver las demás ventajas que ofrece.

Una línea de actuación clave es la disminución de las pérdidas asociadas a la distribución eléctrica, que repercutiría en una reducción de emisiones a lo largo de la cadena de valor del sector⁴⁹.

A la hora de priorizar las medidas de reducción en este sector es importante conocer los resultados de estudios específicos de potencial renovable, ya que este estudio inicial se ha basado en información nacional pudiendo variar la realidad del Estado con estudios más detallados.

No obstante, además de las cuestiones meramente técnicas y económicas, es necesario tener también presente cuestiones sociales y ambientales. Así, por ejemplo, por las propias características del Estado de Yucatán, tanto la energía eólica como la biomasa es posible que no tengan un desarrollo tan profundo como puede parecer en este primer análisis. Hay que tener en cuenta, por una parte que el principal potencial eólico parece estar asociado a la costa, de acuerdo con los datos nacionales aportados anteriormente. Sin embargo, la costa es una zona donde los molinos eólicos podrían tener otros impactos sobre la biodiversidad, el paisaje y, en definitiva, las comunidades locales. Por otra parte, la generación eléctrica a partir de biomasa depende principalmente de los insumos que se puedan extraer de las selvas, siendo necesaria una cantidad suficiente y su aprovechamiento sustentable. Por lo tanto, sería necesario un análisis más profundo para determinar la capacidad real de provisión existente.

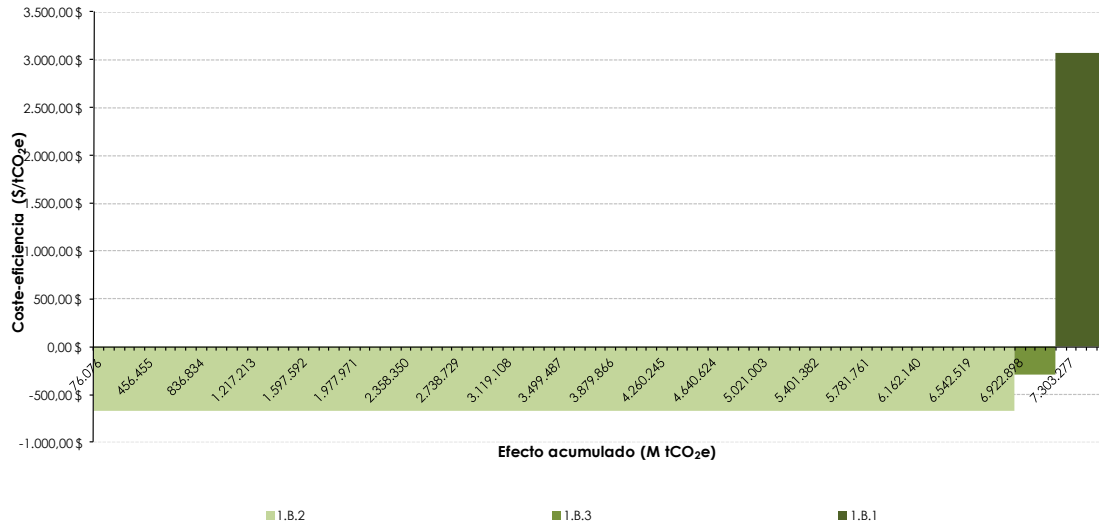
En base a ello, la medida que se considera más adecuada para priorizarla en el corto plazo es el fomento de la energía solar fotovoltaica, ligada no sólo a ciudades sino también a zonas rurales donde el acceso a la electricidad es más limitado. Aunque desde el punto de vista estrictamente económico no sea la opción más eficiente, los beneficios que se derivan en términos de reducción de emisiones y la autosuficiencia con la que provee a las comunidades aisladas justifica la inversión.

Por otra parte, aunque la disminución en las pérdidas de electricidad en la red de distribución es de competencia federal, puede derivar en importantes reducciones de emisiones de GEI en el Estado de Yucatán.

⁴⁹ Fuente: Estrategia nacional de energía (SENER)

Gráfico 9: Curva de costos de mitigación en el sector de generación eléctrica, 2030.

Fuente: Elaboración propia.



1.B.1	Impulso a la energía solar fotovoltaica
1.B.2	Impulso a la energía eólica
1.B.3	Impulso a la utilización de biomasa

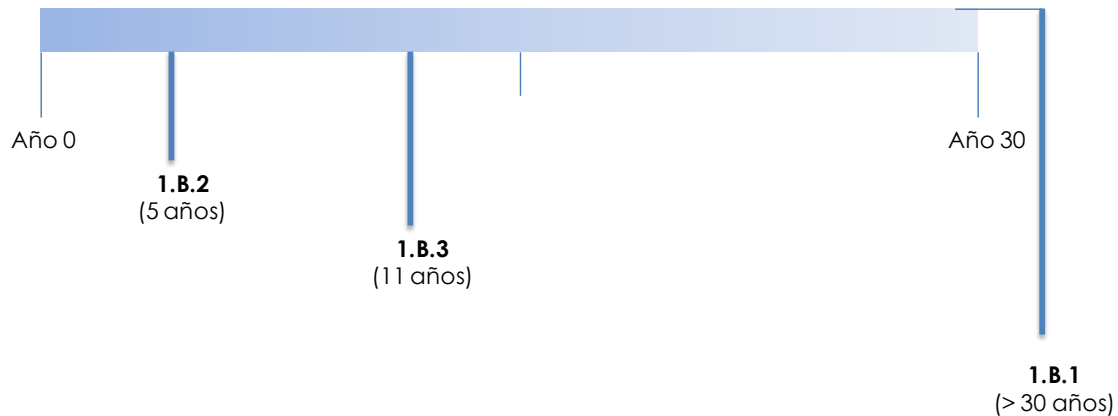
En todos los casos, las inversiones a realizar son altas y su viabilidad futura depende de los ingresos previstos por la venta de la electricidad generada⁵⁰.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que este análisis debería realizarse una vez obtenidos los datos reales de potencial de cada tecnología. Por ello, una de las medidas que se proponen es el desarrollo de estudios específicos en el Estado de Yucatán, de cara a poder impulsar con mayor conocimiento este tipo de opciones. Este tipo de estudios pueden ser llevados a cabo por organizaciones como el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) o el Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Unidad Mérida (Cinvestav), entre otros.

⁵⁰ Los supuestos asumidos en el análisis costo-eficiencia en relación con el precio de venta de la energía eléctrica han sido tomados de los datos publicados por la Comisión Federal de Electricidad para Yucatán.

Gráfico 10: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector de generación eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.2. Sector industrial.

A nivel nacional, las opciones de mitigación en el sector industrial pasan principalmente por la **implementación de equipos de cogeneración alimentados con gas natural**. Los beneficios asociados a este tipo de equipos influyen de forma directa en un incremento de la competitividad de las empresas del sector, derivado de:

- ✓ La capacidad de autogeneración y reducción de la dependencia de la red eléctrica, lo que asegura la fiabilidad en el suministro de energía para sus procesos, de forma independiente a posibles fallos y caídas de la red.
- ✓ La capacidad de generación de electricidad y energía térmica con el mismo combustible y equipo, lo que unido a la eficiencia de este tipo de tecnología, se traduce en una reducción de los costos asociados a combustibles.

En todo caso, es importante destacar que la viabilidad de los equipos puede estar sujeta a elementos como el volumen de consumo energético de la empresa (puesto que a mayor consumo, mayor viabilidad económica para la instalación de este tipo de tecnología), así como la posibilidad insertar energía en la red (puesto que en ciertos casos la variabilidad económica de los proyectos depende de la posibilidad de vender los excedentes de energía eléctrica a la red).

Es importante plantear esta opción como medida en el contexto de la actividad industrial de Yucatán, con el objetivo de incrementar la competitividad e integrar la sustentabilidad en relación a la demanda de energía para sus procesos.

La utilización de la cogeneración industrial permite satisfacer las demandas en relación a la energía térmica y eléctrica, con una mejora en la eficiencia de generación, en comparación a tecnologías convencionales. Este tipo de demanda energética, se encuentra asociada a diversos sub-sectores comprendidos en la actividad industrial de la región del Yucatán, como el caso de la industria alimentaria, de bebidas y tabaco, de fabricación de papel, así como la de producción de derivados de petróleo y carbón o industrias químicas, del plástico y del hule.

Sin embargo, la efectividad de un programa como éste, necesariamente requiere de conocer en detalle las posibilidades y el potencial de integración de este tipo de tecnología en la realidad empresarial estatal, por lo que se recomienda el llevar a cabo acciones que permitan llenar el vacío de conocimiento detectado al respecto. En línea con los esfuerzos nacionales que se han llevado a cabo para estimar el potencial de cogeneración a nivel industrial, se recomienda llevar a cabo un estudio de carácter estatal que permita definir las bases de conocimiento sobre las que desarrollar un programa efectivo de impulso a la cogeneración en el sector industrial de Yucatán.

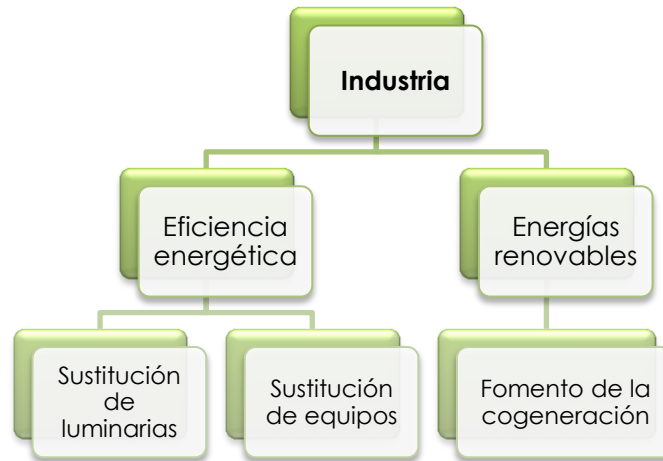
Es importante señalar, sin embargo, que existen otras acciones que disponen de un importante potencial de mitigación dentro del sector. Estas acciones se encuentran ligadas a los diferentes usos que requieren de un consumo de energía eléctrica y, en particular, a la sustitución de equipos convencionales por otros con mejores estándares de eficiencia energética. Algunos de los usos energéticos más significativos se encuentran relacionados con la iluminación o climatización de los espacios para los cuales se han identificado potenciales importantes de ahorro energético (de hasta el 30% de la energía).

El sector industrial, al igual que el sector servicios, carece actualmente del conocimiento suficiente que le capacite para la toma de decisiones respecto a este tipo de proyectos de eficiencia energética que puedan materializarse en inversiones o proyectos que, a su vez, se traduzcan en ahorros energéticos tangibles. Es por eso que resulta necesario diseñar herramientas para la sensibilización y difusión de información sobre el sector, con el objetivo de concienciar a los responsables empresariales de los beneficios asociados a la eficiencia energética, despertando el interés del sector y

fomentando su participación, tanto en programas diseñados desde la administración, como en programas generados desde el propio sector.

Figura 9: Marco de actuación del sector industrial.

Fuente: Elaboración propia.



Actividades de capacitación y participación con el sector

El análisis de las diferentes opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 6: Opciones de reducción en el sector industrial.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
2.A.1	Caracterización energética del sector industrial	-	500,000	-	-
2.A.2	Diagnóstico energético del sector industrial	-	67,000	-	-
2.A.3	Estudio del potencial de cogeneración regional	-	500,000	-	-
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
2.B.1	Sustitución de luminarias	6,636	8,400,000	32,029,200	- 1,464.56

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
2.B.2	Sustitución de aire acondicionado en industria	41,779	30,000,000	203,928,000	- 1,523.53
2.B.3	Sustitución de equipos de bombeo de agua en la industria alimentaria	156,795	31,680,000	88,059,096	- 98.34
2.B.4	Programa para la instalación de equipos de cogeneración industrial	730,904	1,019,377,778	2,083,128,570	- 174.08
LÍNEA ESTRATÉGICA C. PARTICIPACIÓN					
2.C.1	Creación de un Consejo Consultivo Estatal Público-Privado	-	-	-	-
2.C.2	Campañas de información: Hacia la eficiencia energética	-	1,000,000	-	-

Del total de opciones presentadas, se ha podido calcular el valor del costo-beneficio para un total de cuatro medidas. A partir de los resultados obtenidos, puede observarse como, en todos los casos, resultan opciones económicamente viables, así como intervenciones interesantes desde un punto de vista de mitigación de las emisiones.

Como se ha comentado anteriormente, a nivel nacional **la cogeneración representa una de las apuestas más importantes sobre el sector, por los importantes beneficios que aporta en relación a mejoras en la competitividad del sector** (en relación a los ahorros energéticos derivados, ahorro económico asociado y mejora en la fiabilidad de suministro, entre otros). En relación a la viabilidad de este tipo de tecnología, es importante señalar que, los estudios realizados sobre el potencial de cogeneración a nivel nacional⁵¹, estiman la viabilidad en procesos con consumos energéticos con demandas mayores a 1,000 kW y factores de carga mayores al 50%. Por otro lado, aplicando términos de viabilidad económica, en algunos casos, la implantación de este tipo de tecnología solo resulta factible en caso de que se autorice la venta de los excedentes de electricidad a la red (a un precio superior al de compra de la misma por parte de la actividad industrial).

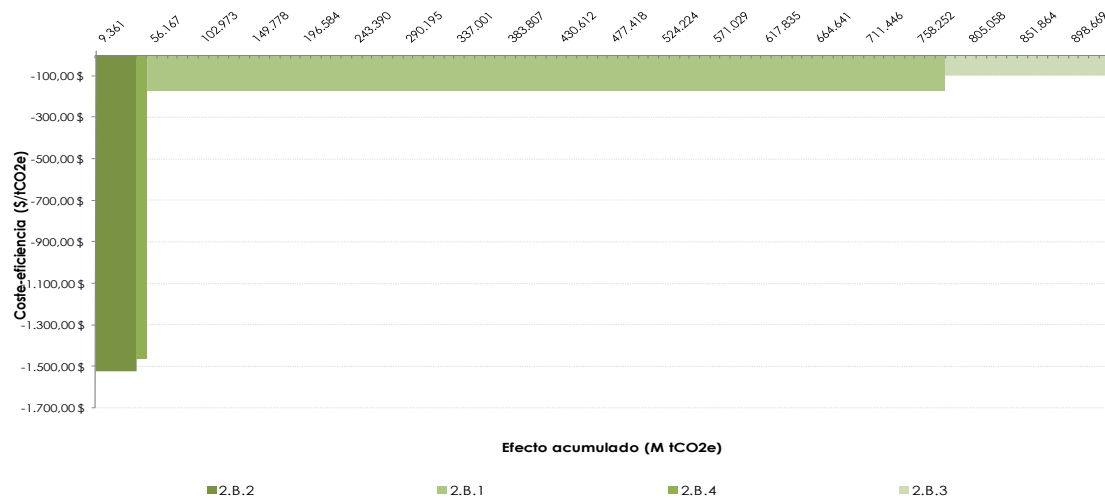
Teniendo en cuenta las características de la tecnología de cogeneración, se trazaría de un tipo de actuación particularmente interesante para aquellas industrias en las

⁵¹ Estudio sobre la Cogeneración en el Sector Industrial en México. 2009.

que se necesite una gran cantidad de vapor para las actividades producidas. No obstante, para el caso del Estado de Yucatán sería necesario un análisis previo de potencial y viabilidad para impulsar definitivamente la cogeneración entre la industria local, de cara a caracterizar correctamente a la industria y obtener una evaluación integral de las posibilidades de esta tecnología.

Gráfico 11: Curva de costos de mitigación en el sector industrial, 2030.

Fuente: Elaboración propia.



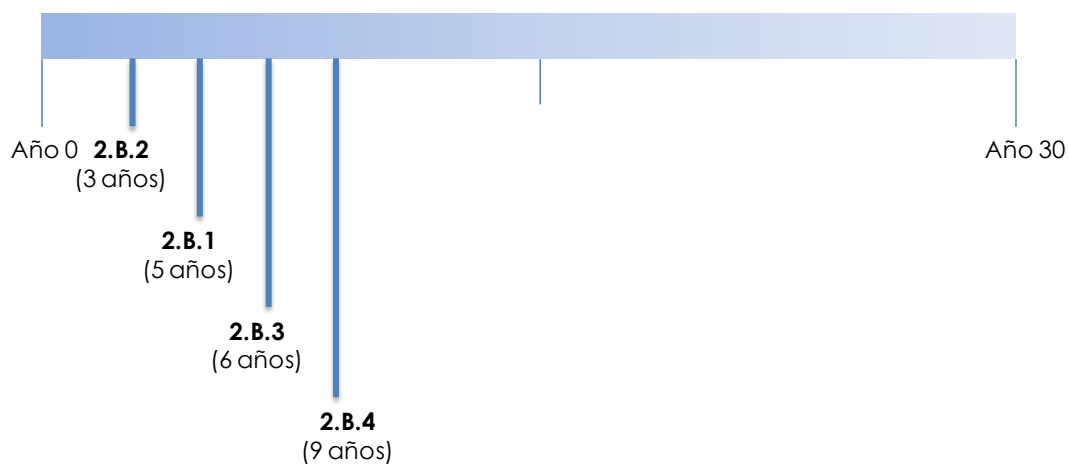
2.B.1	Sustitución de luminarias
2.B.2	Sustitución de aire acondicionado en industria
2.B.3	Sustitución de equipos de bombeo de agua en la industria alimentaria
2.B.4	Programa para la instalación de equipos de cogeneración industrial

Por otro lado, es significativo señalar la existencia de otras opciones de intervención relacionadas con la sustitución de equipos convencionales por otros sistemas con estándares de eficiencia energética mayores. Los elevados ahorros energéticos asociados a este tipo de intervenciones permiten afrontar los costos de inversión en los nuevos equipos, a través de períodos de retorno de la inversión asumibles. En relación a este punto, es importante el papel que la administración estatal pueda jugar aportando incentivos económicos, para catalizar la inversión en este tipo de proyectos.

Algunas de las principales barreras para la promoción de la eficiencia energética responden más a un desconocimiento del sector, que a una falta de viabilidad económica de las mismas. Es por esto importante reiterar la necesidad de diseñar herramientas que permitan capacitar al sector en relación a este tipo de medidas, así como de los beneficios asociados.

Gráfico 12: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector industrial.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.3. Sector comercio y servicios.

Las opciones de mitigación se encuentran estrechamente vinculadas a dos líneas de actuación específicas. Por un lado, **la promoción de la eficiencia energética en la utilización de equipos eléctricos y electrónicos y, por otro, la integración de las energías renovables dentro del sector.**

La falta de estándares en materia de eficiencia energética a nivel de sistemas fomenta el uso de equipos convencionales que disponen de elevados consumos energéticos, por lo que se han identificado potenciales acciones en materia de sustitución de equipos. En particular, de iluminación y aire acondicionado que constituyen las principales fuentes de consumo eléctrico del sector.

En este sentido, se recomienda la generación de programas de incentivo económico que ayuden a la adquisición de nuevos equipos, de forma conjunta con campañas de

sensibilización que aporten conocimientos sobre los beneficios de las medidas de eficiencia energética. Estas campañas tienen el doble objetivo de fomentar la participación del sector en los programas estatales, así como incentivar el desarrollo de iniciativas propias desde el propio sector.

A nivel estatal, ya se están llevando a cabo campañas para la sustitución de aparatos y electrodomésticos convencionales, como los casos del “Programa Luz Verde” o la campaña “Cambia tu viejo por uno nuevo”, que pueden ser utilizados como marco para el desarrollo de iniciativas con un carácter más regional.

En materia de desarrollo de las energías renovables descentralizadas y, en consonancia con los objetivos nacionales, es necesario fomentar la integración de la energía solar para la producción de energía térmica en este tipo de establecimientos, aprovechando el elevado potencial de irradiación térmica estatal. Se propone, por tanto, el desarrollo de un programa de promoción de calentadores solares, que ofrezca una herramienta regional de apoyo y continuidad a los objetivos del programa PROCALSOL.

Estos programas deben estar enfocados de forma particular, en aquellos sectores que se caracterizan por disponer de una demanda significativa de agua caliente sanitaria, como son los casos del sector hospitalario y, especialmente, el sector del turismo y la hostelería.

La correcta planificación y diseño de programas y medidas en ambos campos, requiere de la disponibilidad de información por parte del Estado que permita caracterizar los hábitos de consumo del sector (así como de los sub-sectores que lo componen). Se ha identificado una falta de información a nivel estatal sobre la que evaluar los patrones de consumo del sector, por lo que se recomienda la puesta en marcha de iniciativas que permitan llenar ese vacío de conocimiento.

En relación a la falta de conocimiento, una de las principales barreras detectadas en relación a la promoción de medidas de eficiencia energética, está vinculada también a una falta de información por parte del sector sobre este tipo de medidas. Por ello, se detecta como esencial capacitar al sector, con el objetivo de que sea capaz de disponer de criterios para la toma de decisión en relación a sus consumos energéticos. De forma que se sienta incentivado, tanto a participar en los posibles programas generados en el marco de la Administración, como en generar sus propias iniciativas.

Figura 10: Marco de actuación del sector comercio y servicios.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis de las diferentes opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 7: Opciones de reducción en el sector comercio y servicios.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
3.A.1	Caracterización energética del sector servicios	-	500,000	-	-
3.A.2	Diagnóstico energético del	-	33,500 ⁵²	-	-

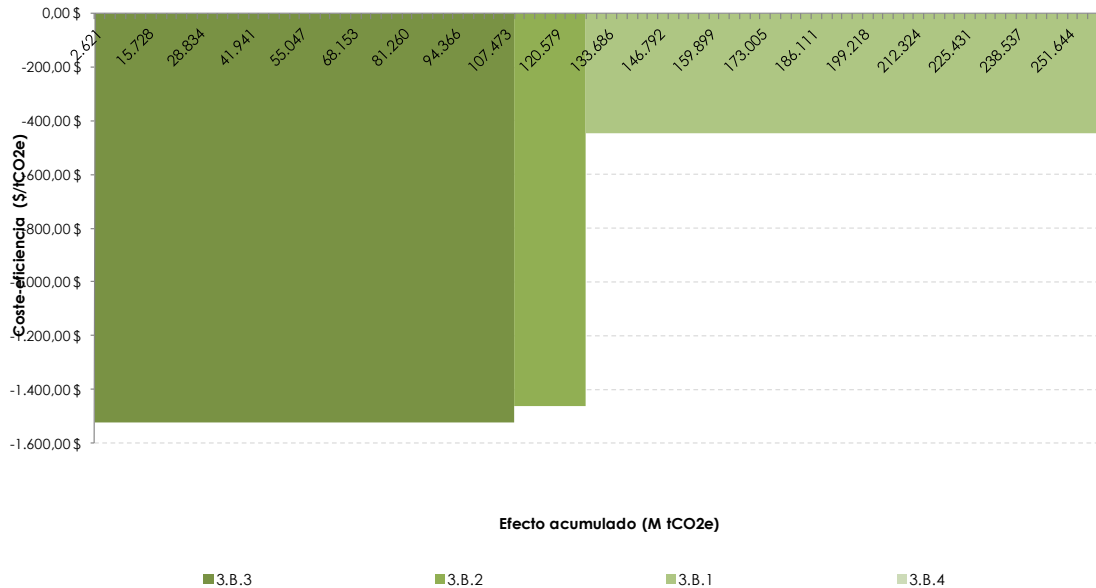
⁵² Costo estimado por diagnóstico energético.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
sector servicios					
3.A.3	Integración de normas de eficiencia energética	-	-	-	-
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
3.B.1	Sustitución de luminarias en la empresa mediana	17,253	21,840,000	83,275,920	- 1,464.56
3.B.2	Mejora del alumbrado público	133,677	335,291,587	727,934,974	- 447.43
3.B.3	Sustitución de equipos de aire acondicionado en empresa mediana	108,626	78,000,000	530,212,800	- 1,523.53
3.B.4	Integración de colectores solares en el sector servicios	2,573	11,430,995	20,722,849	- 146.78
LÍNEA ESTRATÉGICA C. PARTICIPACIÓN					
3.C.1	Creación de un Consejo Consultivo Estatal Público-Privado	-	-	-	-
3.C.2	Campañas de información: Por un uso sustentable de la energía	-	1,000,000	-	-

Del total de las medidas evaluadas para el sector servicios, se ha calculado la relación costo-eficiencia para un total de cuatro de las mismas. Como se comentó anteriormente, existen diversas oportunidades para la mejora de la eficiencia energética en el sector servicios, asociadas a la sustitución de equipos convencionales por otros más eficientes (con estándares de consumo menos elevados), con el consiguiente ahorro de electricidad asociado.

Gráfico 13: Curva de costos de mitigación en el sector comercio y servicios, 2030.

Fuente: Elaboración propia.

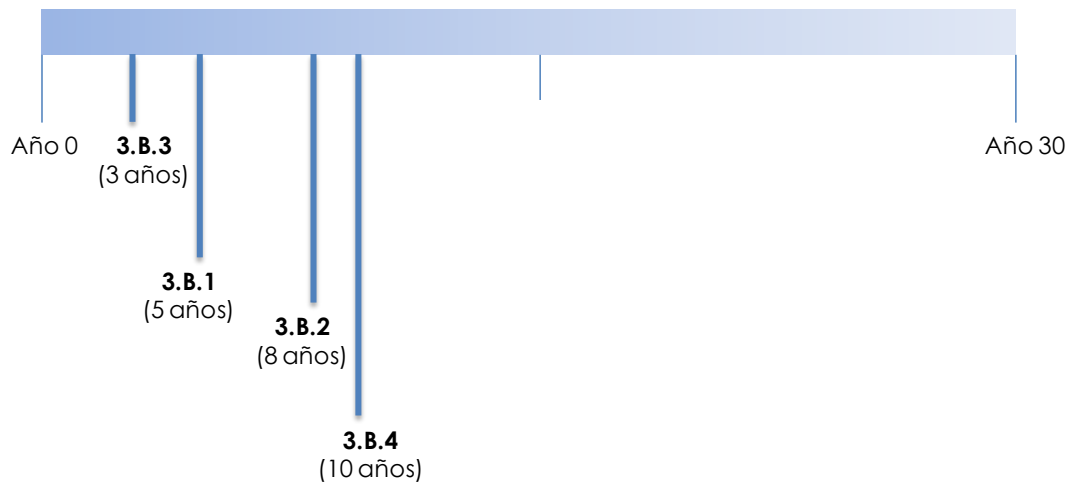


3.B.1	Sustitución de luminarias en la empresa mediana
3.B.2	Mejora del alumbrado público
3.B.3	Sustitución de equipos de aire acondicionado en empresa mediana
3.B.4	Integración de colectores solares en el sector servicios

Los elevados ahorros energéticos asociados a este tipo de medidas garantizan la viabilidad económica de estas opciones y las convierte en medidas muy adecuadas para la mitigación de emisiones en este sector. A diferencia del sector residencial, las tarifas eléctricas del sector servicios disponen de un menor nivel de apoyo público, lo que actúa como un incentivo directo para el fomento de un uso más sustentable de la energía. Por otro lado, una de las principales barreras en la promoción de eficiencia energética en el sector, responden al propio desconocimiento por parte del mismo de las mismas, por lo que es necesario sensibilizar al sector sobre los mecanismos existentes, así como los beneficios asociados.

Gráfico 14: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector comercio y servicios.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.4. Sector residencial.

El sector residencial es uno de los sectores en los que se han hecho más patentes los esfuerzos de las administraciones nacional y estatal en relación a la **promoción de medidas para la mejora de la sustentabilidad energética, ya sea a partir de opciones relacionadas con la eficiencia energética, como en la integración de energías renovables en el sector (para la producción de energía térmica y eléctrica).**

En este sentido, los programas para la sustitución de bombillas (Programa Luz Verde) y equipos electrodomésticos (particularmente equipos de aire acondicionado o refrigeradores), la iniciativa de "Hipotecas Verdes" o el programa PROCALSOL, son algunas de las herramientas más significativas en este sentido.

Las líneas de actuación a nivel estatal deben desarrollarse en concordancia con los esfuerzos planteados desde la administración nacional en los diferentes programas definidos, proporcionando líneas de actuación coordinadas desde el gobierno estatal, que aporten el capital humano y económico necesario, que añadan un esfuerzo complementario a los programas nacionales. Así, se propone la creación de programas estatales que aporten el incentivo económico para la adquisición de nuevos equipos eficientes (tanto en tema de iluminación como de equipos

electrodomésticos), apoyados junto con campañas de sensibilización y comunicación a los usuarios con el triple objetivo de:

- ✓ Fomentar su participación en los programas estatales.
- ✓ Concienciar a la población sobre los beneficios de un uso sustentable de la energía.
- ✓ Capacitar a la población para que disponga de criterios de decisión que permitan fomentar inversiones desde los usuarios en materia de eficiencia energética.

Como se ha comentado anteriormente, en el sector servicios, es importante que estos programas estatales tomen como referencia las iniciativas llevadas a cabo desde la administración federal a nivel de todo el país, con el objetivo de asegurar el éxito en el cumplimiento de sus objetivos.

De igual forma, en línea con los objetivos nacionales, deben promoverse programas para la integración de renovables en la producción de energía térmica y eléctrica del sector residencial. El elevado potencial de irradiación solar estatal permite el uso de la energía solar para la producción de ambas. Para ello, se recomienda establecer un plan para la integración de colectores solares en el sector, que continúe con los objetivos nacionales, fijados en el programa PROCALSOL. Esta tecnología permite reducir drásticamente los consumos de GLP para la producción de agua caliente, lo que se traduce en beneficios económicos para los hogares, así como autosuficiencia energética.

Para el caso de la producción de energía eléctrica, las actuales condiciones de un mercado de la tecnología fotovoltaica no desarrollado (tanto a nivel nacional como estatal), definen que el costo de los equipos resulte demasiado elevado para resultar rentable para la mayoría de los usuarios del sector doméstico, a excepción de los grandes consumidores asociados a la tarifa DAC. En este caso, es necesario que el propio mercado se desarrolle para permitir una reducción significativa de los costos de los equipos que permita amortizar estos sistemas en períodos más cortos de tiempo.

Otro de las áreas importantes a considerar, se encuentra enfocada en la edificación sustentable y, en particular, en relación a la mejora de las condiciones de la envolvente térmica de las construcciones (a fin de mejorar las condiciones de confort y requerimientos de climatización de los edificios), que incluyen intervenciones para el

aprovechamiento para un mejor uso de la energía solar pasiva (sin mediación de tecnologías de aprovechamiento), mejoras en el aislamiento de muros, carpintería, acristalamientos, o la reducción de pérdidas por infiltraciones o puentes térmicos, entre otras.

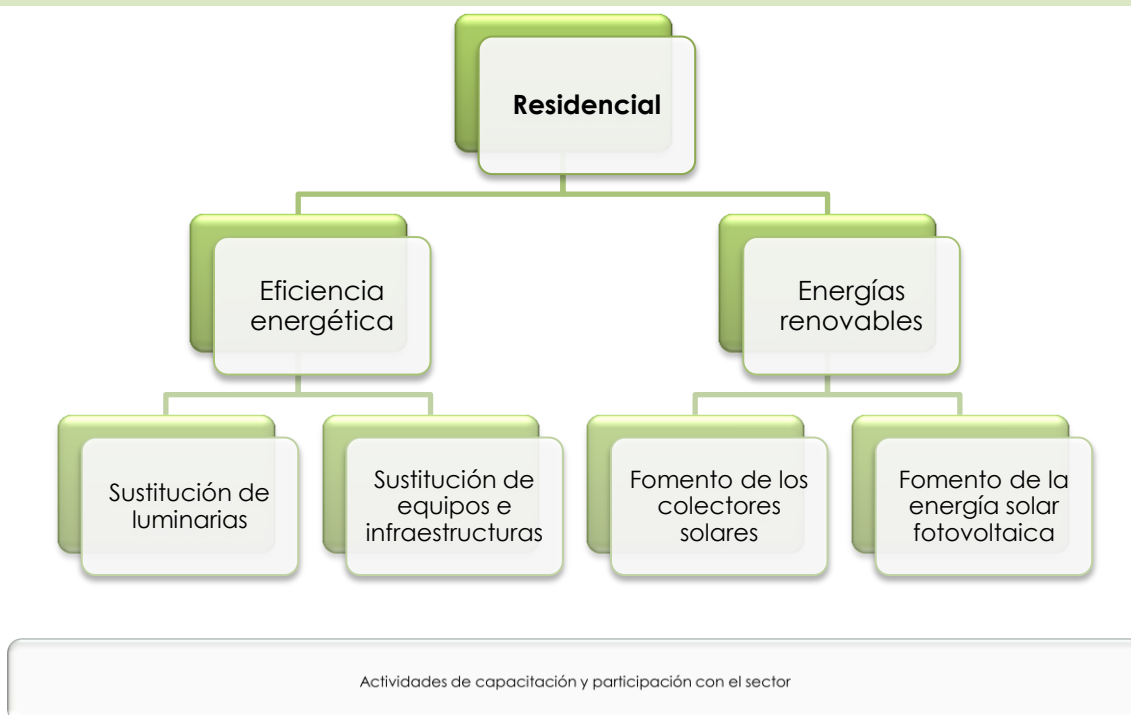
Es importante señalar que las anteriores propuestas se encuentran más enfocadas hacia la población ubicada en zonas de tipo urbano. En relación a las poblaciones ubicadas en el entorno rural, en las que la necesidad de disponer de energía para cocinar representa un desempeño importante a nivel económico y de tiempo (necesario para la recolección de la leña), es incluso más importante integrar acciones en materia de sustentabilidad. Estas acciones deben pasar por suministrar equipos más eficientes para la generación de energía térmica que, debido a su mayor eficiencia, reducen de forma considerable los requerimientos de biomasa, con el consiguiente ahorro económico y de tiempo para su recolección, lo que repercute de forma directa en la calidad de vida de los usuarios. A ello se le suma la mejora en la salud de estas poblaciones, ya comentado en el capítulo de diagnóstico de este sector.

Es importante señalar que la aplicación de este tipo de intervención, puede ser igualmente replicada en otros sectores de interés, que también disponen de una elevada demanda de energía térmica para cocinar alimentos, como es el caso del sector comercial y de servicios, y en particular, establecimientos de venta de comida o restaurantes.

Por otro lado, es importante destacar también que, al igual que en otros sectores, la disponibilidad de información y conocimiento representa un elemento esencial, tanto en el diseño de las actuaciones como para asegurar la efectividad de las mismas. A nivel estatal se percibe una falta de información que permita caracterizar los hábitos de consumo energético del sector, lo que resulta esencial para poder priorizar los elementos a tratar dentro del sector y establecer las líneas de trabajo sobre las que diseñar los programas. Es por eso necesario que, desde la Administración, se diseñen toda una serie de actuaciones, tales como estudios, que permitan conocer mejor los consumos energéticos estatales asociados al sector, así como proporcionar herramientas para conocer sus propios consumos.

Figura 11: Marco de actuación del sector residencial.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis de las diferentes opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 8: Opciones de reducción en el sector residencial.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
4.A.1	Caracterización energética del sector residencial	-	500,000	-	-
4.A.2	Diagnóstico energético del sector residencial	-	13,500 ⁵³	-	-
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
4.B.1	Programa "Luz Verde"	350,647	95,761,209	592,408,716	- 604.61
4.B.2	Integración de calentadores solares en viviendas	122,044	856,160,032	1,572,460,727	- 266.00

⁵³ Costo por diagnóstico.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
4.B.3	Sustitución de refrigeradores	254,622	223,374,667	435,713,181	- 75.25
4.B.4	Fomento de la generación solar	16,995	136,917,510	146,450,317	1,891.91
4.B.5	Integración de estufas mejoradas de leña	349,328	70,532,631	89,151,305	- 21.18
4.B.6	Mejora en la climatización de edificios	115,090	194,934,374	195,728,893	477.67
LÍNEA ESTRATÉGICA C. PARTICIPACIÓN					
4.C.1	Observatorio para la sustentabilidad del sector residencial	-	-	-	-
4.C.2	Campañas de información: Por un consumo sustentable	-	1,000,000	-	-

De las opciones evaluadas, se ha realizado el costo-eficiencia para un total de seis medidas. A la vista de los resultados, **las medidas más interesantes se encuentran relacionadas con la sustitución de aparatos convencionales por sistemas más eficientes, en particular en las áreas de iluminación, refrigeración y sistemas para la cocción de alimentos, así como la instalación de calentadores solares.** Los elevados ahorros energéticos asociados a estas medidas, junto con unos costos reducidos a nivel de equipos, generan que la reducción de emisiones a partir de los mismos resulte viable económicamente, generando además beneficios económicos para sus potenciales usuarios.

Como se comentó anteriormente, en el caso de la energía fotovoltaica, el elevado costo de los equipos junto con el reducido precio de las tarifas eléctricas en el sector residencial⁵⁴, dificulta la viabilidad económica en la integración de este tipo de equipos. La excepción la constituyen los grandes consumidores, que pagan las tarifas más altas (un usuario medio está pagando alrededor de 0.642 MXN \$ por kWh, cuando un consumidor con tarifa DAC puede estar pagando una media de 3.24⁵⁵ pesos por kWh).

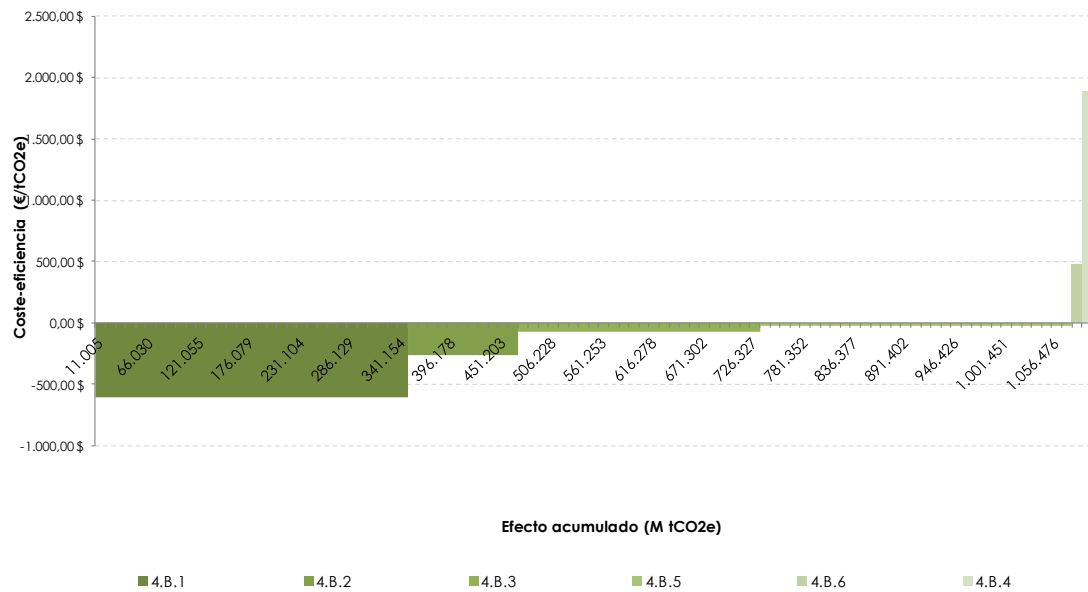
⁵⁴ Los costos transferidos a los usuarios solo representan un 38% de los costos reales de generación. Información procedente del documento "¿Quién se beneficia de los subsidios energéticos en México? 2011

⁵⁵ Información proporcionada por el informe realizado por el Instituto Mexicano para la Competitividad: "Programa Especial de Cambio Climático para el período 2012-2020 con acciones adicionales y análisis de potencial).

Es necesario un incremento del mercado así como de incentivos económicos públicos que ofrezcan un soporte en la adquisición de este tipo de equipos, con el objetivo de mejorar su viabilidad económica como medida para la reducción de emisiones.

Gráfico 15: Curva de costos de mitigación en el sector residencial, 2030.

Fuente: Elaboración propia.

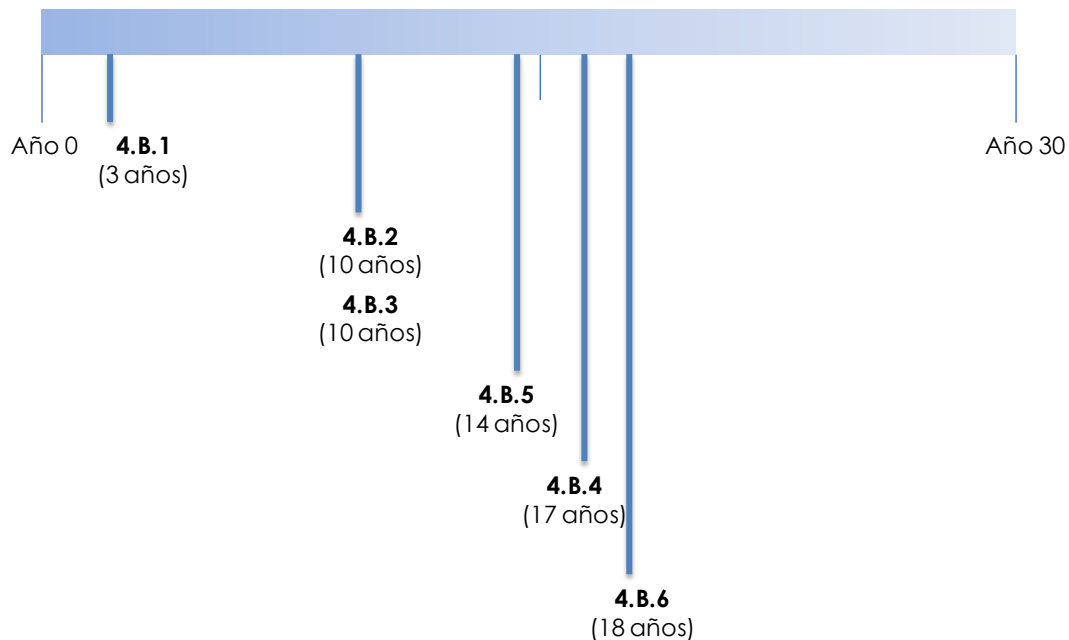


4.B.1	Programa "Luz Verde"
4.B.2	Integración de calentadores solares en viviendas
4.B.3	Sustitución de refrigeradores
4.B.4	Fomento de la generación solar
4.B.5	Integración de estufas mejoradas de leña
4.B.6	Mejora en la climatización de edificios

De igual modo, los reducidos costos de tarifa eléctrica influyen sobre la viabilidad económica de otras medidas, como las de mejora de las características térmicas de los edificios (combinando intervenciones de sustitución de equipos de refrigeración con cambios en la envolvente térmica), que conllevan inversiones significativas inicialmente.

Gráfico 16: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector residencial.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.5. Sector transporte.

Las opciones dentro del sector transporte, al igual que en otros sectores, deben comenzar por la mejora de la información de base del sector. En este sentido, se ha identificado como prioritario ampliar el registro de datos del mismo. Actualmente el INEGI provee estadísticas sobre factores principales, como censos y conteos, encuestas, módulos, series históricas o registros administrativos, entre otros, a nivel nacional y estatal. Sin embargo, es necesario dirigir esfuerzos hacia su ampliación y hacia la integración de datos más específicos, que permitan una mejor toma de decisiones y planificación de la situación del parque vehicular del Estado de Yucatán. Su alto crecimiento requiere mayor seguimiento del mismo, que incluya aspectos como lugar de proveniencia de los vehículos, antigüedad, tipo de carburante utilizado, tipo de motor, etc. Así, la base de datos propuesta permitirá realizar evaluaciones más acertadas, identificar debilidades y puntos de mejora, filtrar por sub-sectores y pronosticar tendencias del sector más precisas.

Teniendo en cuenta medidas más directas que repercutirán sobre un menor consumo de combustibles en el sector, las opciones propuestas van desde incentivar cambios modales en la población, hasta cambios de tecnologías y mejoras en la planificación.

Así, **se propone llevar el Programa de Verificación Vehicular nacional a un nivel más local** y trabajarlo desde dos perspectivas. Por un lado, respecto al parque vehicular existente y, por otro, respecto a los vehículos de nuevo ingreso al Estado (por compra, reemplazamiento, etc.). De esta forma, se propone cambiar el carácter voluntario existente ahora para la ciudadanía por obligatorio, de cara a poder garantizar el cumplimiento de los mínimos de eficiencia en los vehículos. Ello permitirá una renovación paulatina del parque de vehículos y, por lo tanto, unas menores emisiones de GEI asociadas al mismo.

Por otro lado, se considera interesante realizar un mapeo dentro del área metropolitana de Mérida, en las zonas con mayor demanda de estacionamiento. El objetivo es **identificar aquellas zonas de alta demanda** (p.ej. el centro de la ciudad) e **implementar un sistema de permisos de estacionamiento dentro de las mismas**. El programa garantizaría el libre estacionamiento a residentes de la zona y requeriría de un pago periódico (mensual, semestral o anual) a personas no residentes pero que requieran movilizarse a ella de forma constante (por motivos de trabajo, por ejemplo).

Respecto al transporte de carga, se ha propuesto la **rehabilitación del sistema ferroviario en Yucatán como una medida potencial, la cual sería una alternativa al transporte de carga terrestre actual y podría contribuir positivamente a los procesos de entrega, logística, comerciales y de conexión con otros estados**. La medida sin embargo va en la misma línea que la propuesta del Tren Peninsular, el cual tendría beneficios múltiples para toda la región en diferentes sectores.

La Secretaría de Comunicaciones y Transporte establece dentro de sus estrategias la consolidación del Sistema Ferroviario Nacional como una de sus estrategias dentro del Programa de Trabajo 2007-2012. Se plantea el objetivo de convertirlo en *“la columna vertebral del transporte en el país”*⁵⁶. La nación mexicana es propietaria únicamente de la infraestructura ferroviaria, ya que los servicios propios de ferrocarril están concesionados a diferentes empresas. De los 26,655 kilómetros de la red férrea Mexicana, 610 km se encuentran en el Estado de Yucatán.

⁵⁶ Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Programa de Trabajo. 2012

En cuanto al transporte público existente, se plantean tres opciones dirigidas a posicionar esta opción como principal a la hora de desplazarse por el área metropolitana de Mérida. Por un lado, el **fomento del uso de transporte no motorizado como alternativa para viajes cortos dentro de la ciudad, por ejemplo a través del fomento de la bicicleta**. Esta medida ha sido implementada en la Ciudad de México con éxito y con resultados positivos, demostrando gran aceptación por parte de la población y representando una opción saludable, económica y menos contaminante.

Otra opción es **mejorar el transporte existente, a través de la implementación de un sistema Bus Rapid Transit (BRT)**. La población del área metropolitana de Mérida ya justifica la implantación de este tipo de sistema, el cual se recomienda para ciudades con alrededor de un millón de habitantes. La acción se enfoca principalmente en reemplazar unidades de servicio público estándares, especialmente aquellas con niveles de eficiencia por debajo de lo aceptable y sustituirlas con unidades articuladas de mayor rendimiento.

Adicionalmente, dentro del mismo subsector, se propone llevar a cabo una **reestructuración de rutas del transporte público** (taxi, buses, etc.) con el objetivo de optimizar el sistema. Este tipo de medidas sirve, no sólo para identificar horas y rutas que pueden ser clasificadas como "cuello de botella" para un tránsito fluido, sino también para la generación de las mejores soluciones para reducir tiempos de trayectos, optimizar el sistema y orientar el sector hacia una postura más sostenible.

La reestructuración también permitirá optimizar las rutas del transporte de carga identificando alternativas que mejoren la logística de este subsector. Un ejemplo de ello puede ser la ruta Mérida-Progreso.

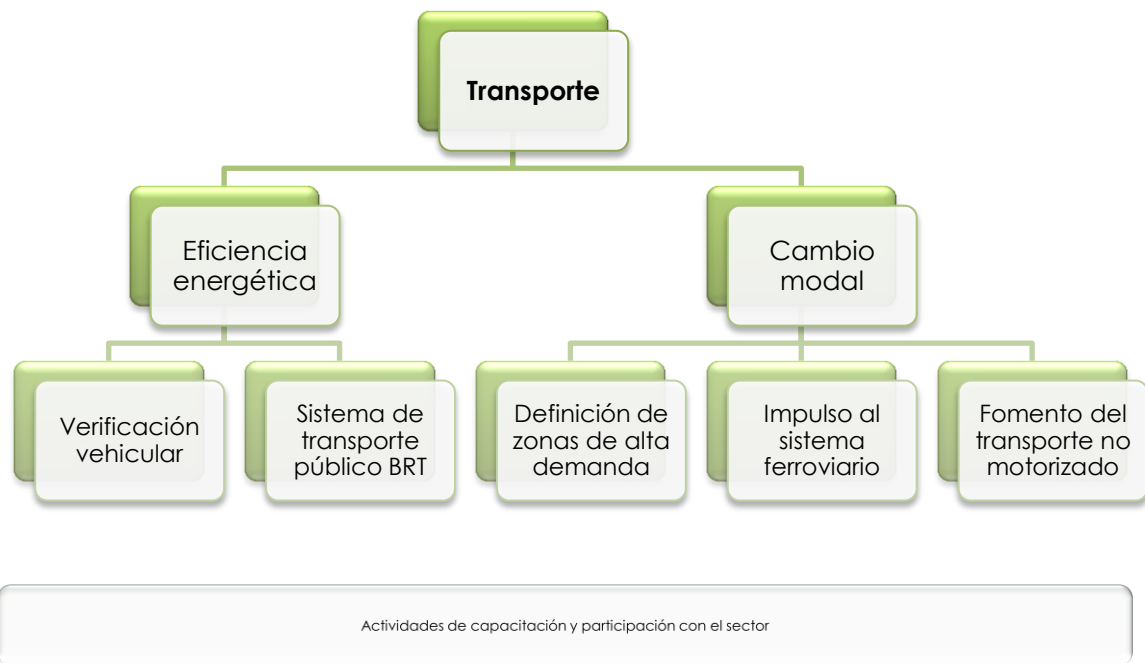
Finalmente y como en el resto de los sectores, se hace necesario un cambio en los hábitos de vida de la población. Por ello, se sugiere llevar a cabo un programa de concientización ciudadana que presente información pero, más aún, que haga a la ciudadanía participe de los efectos y beneficios que pueden representar su participación activa, dentro de las acciones promovidas para alcanzar un sector transporte bajo en carbono.

Adicionalmente a las medidas incluidas en este análisis, existe la opción del uso de biocarburantes en el Estado de Yucatán. Dentro del Estado de Yucatán ya existen algunas plantaciones de jatropha, sin embargo no se cuenta aún con datos concretos sobre su rendimiento, los cuales deben ser óptimos para poder considerar esta medida

como una opción. En cualquier caso, hay que tener también presente los aspectos sociales y ambientales ligados a la producción y uso de biocarburantes en el transporte. En este sentido, puede ser una opción viable cuando la producción y el uso están cercanos en el espacio, ya que si no la medida puede incurrir en mayores emisiones de GEI que las que se pretendía evitar.

Figura 12: Marco de actuación del sector de transporte⁵⁷.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis de las diferentes opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 9: Opciones de reducción en el sector transporte.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
5.A.1	Base de datos del parque vehicular del Estado de Yucatán	-	2,500,000	-	-

⁵⁷ No se ha incluido en este sector el uso de biocombustibles ya que éste aún se incluye dentro del sector agropecuario.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
5.B.1	Programa de verificación vehicular obligatoria	1,426,075	36,936,000	88,778,044	-13.09
5.B.2	Definición de zonas de alta demanda y permisos de estacionamiento	951,852	19,136,000	20,961,483	0.88
5.B.3	Rehabilitación del sistema ferroviario en Yucatán		-		
5.B.4	Fomento del uso del transporte NO motorizado dentro de las ciudades	830,389	213,976,141	12,574,243	126.12
5.B.5	Sistema de transporte tipo BRT	9,532	307,500,000	569,334,554	-549.93
5.B.6	Programa de optimización de rutas de transporte público		-		
LÍNEA ESTRATÉGICA C. PARTICIPACIÓN					
8.C.1	Programa de concientización ciudadana	-	1,000,000	-	-

De las opciones propuestas para el sector, se ha podido realizar el análisis costo-eficiencia de cuatro de ellas. Los resultados demuestran que **la medida más rentable en términos económicos sería el sistema BRT, seguida por el programa de verificación vehicular**, posteriormente la del programa de definición de zonas de alta demanda y permisos de estacionamiento y, finalmente, el fomento de vehículos no motorizados.

La medida del sistema BRT requiere de una inversión alta en su fase inicial por la compra de autobuses articulados para el reemplazo de unidades estándares. Sin embargo, al contar con mejores características de tecnología que los autobuses estándares los resultados son positivos. Según los estudios existentes⁵⁸, el rendimiento de un autobús estándar es mucho menor al de un autobús articulado, lo que significa que los costos de mantenimiento de uno y de otro difieren también. En el análisis de esta medida se consideró que un autobús articulado dentro del sistema BRT sustituye dos⁵⁹ autobuses estándares (de bajo rendimiento y altamente contaminantes). Además, hay

⁵⁸ Banco Mundial. México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. 2009.

⁵⁹ El estudio del Banco Mundial. México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono. 2009, establece que por cada autobús articulado, se sustituyen 4 de los buses estándares. En el caso de Yucatán se ha optado por una hipótesis más conservadora, al no disponer de información exacta sobre las rutas de transporte público urbano.

que tener en cuenta que, debido a que sus costos de mantenimiento son alrededor de un 25% del total del costo de mantenimiento de las unidades estándares, los ahorros son significativos. Adicionalmente a los ahorros por mantenimiento, se consideraron también ahorros salariales debido a la reducción en el número de choferes necesarios para las nuevas unidades y una mejora en el servicio de transporte colectivo en general. Por lo tanto, el sistema BRT hace uso de menos unidades con mejor rendimiento, lo que representa una reducción de emisiones positiva.

En cuanto a la medida de verificación vehicular, se asume que la entidad encargada de la compra de equipo y realización de los procesos de verificación técnica será asumida por una empresa externa. Por lo mismo, el análisis considera únicamente la inversión "institucional" requerida para establecer un departamento encargado del monitoreo y seguimiento del programa, que garantice su cumplimiento. Los ingresos provienen de posibles sanciones supuestas. La medida está alineada con los planes ya implementados en otros estados del país de los cuales se han utilizado datos y objetivos como referencia.

En relación con la medida de definición de zonas de alta demanda y permisos de estacionamiento, constituye una acción que desincentivaría el uso del vehículo a personas que viajen de zonas aledañas hacia el centro de la ciudad. De esta forma la medida reduciría el número de vehículos circulantes en el centro, los efectos de islas de calor, el recorrido promedio de un porcentaje del parque vehicular y promoverá el uso de transporte colectivo y no motorizado. La inversión necesaria para la implantación institucional se ve compensada con la venta de permisos (mensuales, semestrales, etc.) a personas que desean estacionarse dentro del perímetro de alta demanda y por sanciones a aquellas que se estacionen sin el permiso correspondiente.

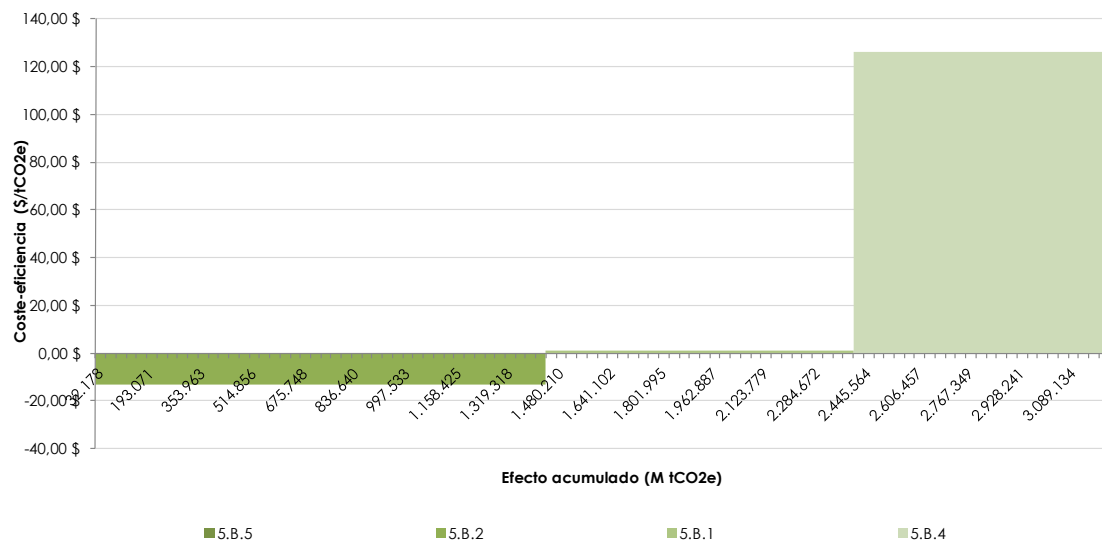
Finalmente, la medida de transporte no motorizado, presenta diferentes opciones de programa. Sin embargo, utiliza datos de inversión proporcionales a los incurridos en el programa Ecobici implementado en el Ciudad de México, al ser el de más alto costo y de mejores resultados. Los ingresos por uso del servicio no son tan altos debido a que el precio que pagan los usuarios (400 pesos anuales) es bajo, pero cumple con el objetivo de motivar y fomentar su uso. Sin embargo, la inversión requerida para la implementación del sistema, compra de bicicletas, establecimiento de cicloestaciones y promoción de la iniciativa, es bastante alta. Es por ello que este tipo de programas

deben llevarse a cabo en diferentes fases, de forma que se vaya expandiendo según su demanda y nivel de aceptación por parte de la población.

Asimismo, de forma paralela al fomento del transporte no motorizado, se puede motivar también el uso de transporte colectivo.

Gráfico 17: Curva de costos de mitigación en el sector transporte, 2030⁶⁰.

Fuente: Elaboración propia.



5.B.1	Programa de verificación vehicular obligatoria
5.B.2	Definición de zonas de alta demanda y permisos de estacionamiento
5.B.3	Rehabilitación del sistema ferroviario en Yucatán
5.B.4	Fomento del uso del transporte NO motorizado dentro de las ciudades

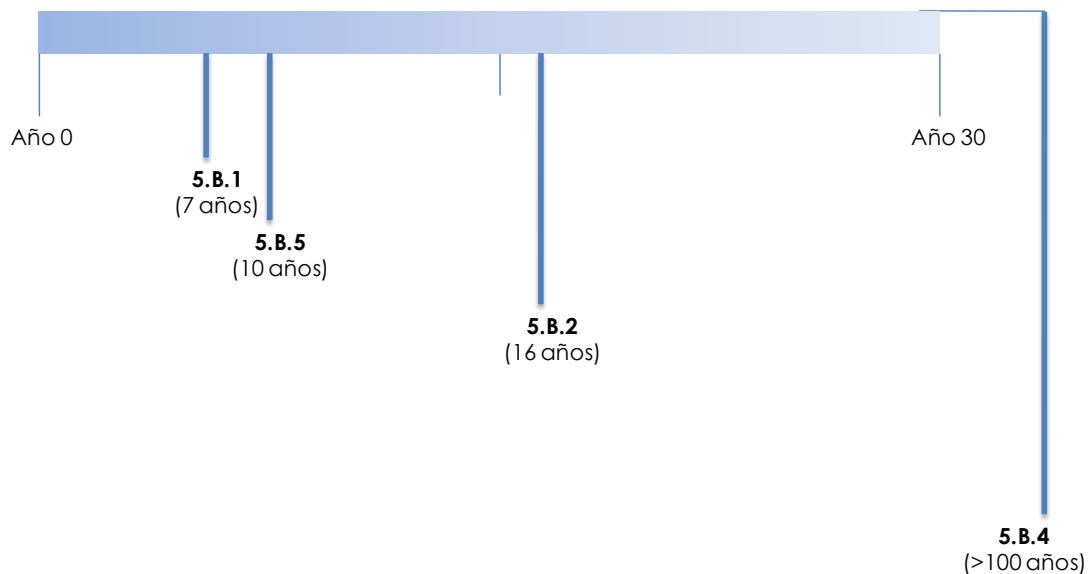
Es importante mencionar que los resultados anteriores se han hecho en base a supuestos de inversión proporcionales para el Estado de Yucatán. No obstante, se deberá realizar un estudio más profundo en caso de querer implementarse alguna de las medidas.

⁶⁰ La opción 5.B.5 no parece estar reflejada en el gráfico debido a su escaso potencial estimado.

Financieramente hablando, las medidas antes expuestas dieron como resultado los siguientes periodos de retorno, que también pueden ser utilizadas como un parámetro de comparación.

Gráfico 18: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector transporte.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.6. Sector agropecuario.

Las medidas en el sector agropecuario comienzan también por una mejora de la información de partida, para lo que se propone el desarrollo de una caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas. Ello, además de servir para ajustar el inventario de usos del suelo de la región, permitirá enfocar mejor las políticas dirigidas a la mejora ambiental en el mismo.

En el eje de acción, se engloban propuestas tanto para el subsector de la ganadería como para el de la agricultura. En el primer caso, las acciones más relevantes ya se han llevado a cabo, estando dirigidas al cambio en la tecnología del manejo de estiércol. Como se ha comentado anteriormente para este sector, desde el año 2008 se ha hecho un importante esfuerzo en este sentido y el sector privado está trabajando ya las vías existentes para aprovechar el potencial energético del biogás captado.

Por ello, la acción en este sentido puede ir encaminada al apoyo de los pequeños ganaderos. Por el momento, la primera parte está también encaminada. Como se ha comentado también en capítulos anteriores, el Gobierno de Yucatán en colaboración con el BID ha lanzado un ambicioso programa para abastecer de biodigestores a más de 150 pequeñas y medianas granjas porcinas. Por lo tanto, el siguiente paso en este sentido puede ir dirigido a la captación y quema en antorcha del biogás captado en este tipo de explotaciones más pequeñas y sin capacidad financiera para abordar estos aspectos únicamente desde el ámbito privado. Aunque es necesario recalcar que la mayoría del potencial de esta medida ya ha sido abordado por el Gobierno de Yucatán.

Por otra parte, en el subsector agrícola, las medidas propuestas pasan por el **fomento de sistemas que permitan una mejora de la calidad del suelo**. Así, por ejemplo, se plantean medidas **como la mejora de la cobertura vegetal en áreas de pastoreo a través de la plantación de especies arbóreas forrajeras**. Ello lleva asociado diversos beneficios, tanto en la calidad del suelo al frenar su degradación, como en el suministro de forraje para la ganadería propia de los pastos.

En la misma línea, se propone el **fomento de los sistemas agroforestales que mejoran la calidad del suelo al introducir especies arbóreas en los mismos**. Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra, donde especies leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos.

Como se ha adelantado previamente, **debido a que las principales emisiones de este subsector se asocian al uso de fertilizantes inorgánicos, siempre es aconsejable incidir en su optimización** o sustitución por variables más sustentables por parte de los agricultores, especialmente en la horticultura y la fruticultura. Asimismo, sería interesante tener en consideración un posible incremento en las superficies dedicadas a los cultivos perennes de frutales.

Otra línea de trabajo ligada a la anterior es el fomento de modos de manejo tradicionales. Así, la **agricultura de conservación** es un sistema de producción agrícola sustentable que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las exigencias del cultivo y a las condiciones locales de cada región. Sus técnicas de cultivo y de manejo del suelo permiten una mayor protección del mismo ante los procesos de erosión y degradación, a la vez que mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyendo a la preservación de los recursos naturales, sin afectar a los niveles de producción de las explotaciones. En este sentido, las prácticas agronómicas

englobadas en los sistemas de agricultura de conservación se fundamentan en tres principios:

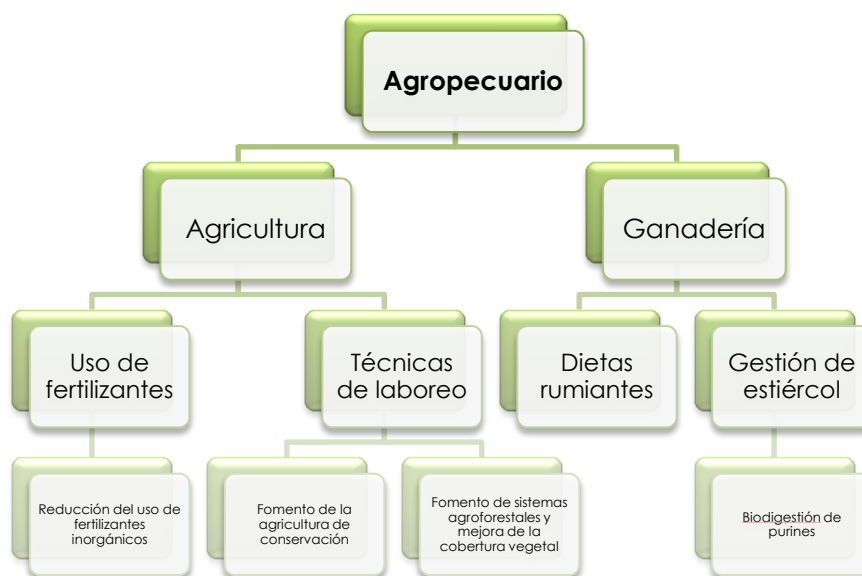
- ✓ La mínima o nula alteración del suelo.
- ✓ La cobertura permanente del suelo, ya sea con una cubierta viva o una cubierta inerte.
- ✓ La realización de rotaciones de especies en explotaciones de cultivos anuales, aconsejable en la mayoría de los casos.

Por último, se puede contemplar también la producción agrícola para la generación de biocombustibles que puedan ser utilizados en el propio estado. Ello tiene especial importancia en términos de reducción de emisiones de GEI, ya que si a su producción se le unen emisiones por largos desplazamientos deja de ser una opción de lucha contra el cambio climático viable. En este sentido, se propone la producción de cultivos para fabricación de biodiésel. Ello puede, además de contribuir a la sustentabilidad del sector transporte, promover un desarrollo económico de las localidades.

Todas estas políticas deben ser interiorizadas por el sector, ya que en muchos casos involucran un cambio en las formas tradicionales de trabajo que puede suponer una barrera a su implantación. Por ello, se propone el acompañamiento con talleres de trabajo y procesos participativos que permitan una mejor aceptación por parte del sector.

Figura 13: Marco de actuación del sector agropecuario.

Fuente: Elaboración propia.



Actividades de capacitación y participación con el sector

El análisis de estas opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 10: Opciones de reducción en el sector agropecuario.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
6.A.1	Caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas	-	n.d.	-	-
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
6.B.1	Microinstalaciones de biogás a partir de excretas de ganado porcino	843	1,315,756	-	1,560.32
6.B.2	Mejora de la cobertura vegetal en tierras de pastoreo	7,644,791	82,047,368	1,619,946,271	- 201.17

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
6.B.3	Fomento de los sistemas agroforestales	7,915,462	1,011,463,570	1,160,176,366	- 20.83
6.B.4	Reducción del uso de fertilizantes	59,750	851,940	66,658,098	14.26
6.B.5	Cultivo de maíz con labranza cero	282,068	247,834,100	372,685,825	- 442.63
6.B.6	Desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes	7,018,535	1,775,681,450	93,337,524	274.94
LÍNEA ESTRATÉGICA C. PARTICIPACIÓN					
6.C.1	Talleres de trabajo con agricultores	-	1,000,000	-	-

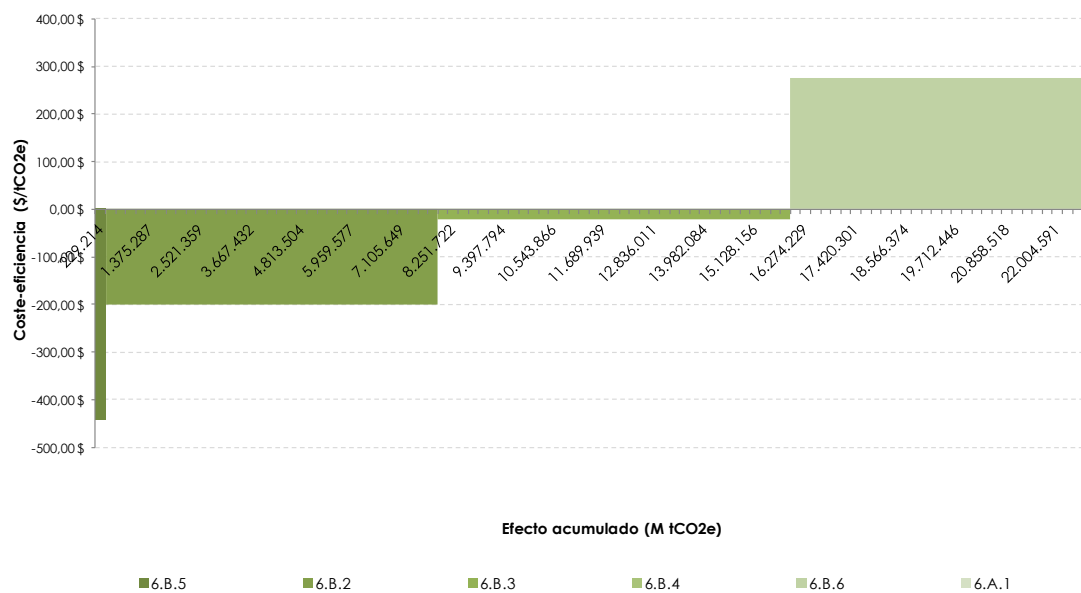
De las seis opciones que se han podido analizar en profundidad, **las más ventajosas son el cultivo con labranza cero y la mejora de la cobertura vegetal en tierras de pastoreo**. En ambos casos, la medida incide en un cambio en la gestión que se hace de las tierras, no siendo necesarias inversiones potentes en los primeros años. Además, en la opción de no labranza, se precisa menos tiempo en horas de laboreo y se produce un ahorro en el uso de maquinaria y mano de obra. En el caso de la mejora de la cobertura vegetal, la vegetación plantada proporciona alimento para el ganado, evitando los gastos derivados de hasta el 70% del forraje para los animales.

En segundo lugar, se podrían englobar el fomento de sistemas agroforestales y la reducción del uso de fertilizantes. En el caso de los sistemas agroforestales, la inversión inicial es mayor que en la medida de la mejora de la cobertura vegetal, por el número de pies que se plantan, que también es mayor. Por su parte, la opción de optimizar el uso de fertilizantes tiene un potencial limitado, por el número relativamente bajo de hectáreas que son fertilizadas, de acuerdo con el censo agropecuario de México de 2007.

Por último, el desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes y la potenciación de microinstalaciones para el tratamiento de las excretas tienen un costo-eficiencia elevado. En el primer caso, además, hay que tener en cuenta que las reducciones que se contemplan son por ahorro de combustible en el sector transporte, que sólo se reflejarían en el inventario de Yucatán en el caso de que el biocarburante producido fuese consumido en el Estado, como ya se ha adelantado previamente en el capítulo anterior referido a este sector.

Por otra parte, la opción de los biodigestores es complementaria a la impulsada ya en colaboración con el BID, dirigida a pequeñas y medianas granjas porcícolas en las que aún no ha sido posible implantar un sistema de recogida y tratamiento de las excretas generadas.

Gráfico 19: Curva de costos de mitigación en el sector agropecuario, 2030⁶¹.
Fuente: Elaboración propia.



6.A.1	Caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas
6.B.2	Mejora de la cobertura vegetal en tierras de pastoreo
6.B.3	Fomento de los sistemas agroforestales
6.B.4	Reducción del uso de fertilizantes
6.B.5	Cultivo de maíz con labranza cero
6.B.6	Desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes

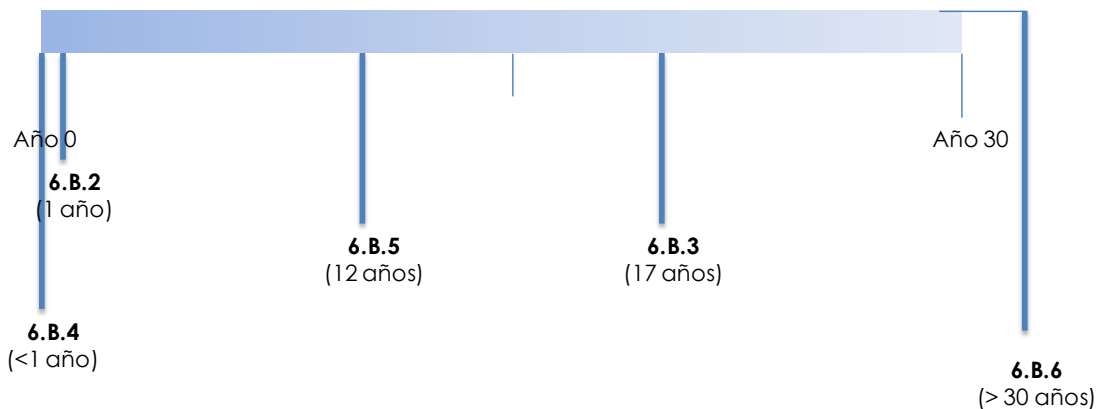
En relación con los periodos de recuperación de las inversiones, las medidas más ventajosas serían la mejora de la cobertura vegetal en tierras de pastoreo y el uso de fertilizantes. En ambos casos, los beneficios esperados permiten recuperar la inversión en el primer año.

⁶¹ La gráfica parece no reflejar las medidas 6.A.1 y 6.A.4 debido a escaso potencial de reducción.

En un segundo grupo estarían el cultivo con labranza nula y el fomento de los sistemas agroforestales. Finalmente, tanto el cultivo para la producción de biocarburantes, como las microinstalaciones para el tratamiento del estiércol tienen periodos de retorno muy elevados.

Gráfico 20: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector agropecuario.

Fuente: Elaboración propia.



4.2.7. Sector USCUS.

Dentro del sector de usos del suelo y cambios de uso del suelo, **la propuesta de políticas se centra en la promoción de la conservación de los bosques y selvas del Estado.** Aunque es cierto que ya que se ha adelantado mucho a través del desarrollo de la Estrategia REDD+ PY comentada en el apartado de diagnóstico de este sector, la propuesta pasa por reforzar las principales medidas en este sentido.

Así, la primera actuación es la mejora del conocimiento del sector forestal a través del desarrollo de un inventario forestal que, además, permita ajustar el inventario de usos del suelo. Este tipo de estudios mejora la información de partida del estado de las áreas forestales, lo que a su vez permite enfocar mejor las políticas en este sentido.

Por otro lado, las actuaciones propuestas pasan por el **fomento de la reforestación con especies autóctonas y la mejora de los índices de conservación de las mismas.** Esta actuación está dirigida principalmente a aquellas áreas degradadas, favoreciendo así

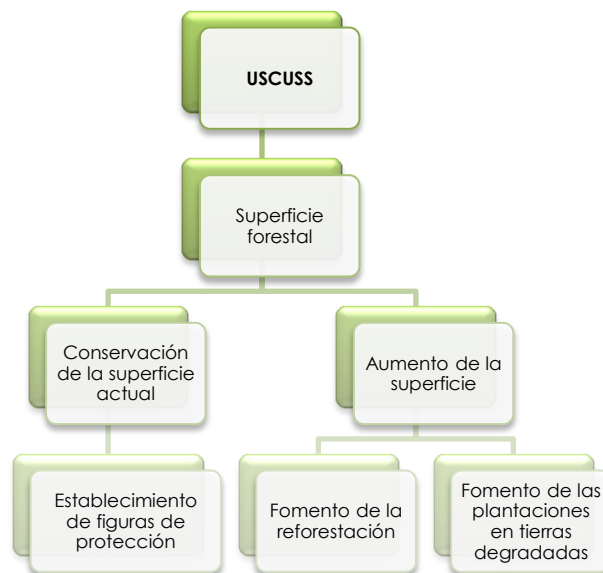
mismo la recuperación de los ecosistemas naturales y conservando la biodiversidad de los mismos.

En la misma línea, otra opción es el **fomento de las plantaciones comerciales en estas áreas, por ejemplo a través de la producción de especies de madera noble que puedan tener una buena salida en el mercado priorizándose, siempre que sea viable, la utilización de especies nativas** para favorecer la conservación de la biodiversidad. Con este tipo de actuaciones, además, se fomenta el desarrollo económico de las poblaciones locales.

Estas opciones deben ir acompañadas de un reforzamiento de las figuras de protección que permitan la reducción de la deforestación y acciones que fomenten la capacitación de las comunidades y del sector en general hacia las prácticas de manejo más sustentables.

Figura 14: Marco de actuación del sector USCUS.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis de estas opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 11: Opciones de reducción en el sector USCUS.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
7.A.1	Desarrollo del inventario forestal del Estado de Yucatán	-	n.d.	-	-
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
7.B.1	Fomento de la reforestación	590,824	205,685,539	23,219,902	353.28
7.B.2	Plantaciones en tierras deforestadas o degradadas.	600,990	317,644,825	23,682,239	506.27
7.B.3	Figuras de protección para evitar la deforestación	2,861,485	65,626,213	6,858,165	36.78
LÍNEA ESTRATÉGICA C. PARTICIPACIÓN					
7.C.1	Capacitación sobre mejora de la productividad en sistemas agropecuarios para reducir la deforestación	-	1,000,000	-	-
7.C.2	Capacitación sobre manejo sustentable de tierras forestales	-	1,000,000	-	-
7.C.3	Manejo forestal sustentable a través de las comunidades	-	n.d.	-	-

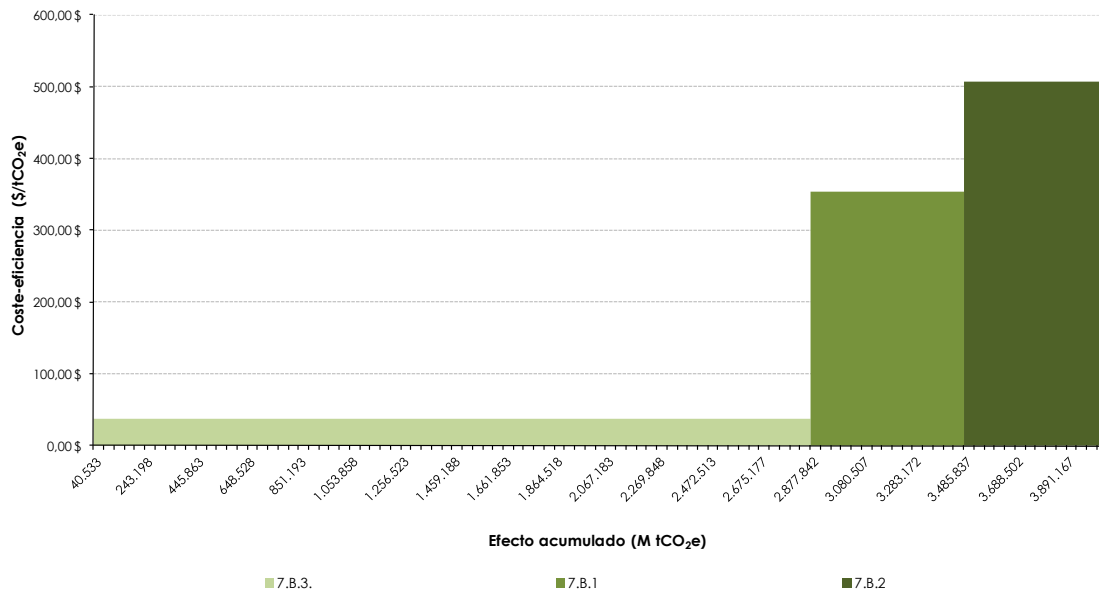
El análisis realizado, sobre las tres medidas de acción directa, revela que **la medida más costo-eficiente es el fortalecimiento de figuras de protección para evitar la deforestación**. Posteriormente, ya con valores superiores a los 300 MXN \$ por tonelada reducida, estarían el fomento de la reforestación y las plantaciones en tierras deforestadas o degradadas.

En las dos últimas opciones las inversiones iniciales son fuertes y los beneficios escasos. Ello se explica porque, en la primera opción no se dan prácticamente beneficios debido a que el objetivo final es la conservación y no el aprovechamiento comercial de las plantaciones. En el segundo caso, el periodo analizado no es lo suficientemente amplio como para tener en cuenta los beneficios por la venta de la madera de la

plantación (en el año 2030 aún no se habría cumplido el tiempo necesario para la corta).

Gráfico 21: Curva de costos de mitigación en el sector USCUS, 2030.

Fuente: Elaboración propia.



7.B.1	Fomento de la reforestación
7.B.2	Plantaciones en tierras deforestadas o degradadas.
7.B.3	Figuras de protección para evitar la deforestación

En relación con los periodos de retorno de las inversiones, en todos los casos analizados superan los 30 años, debido a las fuertes inversiones iniciales y a los bajos beneficios en el periodo analizado.

4.2.8. Sector residuos.

Las opciones de mitigación en el sector de los residuos urbanos deben comenzar por una mejora de la información de partida. Aunque se ha hecho un esfuerzo muy importante hasta el momento en este sentido, que queda reflejado en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, es necesario profundizar

en mayor medida aspectos como la caracterización y composición de los residuos. La mejora de este conocimiento permitirá encaminar mejor las acciones directas para la reducción de las emisiones ligadas a este sector.

Por otro lado, dentro de las opciones de manejo de los residuos sólidos se plantean diferentes opciones que son complementarias entre sí. En primer lugar, **el fomento del reciclaje de una correcta separación de los residuos**. Esta medida, además de contribuir a la reducción de emisiones de GEI, fomenta la creación de una economía en torno a la venta de los materiales desechados como plásticos o metales. De esta forma, se puede contribuir al desarrollo económico de las localidades adyacentes.

En relación con el tratamiento de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos, se plantean dos opciones que ya se han adelantado en el capítulo de diagnóstico del sector. Por un lado, la **biodigestión** de los mismos extrayendo tanto electricidad como un subproducto que puede ser vendido como fertilizante. Por otro lado, el **compostaje** descompone la materia orgánica en presencia de oxígeno generando composta, que también puede ser aprovechado como fertilizante.

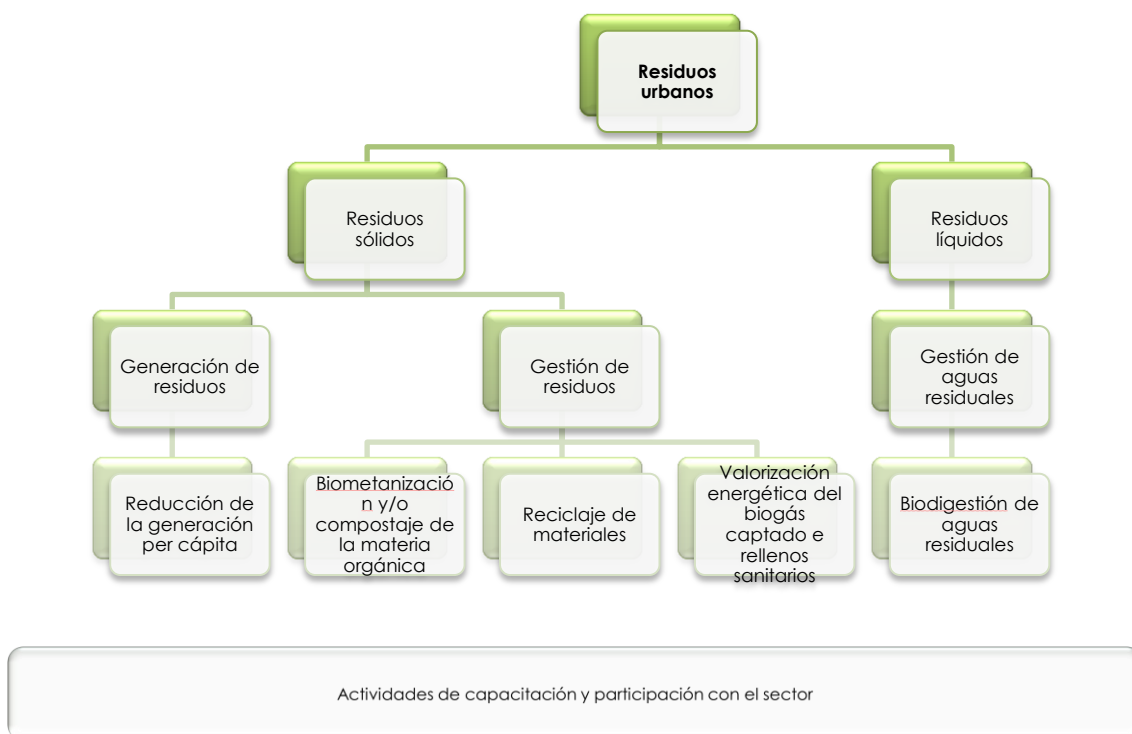
Por otra parte, se plantea también la **actuación en los rellenos sanitarios a través de la implantación de sistemas de recogida de biogás y valorización energética del mismo**. Aunque ahora se está llevando a cabo la primera parte en el relleno sanitario de Mérida, se podría ampliar la actuación al resto que se están construyendo.

En relación con el tratamiento de aguas residuales, se propone la implantación de biodigestores individuales en las viviendas.

Por último, debido a que muchas de las medidas propuestas requieren de una involucración de la ciudadanía, se plantea el desarrollo de dos actuaciones para promover la participación ligada a la capacitación y sensibilización de la población.

Figura 15: Marco de actuación del sector residuos.

Fuente: Elaboración propia.



El análisis de estas opciones arroja los siguientes resultados.

Tabla 12: Opciones de reducción en el sector residuos.

Fuente: Elaboración propia.

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
LÍNEA ESTRATÉGICA A. CONOCIMIENTO					
8.A.1	Estudios de generación y caracterización de residuos sólidos urbanos	-	2,500,000	-	-
8.A.2	Nueva planificación estatal para la prevención y gestión integral de los residuos	-	800,000	-	-
LÍNEA ESTRATÉGICA B. ACCIÓN					
8.B.1	Reciclaje de residuos sólidos urbanos	1,133,630	488,427,715	339,412,067	59.78

Nº	MEDIDA	REDUCCIÓN ACUMULADA (t CO ₂ e)	COSTO TOTAL (MXN \$)	BENEFICIO TOTAL (MXN \$)	MXN \$/t CO ₂ e
8.B.2	Biodigestión de residuos sólidos urbanos	1,133,630	158,728,337	320,401,702	10.54
8.B.3	Compostaje de residuos sólidos orgánicos	1,133,630	87,508,955	118,602,990	26.26
8.B.4	Captación y valorización energética del biogás de rellenos sanitarios	No se dispone de suficientes datos para realizar el análisis.			
8.B.5	Biodigestores de aguas residuales	No se dispone de suficientes datos para realizar el análisis.			
LÍNEA ESTRATÉGICA C. PARTICIPACIÓN					
8.C.1	Modelos comunitarios para el manejo ecológico de los residuos sólidos urbanos	-	1,000,000	-	-
8.C.2	Campañas de concienciación: Por una menor generación de residuos	-	1,000,000	-	-

De las opciones planteadas en la línea de Acción, se ha podido realizar el análisis costo-eficiencia de tres de ellas. Los resultados revelan que con el mismo objetivo de tratamiento de residuos, **la opción más ventajosa sería biometanización de los residuos, seguido por el compostaje y, por último, el reciclaje de los mismos.**

La biometanización de los residuos, además de generar un subproducto que puede ser utilizado como fertilizante y generar ingresos, produce biogás que puede ser utilizado para la generación de electricidad. En el análisis realizado se ha tenido en cuenta esta posibilidad, obteniendo ingresos adicionales.

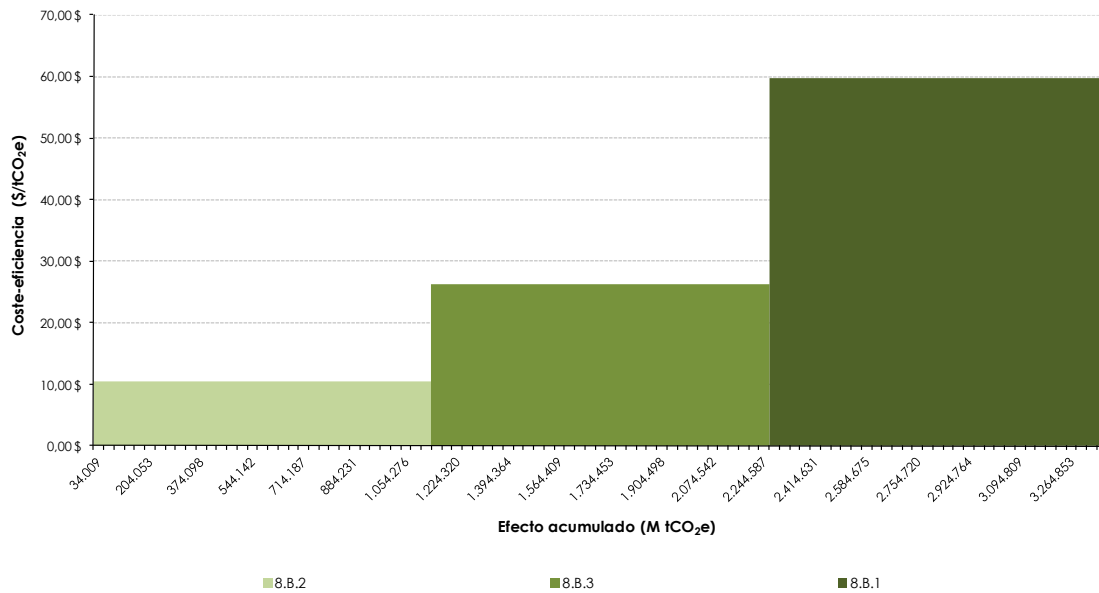
Por su parte, el compostaje de la materia orgánica genera únicamente composta que puede ser así mismo vendida como fertilizante. En cualquier caso, la inversión inicial de las instalaciones y los costos de mantenimiento son menores que los asociados a las plantas de biometanización.

Por último, el reciclaje puede suponer la venta de materiales como el papel y cartón, los plásticos, los metales o el vidrio. De acuerdo con el estudio desarrollado por el Instituto Mexicano para la Competitividad en el año 2011, tanto el papel y cartón como los plásticos pueden tener buena acogida en el mercado del reciclaje, con precios que rondan los 1.000 y 2.000 pesos por tonelada. Su costo-eficiencia más elevado que las dos opciones anteriores puede explicarse por los mayores costos

asociados, debido a que el mantenimiento y operación de estas plantas es bastante más costoso que el de las otras opciones.

Gráfico 22: Curva de costos de mitigación en el sector residuos, 2030.

Fuente: Elaboración propia.



8.B.1	Reciclaje de residuos sólidos urbanos
8.B.2	Biodigestión de residuos sólidos urbanos
8.B.3	Compostaje de residuos sólidos orgánicos

En todos los casos, hay que tener presente la existencia de una demanda real en la zona para los subproductos generados. De no existir ingresos adicionales, el costo eficiencia aumentaría hasta oscilar entre los 70 MXN \$/t CO₂e reducida, en el caso del compostaje o hasta los casi 200 MXN \$/t CO₂e reducida en el caso del reciclaje.

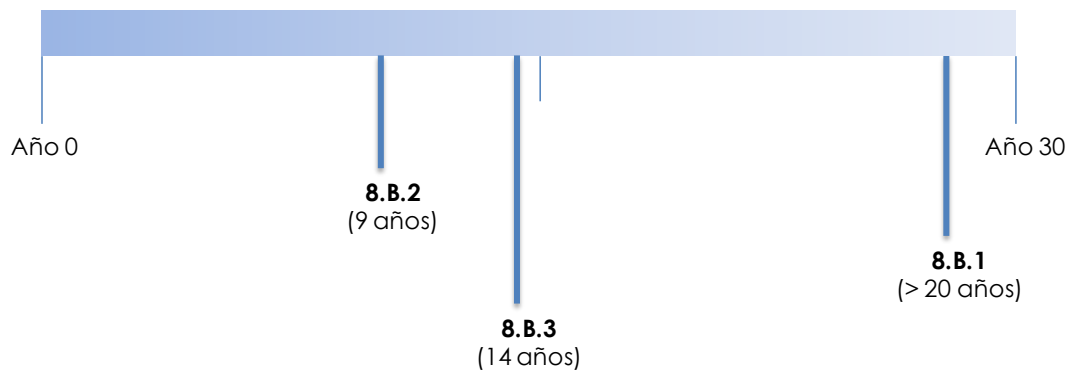
En cualquier caso, y como se ha comentado en el apartado de diagnóstico del sector, las actuaciones previstas y en parte llevadas a cabo por el Gobierno de Yucatán en la actualidad abarcarán en los próximos años la gestión del 98% de los residuos generados. Ello se llevará a cabo a través de plantas de transferencia con tratamiento de la materia orgánica y disposición final en relleno sanitario. Por lo tanto, el potencial adicional en este sector para la reducción de emisiones estaría centrado en el aprovechamiento energético del biogás captado, que ya está siendo analizado

para el relleno sanitario de Mérida. En este estudio no se ha realizado el análisis de esta opción debido a la falta de datos reales para ello.

En cuanto a los períodos de retorno de las diferentes opciones, la opción más ventajosa es la biometanización debido a los mayores ingresos previstos derivados de la venta de electricidad y del compost generado. Posteriormente se situaría el compostaje y, por último, el reciclaje.

Gráfico 23: Estimación de periodos de recuperación de la inversión en el sector residuos.

Fuente: Elaboración propia.



5. Monitoreo. Propuesta de indicadores de mitigación.

5.1. Proceso de monitoreo del PEACC del Estado de Yucatán, vertiente de mitigación.

El PEACC⁶² es un instrumento de carácter totalmente transversal, que incide en prácticamente todas las áreas del gobierno del Estado de Yucatán. Esta característica muchas veces puede dificultar su posterior implantación, debido a que es necesaria la integración de sus objetivos y actuaciones en las diferentes agendas sectoriales.

El desarrollo de una planificación a través de procesos de participación, en los que estén involucrados los diferentes responsables públicos, siempre facilita su puesta en marcha a lo largo del periodo.

Sin embargo, sigue siendo necesario un seguimiento periódico que permita controlar el avance de las diferentes actuaciones previstas, así como anticipar medidas correctoras en el caso de desviaciones importantes sobre la ruta marcada.

Un correcto monitoreo permite además mantener viva la planificación, ya que puede verse enriquecida por los avances que puedan darse en los diferentes ámbitos. En este sentido, se recomienda revisar la planificación del PEACC durante su periodo de vigencia. Dado que esta planificación abarcará desde el año 2014 hasta el año 2030, una buena opción puede ser realizar un análisis profundo del avance cada cinco años aproximadamente. De esta forma, se permite la inclusión de nuevas opciones tecnológicas que puedan haber surgido y eliminar aquellas medidas que por una razón u otra hayan dejado de tener sentido para la realidad yucateca del momento.

En cualquier caso, es necesario establecer una batería de indicadores ligados a las medidas definidas, a través de los cuales se pueda hacer un seguimiento del avance de la sección de mitigación PEACC, así como de su éxito sobre las emisiones de GEI del Estado.

En este sentido es importante, aparte de la propia definición de los indicadores, ajustar el número a un conjunto manejable. Un error común de muchas planificaciones en materia de cambio climático es la identificación y definición de largas baterías de

⁶² Programa Especial de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)

indicadores, cuyo cálculo posterior se hace imposible de actualizar con la periodicidad requerida. Por ello, en este documento se propone un número limitado de indicadores de monitoreo que agrupen los principales datos a los que es necesario hacerle seguimiento periódico para conocer el avance del Programa.

Por último, **es importante definir un organismo coordinador del mismo, que se ocupe de solicitar los datos necesarios para el cálculo de los indicadores en la frecuencia determinada.** Este mismo organismo debe ser también quien analice los resultados de los mismos y plantee posibles actuaciones complementarias o correctoras de las desviaciones detectadas.

En este sentido, una propuesta puede ser que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno de Yucatán sea la encargada de esta coordinación y análisis posterior. El planteamiento de posibles alternativas a las desviaciones detectadas, en su caso, puede elevarse a la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Gobierno de Yucatán para su aprobación final.

De cara al planteamiento final de las propuestas de indicadores, una línea de trabajo que puede valorarse es la aplicación de la metodología de marco lógico, generada por la Agencia Interamericana para el Desarrollo. En términos de planificación, es una herramienta que permite vincular los objetivos a las acciones concretas y desgranar los indicadores necesarios para realizar el seguimiento.

Otra posible vía para la definición de los indicadores es aplicar la metodología desarrollada por la Agencia Europea del Medio Ambiente y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico denominada Fuerzas Motrices – Presión – Estado – Impacto – Respuesta. Este sistema proporciona también una visión integrada de los retos ambientales, sus impactos y las posibles soluciones.

En cualquier caso, es necesario tener previamente definidos los objetivos sectoriales, así como las actividades específicas que se van a llevar a cabo en cada caso. Debido a que este primer documento es una propuesta de políticas de mitigación, que será necesario trabajar tanto con responsables públicos como con agentes sectoriales, a continuación se indican una serie de indicadores esenciales. Esta primera batería será posteriormente completada, cuando los objetivos y las actuaciones finales hayan sido consensuados y definidos con los agentes implicados.

5.2. Cuadro de mando de indicadores de monitoreo.

Con las consideraciones comentadas anteriormente, a continuación se plantea un cuadro de mando preliminar para el monitoreo del PEACC, en su vertiente de mitigación. Los indicadores definidos se han clasificado en dos grupos principales, en función de su objetivo final.

Así, por un lado, se definen una serie de indicadores destinados a medir el avance material del Programa. Es decir, el progreso en la implantación de sus actuaciones. Y, por otro, un conjunto de indicadores destinados a conocer el resultado o efecto de las mismas sobre las emisiones de GEI del Estado.

Con esta visión, a continuación se plantea una primera propuesta de 25 indicadores de monitoreo de medidas de mitigación a considerar para su integración en la vertiente de mitigación PEACC de Yucatán.

CUADRO DE MANDO.

A. INDICADORES DE AVANCE. Destinados a conocer el efecto de las medidas puestas en marcha sobre las emisiones de GEI.

SECTOR	Nº	INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA
Generales	A.1	Nº estudios específicos desarrollados / Nº previstos	%	Cada 5 años
	A.2	Nº talleres celebrados / Nº previstos	%	Cada 5 años
	A.3	Nº personas formadas / Nº previstas	%	Cada 5 años
Generación eléctrica	A.4	Potencia renovable instalada / prevista	%	Anual
Industria	A.5	Nº solicitudes sustitución aparatos / Nº previstas	%	Anual
	A.6	Potencia instalada de cogeneración / prevista	%	Anual
Comercio y servicios	A.7	Nº solicitudes sustitución aparatos / Nº previstas	%	Anual
Residencial	A.8	Nº solicitudes sustitución aparatos / Nº previstas	%	Anual
Transporte	A.9	Nº vehículos verificados / año	Nº	Anual
	A.10	Nº usuarios del transporte público / año	Nº	Anual

SECTOR	Nº	INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA
Agropecuario	A.11	Nº hectáreas agrarias sobre las que se actúa / Nº previstas	%	Anual
USCUSS	A.12	Nº hectáreas forestales sobre las que se actúa / Nº previstas	%	Anual
Residuos	A.13	Cantidad de residuos tratados en plantas de tratamiento / cantidad prevista	%	Anual
	A.14	Cantidad de aguas residuales tratadas con biodigestores / cantidad prevista	%	Anual

B. INDICADORES DE EFICACIA. Destinados a monitorear el avance del PEACC.

SECTOR	Nº	INDICADOR	UNIDAD	FRECUENCIA
Generación eléctrica	B.1	Producción eléctrica renovable / producción eléctrica total del Estado	%	Anual
Industria	B.2	Consumo de energía fósil / PIB	TJ	Anual
Comercio y servicios	B.3	Consumo de energía fósil / PIB	TJ	Anual
Residencial	B.4	Consumo de energía fósil / habitante	TJ	Anual
Transporte	B.5	Consumo de energía fósil / Nº vehículos	TJ	Anual
Agropecuario	B.6	Producción agrícola / ha	t	Anual
	B.7	Cantidad de fertilizante / ha	t	Anual
	B.8	Nº cabezas de ganado tratadas con biodigestión	Nº	Anual
USCUSS	B.9	Incremento de la superficie forestal	%	Anual
Residuos	B.10	Cantidad de residuos generados / habitante	t	Anual
	B.11	Cantidad de residuos depositados en rellenos sanitarios	t	Anual

6. Financiación. Principales opciones existentes.

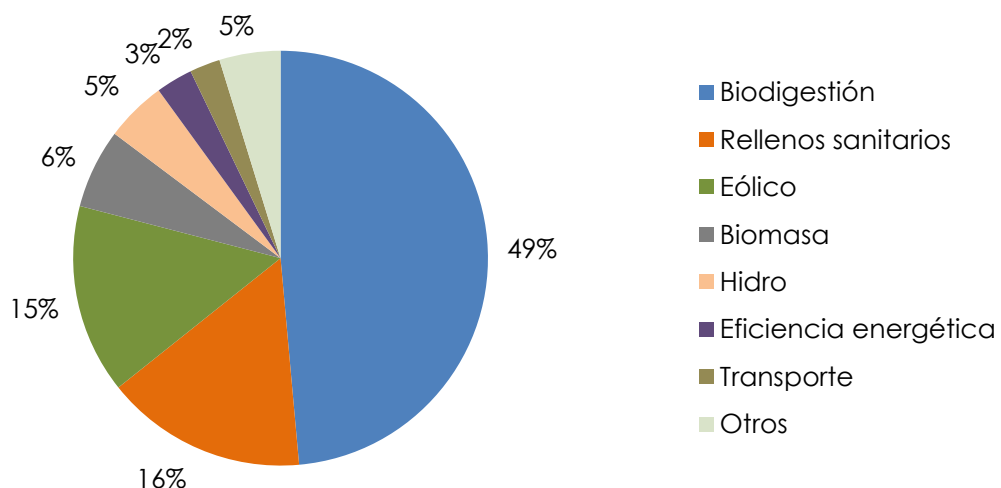
6.1. Situación actual de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto en México.

Desde la ratificación del Protocolo de Kioto por el Gobierno de México en el año 2000, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM, por sus siglas en inglés) ha sido una fuente de financiación importante para alcanzar reducciones de emisiones de GEI por todo el territorio mexicano. Se trata del quinto país con mayor número de proyectos CDM registrados en el mundo.

Hasta la fecha, en todo México hay 183 proyectos CDM registrados, 2 solicitando ser registrados y 25 en proceso de validación, lo cual hace un total de 210 proyectos CDM, que esperan reducir 641.4 MtCO₂e. El 49% de los mismos se centran en la reducción de metano, a través de la implantación de biodigestores para el manejo del estiércol en granjas de producción ganadera intensiva. Le siguen en importancia las actuaciones en rellenos sanitarios, para evitar también la emisión del metano contenido en el biogás que se genera, y los proyectos de parques eólicos, con el 16% y el 15% de los proyectos respectivamente.

Gráfico 24: Proyectos CDM aprobados en México.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de UNEP RISØ Centre.



Más específicamente, en el Estado de Yucatán se encuentran localizados doce proyectos CDM, de los cuales siete han sido ya registrados. Estos proyectos esperan reducir 629.000 tCO₂ por año.

De los 12 proyectos, siete están centrados en el sector ganadero, a través de la implantación de biodigestores. Tres de ellos están centrados en los rellenos sanitarios, uno es de generación eléctrica a partir de biomasa y el último está centrado en la mejora de la eficiencia energética en el sector cementero.

Sin embargo, hay que tener presente la actual situación de los CDM. Con la finalización del año 2012, terminó el primer período de compromisos del Protocolo de Kioto. La incertidumbre a futuro de los objetivos mundiales de reducción de emisiones de GEI ha generado cambios en los mecanismos diseñados para su potenciación. Por otra parte, la Unión Europea ha restringido fuertemente en su esquema de comercio de derechos de emisión el uso de los créditos de carbono derivados de los proyectos CDM (CER, por sus siglas en inglés) a partir del año 2013, habiendo sido hasta ahora el principal demandante de estas reducciones.

Por otra parte, dentro del marco CDM, existe otro mecanismo dirigido a impulsar la financiación de proyectos de reducción de emisiones denominado Programa de Actividades (Program of Activities, PoA). El PoA permite aprovechar el potencial de mitigación de varios proyectos fácilmente replicables y con bajo potencial de reducción de emisiones. De esta manera, se puede desarrollar una cartera de proyectos con un mayor potencial de mitigación. El PoA surge como una estructura que permite la inclusión de varios proyectos de mitigación en distintos momentos.

México también ha aprovechado esta oportunidad y cuenta en la actualidad con 11 PoA, de los cuales siete ya han sido registrados, y 11 actividades. Estos programas permitirán reducir 13,652,000 tCO₂e/año hasta el 31 de diciembre de 2020⁶³.

La mayoría están centrados en mejorar la eficiencia energética. Se trata de proyectos en ámbitos diversos como la iluminación, estufas, accesorios eficientes, créditos verdes para nuevos hogares que incorporen medidas que reduzcan el consumo energético, como pueden ser los sistemas de calentamiento de agua híbridos o materiales reflectantes en techos.

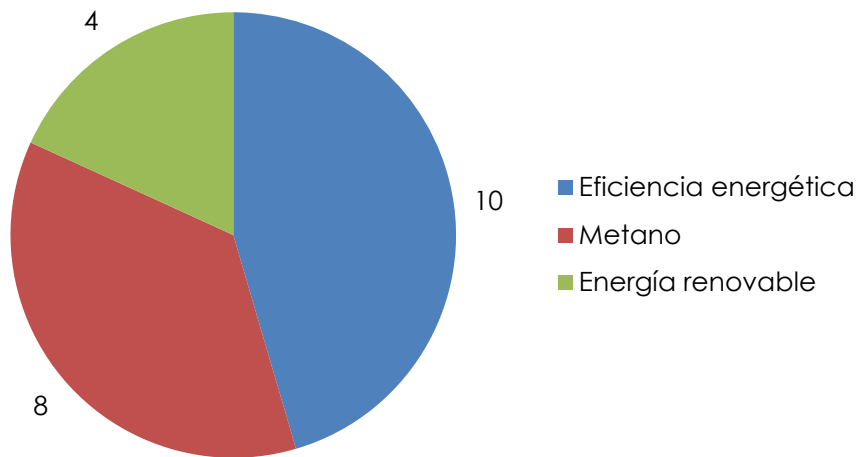
⁶³ UNEP RISØ Centre.

Además, también hay proyectos dirigidos a la implantación de biodigestores para excretas y tratamiento de aguas residuales. Por último, existe un proyecto en el área de las energías renovables, dirigido a incentivar la construcción de proyectos hidroeléctricos de pequeña escala.

Por el momento, ninguno de estos PoA se encuentra localizado en el Estado de Yucatán.

Gráfico 25: PoA en México.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de UNEP RISØ Centre.



Por último, se está desarrollando el marco para los denominados Acciones de Mitigación Nacionales Apropriadas (Nationally Appropriate Mitigation Actions, NAMA). Los NAMA son políticas, programas, o proyectos emprendidos por países en desarrollo para contribuir al esfuerzo global de reducción de GEI⁶⁴. Existen potencialmente tres tipos de NAMA:

- ✓ NAMA unilateral: acciones llevadas a cabo por un país en desarrollo que no cuentan con soporte externo.
- ✓ NAMA apoyado: acciones que necesitan soporte, ya sea tecnológico, de capacitación o financiero, por parte de los países desarrollados. No se generará ninguna reducción de emisiones que pueda ser utilizada por países en desarrollo para alcanzar sus objetivos.

⁶⁴ Fuente: <http://www.nama-database.org/>.

- ✓ NAMA generador de créditos: potencialmente generarían créditos intercambiables en los mercados de carbono.

México ha sido uno de los países pioneros en el aprovechamiento de la oportunidad que supone este mecanismo de financiación. De hecho, en la actualidad cuenta con un NAMA implementado. Hay que tener en cuenta que sólo existen cuatro a nivel mundial. Además, cuenta con otros dos en fase de propuesta, dos en fase de concepto y tres en estudio de factibilidad. Con todos ellos, México es el tercer país del mundo con más NAMA (después de Chile y Sudáfrica).

Tabla 13: Visión general de los NAMA en México.

Fuente: Elaboración propia a partir de información contenida en NAMA-database⁶⁵.

Título	Sector	Sub sector	Descripción
En estudio de factibilidad			
Mejora de la renovación de vehículos en México	Transporte		Apoyo al programa de vehículos Renovación Nacional
Optimización del sistema de bus convencional en la Ciudad de México	Transporte	Transporte público	Optimización del sistema de bus convencional en el Valle de México
NAMA para el uso sustentable y eliminación de biomasa en México, transformándola en energía renovable	Suministro de energía, industria y residuos	Energías renovables (biomasa), eficiencia energética	<p>Este NAMA tiene dos objetivos. En el corto plazo, los objetivos son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Incorporación y cumplimiento de un programa medioambiental voluntario de la industria del Tequila, para la eliminación sustentable de residuos del agave. ✓ Sustitución de combustibles fósiles en la industria Mexicana con biocombustibles renovables derivados del agave, promoviendo la instalación y operación de biomasa basada en sistemas de cogeneración que empleen residuos de agave de la industria del Tequila. ✓ Acreditación de la reducción de emisiones en la producción de Tequila a través del distintivo "HoloHuella CO₂". <p>A largo plazo, el NAMA incorporará al programa medioambiental voluntario otra biomasa considerada como residuo, además de la del agave.</p>

⁶⁵ Fuente: <http://www.nama-database.org/>.

Título	Sector	Sub sector	Descripción
En fase de concepto			
NAMA en el sector residencial urbano	Edificios	Eficiencia energética (residencial)	Fortalecer las oportunidades para la mitigación y sus beneficios derivados para los hogares (iluminación, suministro de agua y residuos).
NAMA para el pequeño y mediano negocio	Suministro de energía	Eficiencia energética	NAMA apoyado para promover la eficiencia energética en el pequeño y mediano negocio mediante la renovación de maquinaria (térmica y eléctrica).
En fase de propuestas			
NAMA de refrigeradores masivos	Edificios	Eficiencia energética (residencial, pública y comercial)	Las líneas de acción de este NAMA incluyen: <ul style="list-style-type: none"> ✓ La producción de nuevos refrigeradores más eficientes. ✓ La sustitución de refrigeradores que todavía usan refrigerantes basados en R134A. ✓ La recuperación y destrucción de gas refrigerante de estos refrigeradores. ✓ Abandono gradual del empleo de HFC.
Basado en el Programa Federal de Transporte Masivo	Transporte	El transporte público	Los dos objetivos son apoyar al Programa Federal de Transporte Masivo y acelerar su puesta en marcha, así como proporcionar financiación después del 2016, una vez el proyecto actual haya finalizado.
Ya aplicados			
NAMA destinado al fomento de la vivienda sustentable en México	Edificios	Eficiencia energética (residencial)	Complementar las iniciativas existentes de eficiencia energética para viviendas, tal como se establece en el PECC y tal como funciona actualmente por el Infonavit. <p>El NAMA tiene como objetivos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ampliar la penetración de normas de eficiencia básicas para todas las viviendas nuevas en México. 2. Ampliar los estándares de eficiencia a niveles más ambiciosos.

Si las iniciativas de reducción de emisiones en Yucatán emprendidas bajo el PEACC se integran dentro de un NAMA, podrían contar con la oportunidad de obtener parte de la financiación de los mismos. Para ello, estas iniciativas de reducción deberían perseguir los mismos objetivos que los NAMA.

Por otra parte, hay que llamar la atención sobre el hecho de que el PMR⁶⁶, programa de asistencia técnica del Banco Mundial para la asistencia técnica para la creación de capacidad y la puesta en marcha de mecanismos de mercado de reducción de emisiones de GEI, ha aprobado la concesión de 3 millones de dólares a México con los siguientes objetivos:

- Diseño de un esquema de monitoreo, información pública y verificación, y diseño institucional de tres NAMA generadores de créditos.
- Desarrollo de una herramienta de seguimiento de NAMA, para registrar transacciones y reducciones de emisiones.

6.2. Nuevas oportunidades para la financiación de reducciones de emisiones.

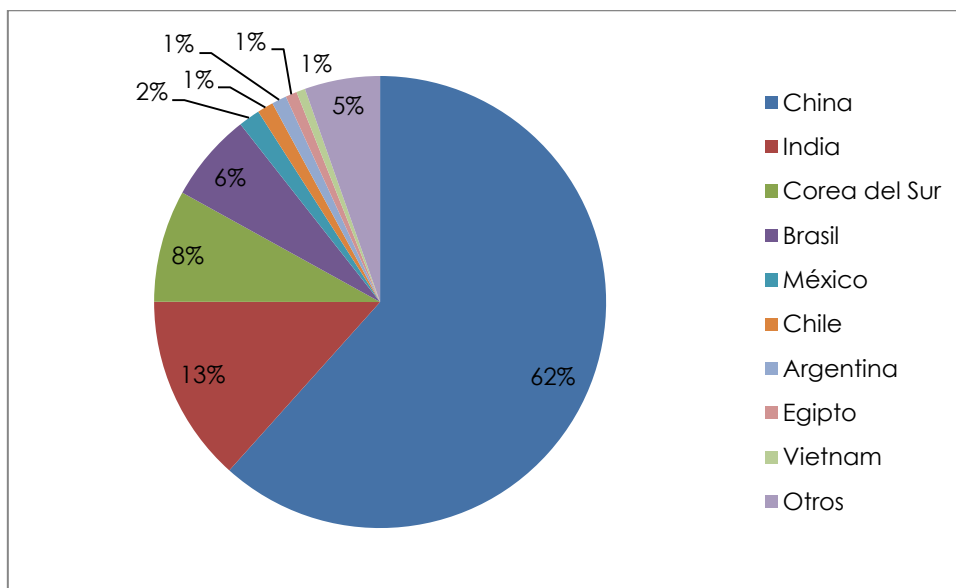
Como se ha comentado, hasta el momento en México se ha sabido aprovechar las oportunidades derivadas de los mecanismos internacionales puestos en marcha para potenciar las reducciones de emisiones. No en vano, es el quinto país en el mundo con más proyectos CDM y el quinto en volumen de CERs generados.

Por otra parte, es el noveno país a nivel mundial en términos de número de PoA y el tercero de los países latinoamericanos, después de Chile y Brasil.

⁶⁶ Partnership for Market Readiness.

Gráfico 26: CERs generados por país.

Fuente: elaboración propia a partir de datos de UNEP RISØ Centre.



En los próximos años, por lo tanto, México debe continuar aprovechando su experiencia y posicionamiento como uno de los líderes mundiales en términos de financiación de carbono. Con toda esta experiencia, el país ha establecido un marco institucional y legislativo sólido, así como un sistema de monitoreo, reporte y verificación (Monitoring, Reporting and Verification, MRV) fuerte, convirtiéndose en uno de los países más atractivos para proyectos de reducción de emisiones.

En cuanto a Yucatán, se encuentra en la séptima posición en términos de número de proyectos CDM, detrás de estados como Puebla, Sonora, Veracruz o Nuevo León, entre otros. La estrategia a seguir, por lo tanto, debe pasar por plantear al Gobierno Federal posibles proyectos derivados de su PEACC que sean susceptibles de ser tramitados como NAMA o PoA.

Además, otra de las opciones a tener en cuenta para la financiación de proyectos de reducción de emisiones es la certificación de dichos proyectos dentro de la norma de Gold Standard. Esta fundación, que es mundialmente reconocida, emite créditos de carbono para aquellos proyectos certificados que empleen energías renovables y/o tecnologías para la mejora de la eficiencia energética, siempre que se adhieran a las normas más estrictas sobre la adicionalidad y tengan un impacto positivo sobre la salud, el bienestar y el medio ambiente de la comunidad local en la que se lleve a

cabo el proyecto. Los créditos Gold Standard son los empleados por múltiples gobiernos y multinacionales para la neutralización de sus emisiones.

Al margen de lo anterior, la Ley General de Cambio Climático (LGCC), aprobada en 2012, fija el objetivo de reducir en un 30% las emisiones de GEI de todo México para el año 2020, con relación a las emisiones del año 2000, y en un 50% para el año 2050.

Por otra parte, el artículo 93 de esta ley abre la puerta a los incentivos fiscales a inversiones relacionadas con el control de emisiones de GEI, la eficiencia energética, las energías renovables y las tecnologías de bajas emisiones. Si bien estos incentivos no se han concretado de momento, y no se trataría de financiación directa, sería un factor que podría disminuir los costos de algunas medidas de mitigación contempladas en el marco del PEACC de Yucatán.

Además de lo anterior, en los artículos 94 y 95 de la LGCC se contempla la posibilidad de establecer un sistema voluntario de comercio de derechos de emisiones, que podría estar vinculado a esquemas de comercio de derechos de emisiones de otros países. Siempre y cuando las reducciones de emisiones generadas por medidas de mitigación del PEACC pudiesen ser monitorizadas, se pudiese informar de ellas y se pudiesen verificar conforme a los estándares establecidos para ello, estas medidas podrían beneficiarse de la venta de créditos de carbono generados mediante las reducciones de emisiones conseguidas. Dicha venta supondría unos ingresos obtenidos gracias a las medidas de mitigación que podrían cubrir, al menos parcialmente, sus costos de implementación.

Respecto a las posibilidades de creación de un mercado de carbono en México, hay que mencionar que la Semarnat está explorando su posibilidad de desarrollo, al menos en el marco del PMR. En concreto, la Semarnat y el PMR están analizando las posibilidades de desarrollar NAMA generadores de créditos, que podrían ser vendidos en mercados de carbono. El principal problema al que se enfrentan los mismos es el de conseguir un sistema que permita de un modo eficiente la monitorización, información y verificación de reducciones de emisiones conseguidas, puesto que, a diferencia de en un proyecto CDM, las reducciones de emisiones en un NAMA tienen lugar de un modo disperso (en varias viviendas, cuando se renuevan los refrigeradores, por ejemplo) y no están concentradas en una sola instalación (como puede ser un parque eólico o un relleno sanitario). Además, las reducciones de emisiones deberían poder ser verificadas por una entidad validadora ajena a la parte promotora del NAMA o al organismo a cargo del registro de emisiones.

Los NAMA generadores de créditos podrían, como se indicó anteriormente, suponer una oportunidad de financiación para las opciones de mitigación comprendidas en el PEACC, siempre y cuando éstas se encuadrasen dentro de una NAMA, para lo cual, entre otros requisitos, debería ser posible la monitorización, información y verificación de las reducciones de emisiones conforme a los estándares que sean de aplicación. Los ingresos potenciales debidos a la venta de créditos de carbono serían una ayuda para afrontar los costos de medidas de mitigación centradas en sectores difusos desde el punto de vista de emisiones de GHG (transporte, iluminación, viviendas, etc.).

Al margen de la LGCC, para dar cumplimiento a sus objetivos en materia de mitigación de emisiones de GEI⁶⁷, California ha puesto en marcha un ambicioso esquema “cap-and-trade”, en funcionamiento desde enero de 2013. Este esquema, diseñado para alcanzar una cobertura del 85% de las emisiones de GEI en 2015, tiene previsto reducir rápidamente su cap (que pasará de los 378 M tCO₂e de 2013 a los 310 M tCO₂e en 2020), generando así una clara señal de precio a la reducción de emisiones.

El esquema californiano tiene una clara vocación de universalidad: no sólo nace conectado al esquema “cap and trade” de Québec, sino que prevé la creación de “Compliance Offset Credits” generados en los Estados Unidos de América (EE.UU), Canadá o México, para crear de esa manera un incentivo a la mitigación de emisiones fuera del alcance del esquema. Hasta el día de hoy, la *California Air Resources Board* (CARB), ha publicado cuatro estándares, aplicables únicamente en EUA: proyectos forestales, de manejo ganadero, de sustancias que destruyen la capa de ozono, y proyectos de forestación en entornos urbanos. Sin embargo, la CARB y el estado de California están estudiando en la actualidad la posibilidad de admitir créditos de generados por proyectos REDD+ en México y Brasil en su propio sistema de comercio de derechos de emisión⁶⁸.

Los “Compliance Offset Credits” cotizan con un descuento de un 25% sobre el derecho de emisión californiano⁶⁹ —que actualmente cotiza por encima de los 12.70 US\$/t⁷⁰—, es decir, unos 9,53 US\$/t.

⁶⁷ Los objetivos de mitigación de emisiones de GEI de California persiguen volver a los niveles de emisión de 1990 para el año 2020.

⁶⁸ Información comunicada por Climate Action Reserve. El organismo que está estudiando esta posibilidad es el REDD Offset Workshop.

⁶⁹ World Bank, “State and Trends of the Carbon Market”, May 2012

La creación del nuevo esquema californiano ha impactado muy positivamente en el precio de algunos de los certificados voluntarios generados bajo el "Climate Action Reserve" o CAR (denominados "Climate Reserve Tons" o CRT), que desde el año 2001 viene premiando la reducción voluntaria de emisiones bajo el California Climate Action Registry. El uso de los CRT en el nuevo esquema californiano queda supeditado, sin embargo, al cumplimiento de los criterios de elegibilidad para su conversión en "Early Action Offsets Credits". Hasta la fecha únicamente los CRT generados en EE.UU. pueden convertirse en "Early Action Offsets Credits". Los "Early Action Offsets Credits" cotizarían en el entorno de los 8 US\$/t⁷¹.

Este incremento en los precios no se ha producido para los CRT no elegibles, entre los que se encuentran los desarrollados al amparo de las 3 metodologías previstas por el CAR para México (Mexico Forestry, Mexico Landfill y Mexico Livestock), y que actualmente estarían cotizando en el entorno de 1 US\$/t⁷². Es preciso destacar que el Estado de Yucatán cuenta con un total de 7 proyectos registrados y listados en el CAR (todos de manejo agrícola).

En definitiva, el Estado de Yucatán debe permanecer muy atento a la futura regulación del esquema californiano, y en especial a la de los denominados "Compliance Offset Credits", ya que bajo las condiciones de mercado actuales la generación de CRT no elegibles en California no constituye una señal de precio suficiente para financiar proyectos de reducción de emisiones.

6.3. Otras oportunidades de financiación para la mitigación y la adaptación al cambio climático.

Al margen de las posibilidades de financiación que suponen los mercados de carbono para las acciones de mitigación del cambio climático, existen diversas fuentes de financiación para la acción frente al cambio climático (incluyendo tanto mitigación como adaptación), pudiendo recurrir a ellas para la ejecución de muchas de las opciones de actuación frente al cambio climático consideradas en el PEACC.

⁷⁰ Point Carbon: <http://www.pointcarbon.com/news/marketdata/ca/forward/cca/>
<http://www.pointcarbon.com/news/marketdata/ca/forward/cca/>

⁷¹ Información comunicada por Climate Action Reserve.

⁷² Información comunicada por Climate Action Reserve.

Una de las posibles fuentes de ayuda económica en este sentido podría ser la *Global Environment Facility* (GEF, de ahora en adelante), un mecanismo financiero multilateral que apoya a países en desarrollo para facilitar su cumplimiento de los compromisos adquiridos en convenciones internacionales en materia de acción frente al cambio climático, como UNFCCC. En concreto, el GEF cuenta con dos fondos para canalizar la ayuda financiera a la acción contra el cambio climático, que son los siguientes:

- Adaptation Fund, orientado a todos los sectores vulnerables al cambio climático.
- Special Climate Change Fund, destinado a los sectores de la energía, el transporte, la agricultura, la gestión forestal y los residuos.

México ha recibido ayuda financiera del GEF para iniciativas de eficiencia energética, energías renovables y transporte sostenible. De hecho, México ha creado un Mecanismo de Coordinación de Proyectos financiados por el GEF.

Dentro de la cartera nacional mexicana de proyectos financiados por el GEF, se encuentra la mejora de sistemas productivos en la Selva del Ocote, en Chiapas, un proyecto de manejo forestal que abarca acciones tanto de mitigación del cambio climático como de adaptación al mismo. Los proyectos similares puestos en marcha bajo el PEACC en Yucatán podrían contar también con financiación del GEF.

Los tres tipos principales de financiación del GEF son los siguientes:

- Préstamos de políticas: financiación de políticas nacionales aprobadas, en ocasiones con la posibilidad de prestar asistencia técnica. Debe tenerse en cuenta que este tipo de financiación sólo sería aplicable a acciones concretas del PEACC que se encuadrasen dentro del marco de una política nacional aprobada.
- Préstamos de proyecto: se trata de un tipo de financiación similar a la anterior, pero destinada a proyectos concretos. Este tipo de financiación sí podría cubrir muchos proyectos puestos en marcha bajo la iniciativa del PEACC.
- Donaciones a fondo perdido, que también podrían servir para financiar acciones puestas en marcha en el marco del PEACC.

Al margen del GEF, y a escala nacional, la Estrategia Nacional de Cambio Climático apunta a otras posibilidades de financiación, destacando las posibilidades de apoyo técnico y financiero en mitigación y adaptación al cambio climático por parte de las

agencias de cooperación al desarrollo de Alemania, Reino Unido y Francia (GIZ, DFID y AFD, respectivamente)⁷³.

Por otra parte, la LGCC crea el Fondo para el Cambio Climático, organismo federal cuya función es captar y canalizar recursos financieros públicos y privados, nacionales e internacionales, para apoyar la implementación de acciones para enfrentar el cambio climático. Las acciones relacionadas con la adaptación serán prioritarias, frente a las de mitigación, a la hora de recibir ayuda económica de este fondo.

Además, varias de las líneas de acción de esta estrategia están enfocadas a facilitar la financiación de la acción frente al cambio climático, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14: Líneas de acción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático orientadas a la financiación.

Fuente: elaboración propia a partir de la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático⁷⁴.

Línea de acción	Descripción
P2.1	Diseñar una política nacional de instrumentos económicos, fiscales, financieros y de mercado para incentivar las acciones de mitigación y adaptación. Esto incluye utilizar subsidios focalizados, eliminar o desacoplar subsidios ineficientes y crear instrumentos financieros públicos y privados
P2.2	Establecer los mecanismos necesarios para convertir el Fondo para el Cambio Climático en una plataforma eficiente y eficaz de canalización de recursos provenientes de otros fondos, entre ellos, los internacionales
P2.3	Asignar recursos presupuestales suficientes para la ejecución de acciones de adaptación y mitigación del cambio climático y especificarlos en los presupuestos federales, estatales y municipales.
P2.4	Articular fondos nacionales existentes y otras fuentes de financiamiento para potenciar las acciones de cambio climático.

Si bien estas líneas de acción relacionadas con la financiación de la acción frente al cambio climático no han sido todavía materializadas, dado que la estrategia fue aprobada en 2013, sí que apuntan a que una gran cantidad de recursos económicos de fuentes multilaterales y federales podrían estar disponibles para apoyar la puesta en marcha del PEACC.

⁷³ Siglas correspondientes a Deutsche Gesselleschaft für Internationale Zusammenarbeit, Department for International Development y Agence Française de Développement.

⁷⁴ Gobierno de la República. Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Visión 10-20-40. 2013.

Por otra parte, se debe llamar la atención sobre la existencia de muchas otras fuentes de financiación internacionales, que podrían significar una oportunidad de contar, al menos parcialmente, con el apoyo económico necesario para implementar medidas de mitigación y de adaptación en Yucatán.

En concreto, a lo largo de las diversas negociaciones internacionales en materia de financiación se han ido creando los siguientes fondos de financiación, en los cuales podría apoyarse el Gobierno de Yucatán para implementar el PEACC.

Tabla 15: Fuentes de financiación internacionales para la implementación del PEACC en Yucatán.

Fuente: elaboración propia a partir de varias fuentes⁷⁵.

FUENTE DE FINANCIACIÓN	ÁREAS OBJETIVO
CLEAN TECHNOLOGY FUND	Generación eléctrica, transporte y eficiencia energética.
GLOBAL FACILITY FOR DISASTER REDUCTION AND RECOVERY	Reducción de riesgos derivados de desastres.
GREEN CLIMATE FUND	Apoyo económico para el desarrollo de programas, proyectos, políticas y otras actividades en países en desarrollo de UNFCCC.
NORDIC DEVELOPMENT FUND	Gestión de efectos y consecuencias del cambio climático, y desarrollo de estrategias de cambio climático.
UNFCCC FAST START FINANCE	Mitigación, adaptación, desarrollo, transferencia de tecnología y capacitación en cambio climático.
BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO	Financiación de medidas de desarrollo fundamentalmente, pero también de adaptación al cambio climático, incluyendo en las mismas la construcción, gestión y mejora del manejo de infraestructuras de transporte, obras públicas y servicios urbanos, entre otros.
CLIMATE AND DEVELOPMENT KNOWLEDGE NETWORK – CDKN	Soporte en proyectos diversos relacionados con la mitigación y adaptación al cambio climático en relación a servicios de investigación, asistencia técnica, intercambio de conocimiento y cofinanciación de proyectos
DISASTER RISK MANAGEMENT PROGRAMME	En base a esta iniciativa, el Banco Caribeño de Desarrollo, responde a peticiones, por parte de países miembros, para el suministro de fondos y asistencia en procesos de reconstrucción y rehabilitación de zonas como resultado de episodios de desastres naturales.

⁷⁵ <http://www.climatefundsupdate.org/listing>
<http://www.climatefinanceoptions.org/cfo/Funding%20Sources>

FUENTE DE FINANCIACIÓN	ÁREAS OBJETIVO
GLOBAL FACILITY FOR DISASTER REDUCTION AND RECOVERY – GFDRR	<p>Promoción estrategias para la reducción de riesgos derivados de desastres, así como de adaptación al cambio climático.</p> <p>Esta iniciativa ofrece soporte financiero y asistencia técnica en proyectos de reducción de riesgos climáticos, adaptación, y recuperación sostenible en situaciones post-desastre.</p>
JAPAN FAST START FINANCING	<p>Esta iniciativa ofrece soporte económico a proyectos en materia mitigación (ahorro energético, tecnologías eficientes, energías renovables) y adaptación (planificación , gestión forestal, gestión de sequías, electrificación...).</p> <p>La posibilidad de acceso a estos fondos depende de los acuerdos bilaterales que existan entre Japón y México.</p>
INTERNATIONAL DEVELOPMENT ASSOCIATION	<p>La iniciativa dispone de diferentes áreas de trabajo, que incluyen:</p> <p>Desastres naturales, ofreciendo apoyo a proyectos para la reducción de riesgos derivados de situaciones catastróficas asociadas a eventos climáticos extremos.</p> <p>Desarrollo urbano, para el desarrollo de proyectos de mejora de la infraestructura urbana.</p> <p>Transporte, centrados en el desarrollo de proyectos para la construcción, rehabilitación y mantenimiento de infraestructuras viarias</p>
INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE	<p>Iniciativa generada por el Gobierno Alemán con el objetivo de suministrar apoyo a países en desarrollo (o recientemente industrializados) para la promoción de un crecimiento económico sostenible , integración de la adaptación climática, preservación de los reservorios de carbono y reducción de emisiones por deforestación.</p>
MULTILATERAL INVESTMENT FUND	<p>La financiación a proyectos no dispone de limitación sectorial y contempla la adaptación al cambio climático como una de sus prioridades.</p>
UNFCCC FAST START FINANCE	<p>Generado en el marco de la COP de Copenhague, esta iniciativa se generó con el objetivo de apoyar acciones en mitigación, adaptación, desarrollo y traslado de tecnología, así como capacitación en cambio climático.</p> <p>Este programa funciona como marco de desarrollo para diversas iniciativas de financiación internacional.</p> <p>La tipología de proyectos comprendidos en el marco de esta iniciativa contempla acciones como la construcción de plantas de generación energética (híbrida o renovable).</p>

7. Principales referencias.

Las principales referencias bibliográficas utilizadas durante el desarrollo del presente documento han sido las siguientes:

- Alejandro Velázquez, Aurelio Manuel Fierros, Arnulfo Aldrete, Armando Gómez, Silvia Fernández, Héctor de los Santos, Tangaxuhan Llanderal, Manuel de Jesús, Javier López, Carlos Ramírez (Conafor). *Situación actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México*. 2012
- Banco Mundial. *México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono*. 2009.
- Comisión Intersecretarial de Cambio Climático. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. 2007.
- Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda (CONAFOVI). *Uso eficiente de la energía en la vivienda*. 2006
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de Energía 2009-2012*. 2009.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México*. 2007.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. *Nichos de mercado para sistemas fotovoltaicos en conexión a la red eléctrica en México*. 2009.
- CTS EMBARQ Mexico for OECD. *Mobilising Private Investment for Bus Rapid Transit Systems- The case of Metrobus, Mexico City*. 2012.
- Department of Transport, UK. *Low Carbon Transport: A Greener Future*. 2009
- E. López-Sánchez, M. A. Musálem. *Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México*. 2007. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 59-66.

- Embajada Británica en México. *Eficiencia Energética y Ambiental en el Sector Vivienda. Revisión de prácticas nacionales e internacionales.* 2011
- Emma Rosa Alonzo Marrufo. *Modelo de planeación y participación comunitaria para el manejo ecológico de residuos sólidos en localidades costeras de Yucatán y otras áreas vulnerables.*
- Energy and Mining Sector Board, The World Bank Group. *ESMAP Technological Paper 121/07. Technical and Economic Assessment of Off-Grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies.* 2007
- Food and Agricultural Policy Research Institute. *FAPRI-ISU 2011 World Agricultural Outlook.* 2011
- García-Peniche T.B. y López-Guerrero I. Campo Experimental La Posta, Paso del Toro, CIRGOC-INIFAP. *Como estimar carga animal para pastoreo continuo.* 2008

<http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/manejo/articulos/como-estimar-carga-animal-t2180/124-p0.htm>

- GIZ. BMZ. Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo Estados Unidos Mexicanos – República Federal Alemana. *Recomendación estratégica sobre tecnologías y subsectores como orientación para sustentar acciones de eficiencia energética en el sector PyME.* 2012.
- Gobierno del Estado de Yucatán, CICY. *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Yucatán, 2005.* 2012.
- Gobierno del Estado de Yucatán. *Plan Estatal de Desarrollo. 2007-2012.*
- Gobierno del Estado de Yucatán. *Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.* 2007-2012.
- Gobierno del Estado de Yucatán. Secretaría de Fomento Turístico. *Programa Sectorial de Fomento Turístico 2007-2012.* 2011.
- Gobierno de México. *Cuarta Comunicación Nacional.*

- Grupo Internacional Garza. *La Evaluación de la Energía de Yucatán: La Investigación de una Nueva Política Energética en el Estado de Yucatán – Primer Informe*. 2010.
- GEF and UNEP. *Sustainable Low-Carbon Transport*. 2010.
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. *Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020 con acciones adicionales y análisis de potencial*. 2011.
- Instituto Nacional de Ecología, Universidad Veracruzana y Centro de Ciencias de la Atmósfera – UNAM. *Guía para la elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (PEACC)*. 2009.
- Instituto Nacional de Ecología. *Estudio para la identificación y eliminación de barreras para la implementación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. *Censo Agrícola, Ganadero y Forestal*. 2007.
- Jose Antonio Jiménez. *Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los sistemas silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental*. 2007
- John Scott Andretta. *¿Quién se beneficia de los subsidios energéticos en México?* 2011
- Livio E. Sáenz Mejía, *Cultivo de la Palma Africana – Guía técnica*. 2006
- Martín Roberto Maqueda Zamora y Luis Agustín Sánchez Viveros. *Curvas de demanda eléctrica en el sector doméstico de dos regiones de México*. 2008.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Disponible en:
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>.

- Panel Intergubernamental del Cambio Climático. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Disponible en:

< <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> >.

< <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> >.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático. *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Disponible en:

< <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html> >.

< <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/index.html> >.
- Rojas-Valencia, N., Oropeza Pérez, I. y Nájera Aguilar, H. *Evaluación de medidas de control para disminuir las emisiones de metano y CO₂ por residuos sólidos en México*. 2008.
- Secretaría de Economía. *Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados*.

Disponible en: <http://www.economia-sniim.gob.mx/nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricultolas/ConsultaInsumos.aspx?SubOpcion=9> | 0
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera. Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta (SIACON)*. 2010
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Bioenergéticos*.

Disponible en: <http://www.bioenergeticos.gob.mx/>
- Secretaría de Comunicación y Transportes. Programa Sectorial-Transporte, Capítulo 5.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente. PROGRAMA ESTATAL PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS 2009-2012.

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios*. 2006.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos*. 2006.
- Secretaría Nacional de Energía. *Balance Nacional de Energía 2010*. 2011.
- Secretaría de Salud. Programa Nacional de Salud 2007-2012. *Por un México sano: construyendo alianzas para una mejor salud*. 2007.
- Secretaría de Energía/Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía/Comisión Reguladora de la Energía. *Estudio sobre Cogeneración en el Sector Industrial en México*. 2009.
- Stockholm Environment Institute (SEI). *Achieving low carbon and sustainable transport systems in Yorkshire and Humber*. 2008.
- Xavier García Cuevas, Bartolo Rodríguez Santiago y Juan Islas Gutiérrez. *Evaluación Financiera de plantaciones forestales de Caoba en Quintana Roo*. 2011. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, Vol.2 Num.7.

Anexo I. Análisis de opciones de reducción de emisiones de GEI.

1.1. Opciones de reducción en el sector de generación eléctrica.

1.A.1 Estudio del potencial renovable

Línea A. Conocimiento Generación Eléctrica

Objetivo
 Desarrollar un estudio para cuantificar el potencial energético renovable del Estado de Yucatán que sirva como base para una correcta definición de políticas en materia de generación eléctrica.

Descripción de la medida
 Para la correcta implantación de las energías renovables, es necesario caracterizar adecuadamente las posibilidades de la región. De esta forma, se consigue conocer los tipos de fuentes de energías renovables disponibles, así como su potencial de generación eléctrica y los lugares más adecuados para su instalación, teniendo en cuenta todos los factores de influencia, que abarcan desde la disponibilidad de la fuente de energía hasta el impacto sobre el medio ambiente u otros como la cercanía a nichos de consumo eléctrico.

En esta medida, por tanto, se propone la realización de un estudio en el que se analicen, tomando como base las diferentes tecnologías para la producción de electricidad existentes en la actualidad y las características del Estado de Yucatán, las posibilidades que existen en cuanto al uso de las diferentes fuentes de energía renovable. Por ejemplo, en el caso de la energía solar, consistiría en la realización y análisis de un mapa de irradiación solar, para determinar las áreas en las que ésta es mayor y que, por tanto, tienen un mayor potencial. De una forma similar, para la energía eólica se podría realizar un estudio del viento en el Estado, detectando sus principales características, tales como su velocidad y las horas anuales de viento en las diferentes áreas de la región.

Plazo de implementación
 2014-2019

Impacto de la medida
 Con la medida se lograría ampliar el conocimiento existente respecto al potencial del estado para la generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Además, implicaría crear puestos de trabajo cualificados, ya que es necesario personal con un amplio nivel de conocimiento para poder realizar dicho estudio.

Adicionalmente, con la elaboración del estudio se conseguiría tener una imagen real del potencial en cuanto a energías renovables del Estado de Yucatán, que sería de gran utilidad de cara a desarrollar las políticas de generación eléctrica y planificar los proyectos de generación a partir de energías renovables. Supondría, por tanto, un importante impulso a la generación a partir de fuentes renovables, ya que facilitaría en una gran medida el trabajo a realizar para la implantación de este tipo de instalaciones.

Posibles barreras
 Una medida de este tipo representa un esfuerzo considerable en relación a personal, tiempo y recursos económicos por parte de la administración. Se recomienda, por tanto, escalar los esfuerzos en cuanto a la recopilación de datos, es decir, plantear hitos en relación a fuentes energéticas a considerar, de forma que los esfuerzos se distribuyan a lo largo del tiempo, evitando metas que puedan resultar de excesivo alcance y que puedan minar el desarrollo de la iniciativa.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	500.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

1.B.1

Impulso a la energía solar fotovoltaica

Línea de Acción B. Acción. Sector generación eléctrica

Objetivo

Reducir las emisiones de GEI derivadas de la producción de energía eléctrica mediante la instalación de centrales de generación a partir de energía solar fotovoltaica.

Descripción de la medida

La generación eléctrica en el Estado de Yucatán, en la actualidad, se lleva a cabo mediante el uso de combustibles fósiles en centrales térmicas y centrales de ciclo combinado. En este tipo de instalaciones, la generación de la electricidad se realiza mediante la combustión de gas natural, diésel y combustóleo. El uso de este tipo de instalaciones produce emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático. Además, el uso de combustibles fósiles requiere un gasto adicional en la generación y una importante vulnerabilidad ante las variaciones de los mercados energéticos.

En el futuro, se prevé que la demanda eléctrica en Yucatán se incremente, por lo que será necesario ampliar la capacidad de generación eléctrica del Estado para poder cumplir con dicha demanda sin importar electricidad de otros Estados. En la planificación actual, está previsto que se construyan dos centrales de ciclo combinado de gas natural en el Estado de Yucatán en 2020 y 2024.

Según lo establecido en la Estrategia Nacional de la Energía 2012-2026, en 2026, el 0.3% del total de la energía eléctrica bruta generada en México habría de producirse mediante el uso de paneles fotovoltaicos. Este tipo de sistemas generan electricidad a partir de la energía del sol, por lo que se trata de una fuente limpia, puesto que no se generan emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la fuente a partir de la cual producen la electricidad es gratuita, lo que elimina la dependencia de la generación con los proveedores energéticos y el efecto que las variaciones de los mercados puedan tener sobre los precios de los combustibles.

La instalación del sistema se llevaría a cabo de forma progresiva en el periodo 2013-2030, de modo que se cumpla el objetivo fijado de 0.3% del total de generación eléctrica a partir de energía solar en 2030.

En esta medida se ha realizado la cuantificación de la instalación de placas solares fotovoltaicas. No obstante, debido al gran potencial del Estado de Yucatán para el uso del sol como fuente de energía, podría ser interesante realizar un estudio para evaluar la posibilidad de otros tipos de sistemas como las torres solares, los sistemas de colectores solares parabólicos o los estanques solares.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

La instalación de placas solares fotovoltaicas para la generación de electricidad implica una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la generación eléctrica. Además, se producen beneficios económicos derivados de la electricidad generada por los dispositivos y, adicionalmente, el uso de este tipo de tecnologías también tiene un impacto ambiental menor que la quema de combustibles fósiles, ya que no se generan gases contaminantes para la producción de electricidad.

El coste total de la instalación y el mantenimiento de los equipos en el plazo analizado sería mayor que el beneficio obtenido por la venta de la electricidad generada. De hecho, la tasa de retorno de la medida es de 34.3 años, por lo que, teniendo en cuenta que la vida útil de los dispositivos es de 25 años, con el precio de instalación y venta de electricidad fijados, no sería posible recuperar la inversión en la vida útil de los equipos. No obstante, la tendencia esperada en el futuro para este tipo de tecnología implica una gran bajada de los precios de los dispositivos, por lo que es probable que la rentabilidad sea mayor.

Uno de los mayores beneficios de la medida es que la generación de la electricidad se genera a partir de una fuente ilimitada y gratuita, consiguiendo incrementar la independencia económica del Estado de Yucatán. Además, se trata de una región con un gran potencial para la energía solar por su elevada irradiancia solar.

Por último, la implantación de esta medida generaría puestos de trabajo en el Estado, tanto en la instalación de los dispositivos como para su mantenimiento.

Posibles barreras

Ya que en México no se recibe prima alguna por la generación de electricidad a partir de fuentes renovables, éste tipo de tecnologías sufren una clara desventaja frente a la generación eléctrica a partir de combustibles fósiles, porque que su coste de generación es mayor. Es por ello que la tasa de retorno de la medida es superior a los años de plazo establecidos, ya que, la instalación y mantenimiento de las placas solares fotovoltaicas es costosa.

La aplicación de la medida se facilitaría haciendo uso de las diferentes herramientas económicas disponibles, como el uso de fondos nacionales e internacionales que promuevan las energías limpias o la obtención de créditos de carbono por la reducción de emisiones lograda mediante la implantación de la medida.

Emisiones evitadas en el período (T1)	386,568	tCO2e	Coste/ tCO₂	3,073.75	\$/tCO2e
Beneficio anual	59,694,938.7	\$/año	Coste total	2,048,320,700	\$
Pay-back	34.3	años	Beneficio total	1,134,203,835	\$

1.B.2

Impulso a la energía eólica

Línea de Acción B. Acción. Sector generación eléctrica

<p>Objetivo</p> <p>Reducir las emisiones de GEI derivadas de la producción de energía eléctrica mediante la instalación de centrales de generación a partir de energía eólica.</p>
<p>Descripción de la medida</p> <p>La generación eléctrica en el Estado de Yucatán, en la actualidad, se lleva a cabo mediante el uso de combustibles fósiles en centrales térmicas y centrales de ciclo combinado. En este tipo de instalaciones, la generación de la electricidad se realiza mediante la combustión de gas natural, gasóleo y combustóleo. El uso de este tipo de instalaciones produce emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático. Además, el uso de combustibles fósiles requiere un gasto adicional en la generación y una importante vulnerabilidad ante las variaciones de los mercados energéticos.</p> <p>En el futuro, se prevé que la demanda eléctrica en Yucatán se incremente, por lo que será necesario ampliar la capacidad de generación eléctrica del Estado para poder cumplir con dicha demanda sin importar electricidad de otros Estados. En la planificación actual, está previsto que se construyan dos centrales de ciclo combinado de gas natural en el Estado de Yucatán en 2020 y 2024.</p> <p>En la medida planteada, se ha establecido que, en el Estado de Yucatán, el 5% del total de la energía eléctrica producida en 2030 se generará a partir de aerogeneradores. Así, mediante la instalación de parques eólicos, se genera energía eléctrica a partir de la energía cinética del viento, por lo que se trata de una fuente limpia, puesto que no se generan emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la fuente a partir de la cual producen la electricidad es gratuita, lo que elimina la dependencia de la generación con los proveedores energéticos y el efecto que las variaciones de los mercados puedan tener sobre los precios de los combustibles.</p> <p>La instalación del sistema se llevaría a cabo de forma progresiva en el periodo 2013-2030, de modo que se cumpla el objetivo fijado de 5% del total de generación eléctrica a partir de energía eólica en 2030.</p> <p>En el escenario planteado, se ha optado por la instalación de aerogeneradores con una potencia de 100 MW, no obstante, sería necesario realizar una caracterización del tipo de terreno y los flujos de viento del Estado de Yucatán para determinar el tipo de dispositivo óptimo de cara a maximizar el aprovechamiento de los recursos eólicos de la región.</p>

Plazo de implementación	
2014-2020	
Impacto de la medida	
<p>La instalación de aerogeneradores para la generación de electricidad implica una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la generación eléctrica. Además, se producen beneficios económicos derivados de la electricidad generada por los dispositivos y, adicionalmente, el uso de este tipo de tecnologías también tiene un impacto ambiental menor que la quema de combustibles fósiles, ya que no se generan emisiones de gases contaminantes por la producción de electricidad.</p> <p>Tal y como muestran los resultados obtenidos, el plazo de retorno de esta inversión es inferior a los 6 años, por lo que durante una parte importante del periodo analizado se obtendrían beneficios derivados de la generación de la electricidad. De hecho, el beneficio total es netamente superior al coste total de implantación de la medida y la diferencia es aún mayor si se considera la vida útil total de los dispositivos, es decir, 20 años.</p> <p>Otro de los mayores beneficios de la medida es que la generación de la electricidad se genera a partir de una fuente ilimitada y gratuita, consiguiendo incrementar la independencia económica del Estado de Yucatán. Además, se trata de una región con un gran potencial para la energía solar por su elevada irradiancia solar.</p> <p>Por último, la implantación de esta medida generaría puestos de trabajo en el Estado, tanto en la instalación de los dispositivos como para su mantenimiento.</p>	
Posibles barreras	
<p>La instalación de aerogeneradores plantea ciertas dificultades por su incidencia en la vida animal, principalmente por las muertes de aves causadas por el impacto con las palas de los dispositivos. Además, también se genera cierto rechazo social a causa del impacto visual de su instalación, así como del impacto que esta pueda causar en el medio ambiente de la zona en la que se sitúen. Por ello, es conveniente limitar su utilización a zonas que, aunque tengan un importante potencial eólico, no sean particularmente sensibles medioambientalmente.</p>	

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	6.877.309 tCO2e	Coste/ tCO ₂	- 668,10 \$/tCO2e
Beneficio anual	1.061.981.986,9 \$/año	Coste total	5.800.740.750 \$
Pay-back	5,5 años	Beneficio total	20.177.657.751 \$

1.B.3

Impulso a la utilización de biomasa

Línea de Acción B. Acción. Sector generación eléctrica

Objetivo

Reducir las emisiones de GEI derivadas de la producción de energía eléctrica mediante la instalación de centrales de generación a partir de biomasa de la madera.

Descripción de la medida

La generación eléctrica en el Estado de Yucatán, en la actualidad se lleva a cabo mediante el uso de combustibles fósiles en centrales térmicas y centrales de ciclo combinado. En este tipo de instalaciones, la generación de la electricidad se realiza mediante la combustión de gas natural, gasóleo y combustóleo. El uso de este tipo de instalaciones produce emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen al cambio climático. Además, el uso de combustibles fósiles requiere un gasto adicional en la generación y una importante vulnerabilidad ante las variaciones de los mercados energéticos.

En el futuro, se prevé que la demanda eléctrica en Yucatán se incremente, por lo que será necesario ampliar la capacidad de generación eléctrica del Estado para poder cumplir con dicha demanda sin importar electricidad de otros Estados. En la planificación actual, está previsto que se construyan dos centrales de ciclo combinado de gas natural en el Estado de Yucatán en 2020 y 2024.

Según lo establecido en la Estrategia Nacional de la Energía 2012-2026, en 2026, el 0.3% del total de la energía eléctrica bruta generada en México habría de producirse mediante el uso de biomasa. Este combustible, que, en el caso analizado sería la biomasa proveniente de los residuos de la industria maderera y de la industria alimenticia y es un recurso de alta disponibilidad en el Estado de Yucatán, no genera emisiones de dióxido de carbono en su ciclo de vida si se utiliza en un sistema de combustión para la generación de electricidad, puesto que las emisiones generadas en la combustión son equivalentes a las absorciones que tienen lugar en el periodo de crecimiento.

La instalación del sistema se llevará a cabo de forma progresiva en el periodo 2013-2030, de modo que se cumpla el objetivo fijado del 0.3% del total de generación eléctrica a partir de biomasa de madera en 2030.

El sistema elegido en este caso es un gasificador de biomasa, en el que, como primer paso, se genera un gas que, posteriormente, es utilizado en la combustión para generar energía.

Plazo de implementación
2014-2030

Impacto de la medida

El uso de la biomasa de la madera para la generación de electricidad implica una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en la generación eléctrica. Además, se producen beneficios económicos derivados de la electricidad generada por los dispositivos y puestos de trabajo en la región, ya que este tipo de plantas requieren un mantenimiento y, si el combustible se obtiene en el propio Estado, también se generarían puestos de trabajo adicionales en este ámbito. Por otra parte, el uso de un recurso propio y de alta disponibilidad en la región disminuiría la dependencia de otras fuentes fósiles.

Tal y como muestran los resultados obtenidos, el plazo de retorno de esta inversión es inferior a los 12 años, es decir, en el plazo planteado se obtendrían beneficios de implantarse esta medida. Además, debido a las absorciones de CO₂ generadas durante el periodo de crecimiento de la masa forestal, la combustión de la madera, los residuos de madera o los residuos de la industria alimenticia es neutra en carbono, lo que implica una importante reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a los combustibles fósiles empleados en la actualidad, ya que, para la combustión de madera, únicamente han de contabilizarse las emisiones de metano y óxido nítrico.

Posibles barreras

La inversión necesaria para la implantación de este tipo de dispositivos es elevada, por lo que puede suponer una dificultad a la hora de implantar esta tecnología en el Estado de Yucatán.

Además, pese a tratarse de un combustible con una alta disponibilidad, la madera no es un recurso ilimitado, por lo que es necesario realizar una gestión óptima de él para no agotarlo. Además, se trata de un recurso sujeto a la variabilidad de los mercados, ya que es ampliamente utilizado en muchos ámbitos. Por tanto, la materia prima que se emplee debe provenir de esquemas de manejo sustentable, ya que, de lo contrario, podría producirse deforestación a causa de la tala no controlada de bosques y selvas.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	343,703	tCO₂e	Coste/ tCO₂	-	294.33	\$/tCO₂e
--	----------------	-------------------------	-------------------------------	----------	---------------	----------------------------

Beneficio anual	53,807,087.3	\$/año	Coste total	611,838,242	\$
Pay-back	11.4	años	Beneficio total	1,022,334,659	\$

1.B.4

Disminución de las pérdidas en la red de distribución

Línea de Acción B. Acción. Sector generación eléctrica

Objetivo
Reducir las pérdidas de energía eléctrica en la red de distribución del Estado de Yucatán.
Descripción de la medida
En la actualidad, las pérdidas que se producen en la red de distribución de energía eléctrica en el Estado de Yucatán son superiores al 15%, es decir, más del 15% de la energía producida no es aprovechada, con el consiguiente gasto de combustibles, así como la generación de emisiones de gases de efecto invernadero y de la necesidad de sobredimensionar las instalaciones de generación para suplir este factor.
En la Estrategia Nacional de la Energía de México 2012-2026, se plantea aplicar medidas para ir reduciendo progresivamente dichas pérdidas, mejorando así la red eléctrica del país y reduciendo el consumo de combustibles y la generación de emisiones de gases de efecto invernadero. La cuantificación de las necesidades monetarias para realizar esta medida es compleja, ya que depende del tipo de actividades llevadas a cabo, de las líneas de transmisión utilizadas y de los dispositivos instalados. No se ha podido estimar el costo de la medida ya que éste depende del tipo de infraestructura a reemplazar y no es posible realizar la estimación con la información actualmente disponible.

Plazo de implementación
2014-2030
Impacto de la medida
La reducción de las pérdidas producidas en la transmisión de electricidad en la red eléctrica del Estado de Yucatán ahorraría dinero y evitaría emisiones de gases de efecto invernadero. Además, una mayor eficiencia del sistema de transmisión evitaría una sobreproducción eléctrica para mitigar los efectos de dichas pérdidas.
Dicha sobreproducción eléctrica implica un uso adicional de combustibles para generar la electricidad que se pierde en la transmisión y, por lo tanto, unas emisiones de gases de efecto invernadero causadas por el uso del combustible. Por último, un porcentaje de pérdidas muy elevado obliga a un uso más intensivo de las centrales o, incluso a construir centrales de mayor tamaño que sean capaces de asumir las pérdidas.
Posibles barreras
La minimización de las pérdidas implica una importante inversión en la red eléctrica del Estado de Yucatán, ya que es necesario mejorar la infraestructura para lograr el objetivo fijado. Además, se trata de un proceso complejo y que se ha de desarrollar durante un plazo de tiempo prolongado, ya que es técnicamente inviable realizar la sustitución de todos los elementos de la red eléctrica en un periodo corto de tiempo.
Adicionalmente, en el caso de muchos de los elementos, no puede plantearse la opción de sustituirlos antes del fin de su vida útil, ya que esto puede suponer un sobrecosto que no se vea compensado por el ahorro generado por su sustitución.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	7,172,111	tCO _{2e}	Coste/ tCO₂	-	\$/tCO_{2e}
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

1.2. Opciones de reducción en el sector industrial.

2.A.1

Caracterización energética del sector industrial

Línea A. Conocimiento Industrial

Objetivo

Desarrollar un estudio para la caracterización energética del sector industrial que sirva como base para una correcta definición de políticas en materia de eficiencia energética y renovables.

Descripción de la medida

Para poder plantear una correcta política de implementación de medidas en relación a integración de renovables y eficiencia energética es necesario disponer de información en relación a los consumos energéticos a nivel de sector y fuente energética. Las fuentes de información disponibles en la actualidad, como el balance nacional de energía o las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), responden solo a una caracterización a nivel nacional de los consumos.

La heterogeneidad de las entidades que componen el sector comercial y servicios, junto con la falta de información sobre parámetros de tipo energético dificultan el planteamiento de medidas de ahorro energético o aprovechamiento de renovables para el sector.

El programa tiene como objetivo diseñar un protocolo para la recopilación de datos en relación a las entidades del sector industrial, basado en un paquete combinado de cuestionarios a enviar a los responsables de las entidades, así como la organización de visitas para disponer de información real sobre las características energéticas de las mismas.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

El objetivo de esta medida es disponer de información sobre una muestra estadísticamente significativa que permita operar con los datos recopilados, estableciendo conclusiones generales sobre el sector, caracterizadas por sub-sector y fuente energética, así como modelizar resultados que permitan generar previsiones de consumo y demanda, caracterizados de igual forma.

La disponibilidad de información en relación al comportamiento energético de las entidades del sector permite establecer objetivos cuantificables en materia de ahorro y producción renovables, así como aportar datos para realizar un análisis cuantitativo de la viabilidad económica de las opciones de intervención. Adicionalmente, ayudará a mejorar las estimaciones en relación a los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero a nivel estatal.

Esta información es necesaria para poder diseñar mecanismos eficientes en la integración de opciones de eficiencia energética y renovables, así como para disponer de una idea aproximada de los requerimientos en materia de recursos financieros y capital humano necesarios para poder llevar a cabo las diferentes iniciativas.

Posibles barreras

Una medida de este tipo representa un esfuerzo considerable en relación a personal, tiempo y recursos económicos por parte de la administración. De igual forma requiere de una participación proactiva de los representantes del sector y de una responsabilidad para con la iniciativa.

Se recomienda escalar los esfuerzos en cuanto a la recopilación de datos, es decir, plantear hitos en relación a sub-sectores y fuentes energéticas a considerar, de forma que los esfuerzos se distribuyan a lo largo del tiempo, evitando metas que puedan resultar de excesivo alcance y que puedan minar el desarrollo de la iniciativa.

Por otro lado es muy importante sensibilizar al sector, de forma que se sienta interesado en participar. Esto puede realizarse fomentando el interés voluntario, publicitando los potenciales beneficios de disponer de esta información a los participantes o mediante programas normativos que obliguen a las empresas a suministrar la información.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	500.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

2.A.2

Diagnóstico energético

Línea de Acción A Conocimiento. Sector industrial

Objetivo

Ofrecer a los responsables de las industrias la posibilidad de someterse a procesos de auditoría energética voluntaria para evaluar su perfil energético.

Descripción de la medida

El objetivo de esta medida consiste en ofrecer a las empresas la posibilidad de someterse a procesos de diagnóstico energético con el objetivo de obtener un diagnóstico sobre la eficiencia en el consumo energético asociado a sus procesos productivos.

El desarrollo de esta medida requiere de la formación de un equipo técnico a nivel del gobierno de Yucatán, encargado de realizar las visitas a los diferentes establecimientos industriales que voluntariamente se adhieran a la iniciativa. En estas visitas, este equipo técnico será encargado de realizar una evaluación de los equipos de producción y consumo energético asociados a los procesos productivos de la empresa con el objetivo de localizar aquellos equipos o procesos ineficientes a nivel de consumo energético, así como posibilidades y oportunidades de ahorro energético.

Como resultado de estas visitas se generarán una serie de informes con información detallada sobre aquellos procesos y equipos que disponen de un consumo excesivo de energía, proponiendo intervenciones para la mejora de su comportamiento energético. De igual forma, estas opciones pueden estructurarse bajo el esquema de un plan de acción que contenga información sobre los potenciales ahorros energéticos asociados a la implementación de estas medidas de ahorro energético, así como ahorros económicos derivados. Asimismo, se incluirá información en relación a los requerimientos de inversión y posibles fuentes de financiación para su ejecución.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

La realización de las auditorías energéticas en el marco del sector de industrial servirá para identificar las potenciales estrategias de ahorro energético sobre el sector.

La realización de este tipo de auditorías y, en particular, la identificación de los ahorros energéticos y económicos asociados, puede servir como incentivo para que las industrias inviertan en equipos y tecnologías que mejoren el perfil energético del sector, lo que al final se traduce en una serie de beneficios ambientales (derivados de la reducción de emisiones) y de mejora de su competitividad (gracias a la reducción de costes y a la reducción de la demanda energética para el desarrollo de sus procesos).

Posibles barreras

El desarrollo de una medida de este tipo necesita de la disponibilidad de recursos financieros y capital humano suficiente como para poder generar un iniciativa que pueda dar cobertura a un número amplio de clientes industriales, así como asegurar su continuidad en el tiempo.

De igual forma, es importante dar difusión a esta iniciativa de forma que genere interés entre los responsables del sector empresarial, enfocándose en los beneficios derivados de este tipo de medidas, para que sean percibidos no sólo como inversiones a corto plazo, sino como estrategias de ahorro energético y económico.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total por diagnóstico	67,000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

2.A.3

Estudio del potencial de cogeneración regional

Línea de Acción A. Conocimiento. Sector industrial

<p>Objetivo</p> <p>Evaluar el potencial de cogeneración y uso del gas natural en relación a los diferentes sub-sectores que componen el sector industrial de Yucatán.</p> <p>Descripción de la medida</p> <p>A nivel nacional, la eficiencia energética se ha de definido como una de los elementos a tener en cuenta en el desarrollo del sector industrial. Desde el Programa Especial de Cambio Climático se han propuesto diversas medidas para la promover este objetivo en el sector en cuestión, una de las cuales contempla la evaluación del potencial de cogeneración a nivel nacional.</p> <p>La cogeneración representa una de la mayores oportunidades para el sector industrial a nivel de reducción de consumos energéticos y emisiones de gases de efecto invernadero.</p> <p>El estudio regional valorará el potencial de aprovechamiento de la cogeneración en el sector industrial de Yucatán, en base a la metodología e información recogida en la evaluación nacional. Debe incluir datos sobre la viabilidad de diferente escenarios de implementación de equipos de cogeneración en los principales sub sectores industriales de actividad regional. Se recomienda que el estudio genere información en relación a los potenciales beneficios tecnológicos, económicos y ambientales, adaptados a la realidad socio-económica de Yucatán.</p> <p>La planificación de esta política de fomento debe realizarse de forma coordinada con la planificación en materia energética de la región, debido al papel significativo que puede desarrollar la cogeneración como fuente de producción eléctrica, así como procurando simplificar los trámites administrativos, burocráticos y legales, generando un marco normativo favorable para la utilización de este tipo de equipos a nivel industrial.</p>
--

<p>Plazo de implementación</p> <p>2014-2019</p> <p>Impacto de la medida</p> <p>Disponer de información sobre el potencial de cogeneración a nivel particular de Yucatán es importante para caracterizar de forma detallada los sub-sectores industriales susceptibles de ser equipados con este tipo de tecnología. Esta información permite diseñar estrategias específicas que recojan las particularidades de cada sector, así como evaluar de forma particular los beneficios y viabilidad para cada uno de los casos, lo que influyen de forma directa en la creación de programas efectivos para cada caso.</p> <p>La disponibilidad de datos específicos permite establecer las bases sobre las que estudiar la viabilidad técnica y económica de este tipo de tecnología sobre la industrias de Yucatán, lo que permite disponer de datos de base para establecer las condiciones y parámetros que influirán en el desarrollo de los programas y estrategias de soporte generadas desde la administración.</p> <p>Posibles barreras</p> <p>La correcta caracterización del potencial del sector requiere de un esfuerzo significativo para la recopilación de información que permita caracterizar los usos de la energía en los subsectores de actividad industrial, así como estado del arte de los equipos de producción energética, conocimiento por parte del sector, capacidad técnica y económica de la industria.</p> <p>Esta tarea requiere de la disponibilidad de recursos económicos y humanos, por parte de la administración, que aseguren la efectividad de este proceso. Igualmente importante es la participación de los agentes del sector en relación al suministro de datos que permitan caracterizar su actividad y consumos energéticos.</p> <p>Es importante informar y sensibilizar a los representantes del sector sobre los beneficios de este programa, así como la necesidad de su participación proactiva para poder trabajar sobre datos reales que permitan proporcionar soluciones reales sobre el sector. Es muy importante concienciar al sector sobre los beneficios directos derivados de los potenciales programas generables en base a esta evaluación.</p> <p>Como medida adicional, puede plantearse un proceso de petición de datos en base a un esquema obligatorio que requiera de la participación de las empresas, sea de obligado cumplimiento.</p>
--

Emisiones evitadas en el periodo (11)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	500.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

2.B.1

Sustitución de luminarias

Línea B. Acción. Sector industrial

Objetivo

El objetivo de esta medida es la sustitución de equipos de luminarias convencionales por equipos eficientes en el 45% de las empresas industriales (de tamaño medio y grande) a la finalización del plan a 2020.

Descripción de la medida

Estudios realizados sobre los consumos energéticos en el sector empresarial mexicano, muestran que la iluminación es una de las principales fuentes de consumo de energía eléctrica a nivel empresarial (tercer elemento de consumo en el sector de mediana empresa e industria, primero en el sector comercios y primero en el sector de oficinas).

El potencial de ahorro en materia de iluminación en este sector se ha estimado en un 30%. Muchas de las empresas cuentan con sistemas de iluminación ineficientes, comparados con los actuales estándares, como focos incandescentes, lámparas fluorescentes en bulbo tipo T12, lámparas de mercurio y de aditivos metálicos. Estos sistemas podrían ser sustituidos con sistemas más eficientes como lámparas T8 y T5, equipadas con balastros electrónicos y LED.

El objetivo de esta medida es diseñar un programa que promueva la sustitución de este tipo de luminarias en el sector industrial de Yucatán, a través del uso de dos líneas de trabajo:

Campaña de comunicación y difusión de información relacionada con los beneficios derivados de este tipo de acciones en materia de eficiencia energética a los responsables de las empresas.

Mecanismos de soporte económico para ayudar a los empresarios en la adquisición de nuevos equipos más eficientes. En este punto, es importante señalar que las inversiones en eficiencia energética sobre equipos de iluminación disponen generalmente de períodos de retorno económico cortos por lo que, en estos casos, se propone la promoción de incentivos económicos con retorno para la administración (como el caso de préstamo sin interés o a muy bajo interés). En relación a este tipo de mecanismos, es importante considerar los esfuerzos realizados hasta el momento por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) en este área, como el "Programa Luz Sustentable".

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

La realización de las auditorías energéticas en el marco del sector de industrial servirá para identificar las potenciales estrategias de ahorro energético sobre el sector, que se traducen de forma directa en una reducción de costes que influyen de forma positiva en un aumento de la competitividad del sector.

Posibles barreras

Una de las principales barreras está relacionada con la falta de conocimiento por parte del sector sobre los beneficios de la implantación de este tipo de intervenciones, lo que dificulta su implementación. El desarrollo de campañas de comunicación y sensibilización del sector en relación a los beneficios de este tipo de medidas ayudaría a promocionar este tipo de programas entre los responsables del sector.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	6.636	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	1.464,56	\$/tCO ₂ e
---------------------------------------	-------	--------------------	-------------------------	---	----------	-----------------------

Beneficio anual	1.779.400,0	\$/año	Coste total	8.400.000	\$
Pay-back	4,7	años	Beneficio total	32.029.200	\$

2.B.2

Sustitución de aire acondicionado en industria

Línea de Acción B. Acción. Sector industrial

Objetivo

Reducir los consumos de energía eléctrica asociados a la climatización de espacios mediante la sustitución del 45% de los equipos de aire acondicionado convencionales por equipos de alta eficiencia (en las empresas de tamaño medio y grande) para 2020.

Descripción de la medida

Estudios realizados sobre el sector empresarial mexicano muestran que la refrigeración representa uno de los grandes focos de consumo eléctrico en este sector. El potencial de ahorro en relación a la sustitución de equipos de aire acondicionado se encuentra en un 20%, puesto que los equipos disponibles en la actualidad por las empresas disponen de elevados consumos energéticos (en comparación con equipos estándar de mayor eficiencia) al no existir un marco normativo que defina requerimientos elevados de eficiencia en estos aparatos.

El objetivo de esta medida es diseñar un programa que promueva la sustitución del parque de equipos de refrigeración en el sector empresarial de Yucatán, a través de la implementación de dos líneas de trabajo:

Campana de comunicación y difusión de información relacionada con los beneficios derivados de este tipo de acciones en materia de eficiencia energética a los responsables de las empresas.

Mecanismos de soporte económico para ayudar a los empresarios en la adquisición de nuevos equipos más eficientes. En este punto, es importante señalar que las inversiones en eficiencia energética sobre refrigeración en el sector empresarial suelen disponer de períodos de retorno económico cortos por lo que, en estos casos, se propone la promoción de incentivos económicos con retorno a la administración (como préstamos sin interés a muy bajo interés).

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

La sustitución por equipos de refrigeración de elevada eficiencia, se traduce en beneficios tanto a nivel ambiental (derivados de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de energía eléctrica para consumo), económicas (asociadas al ahorro en los pagos de la factura eléctrica de los consumos de los equipos) y laborales (puesto que los equipos generan mejoras en las condiciones de confort de los puestos de trabajo, lo que incrementa la calidad de las condiciones de trabajo).

Para el caso del sector industrial son particularmente importantes los beneficios relacionados con el ahorro económico puesto que generan una mejora directa de la competitividad de la empresa, incrementando sus beneficios y sus posibilidades de crecimiento económico y expansión. A nivel de todo el sector terciario, este tipo de acciones tienen un efecto directo sobre la mejora de la competitividad del sector, lo que revierte en una mejora de la economía regional.

Posibles barreras

Aunque este tipo de medidas disponen de un retorno de inversión a tiempo muy corto (derivado del elevado potencial de ahorro energético), requieren de una importante inversión inicial que puede no ser percibida como deseable por los responsables empresariales ante la falta de conocimiento de los beneficios derivados de estrategias relacionadas con la eficiencia energética.

Por este motivo, es importante combinar la disponibilidad de sistemas de incentivo financiero con campañas para la sensibilización de los responsables para que perciban la viabilidad económica asociada a estas medidas.

Emisiones evitadas en el período (T1)	41.779	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	1.523,53	\$/tCO ₂ e
---------------------------------------	--------	--------------------	-------------------------	---	----------	-----------------------

Beneficio anual	11.329.333,3	\$/año	Coste total	30.000.000	\$
Pay-back	2,6	años	Beneficio total	203.928.000	\$

2.B.3

Sustitución de equipos de bombeo de agua en industria alimentaria

Línea de Acción B. Acción. Sector Industrial

Objetivo

El objetivo de esta medida es el diseño de un programa para la promoción de cambio de sistemas de bombeo de agua en el 100% de las empresas de la industria de alimentaria de Yucatán.

Descripción de la medida

La industria alimentaria engloba a un grupo de empresas con características productivas muy heterogéneas, definidas por la naturaleza de las materias primas requeridas o productos elaborados generados. Pese a estas grandes diferencias, algunos aspectos ambientales relevantes comunes al conjunto de la industria de tipo alimentario están relacionados con un elevado consumo de energía y agua.

La industria alimentaria dispone de un gran peso en las actividades del sector industrial de medio tamaño en Yucatán (representando el 25% del total de empresas medianas del sector industrial).

Algunos estudios realizados sobre el sector empresarial de México, indican que existe un potencial de mejora en las instalaciones de bombeo de agua, en el que la sustitución de los equipos convencionales por otros más eficientes pueden generar ahorros energéticos de hasta un 15% del consumo energético.

El objetivo de esta medida es promover la sustitución del parque de equipos de bombeo de agua para la industria alimentaria, a través de dos líneas de trabajo:

Campaña de comunicación y difusión de información relacionada con los beneficios derivados de este tipo de acciones en materia de eficiencia energética a los responsables de las empresas.

Mecanismos de soporte económico para ayudar a los empresarios en la adquisición de nuevos equipos más eficientes. En este punto, es importante señalar que las inversiones en eficiencia energética sobre refrigeración en el sector empresarial suelen disponer de períodos de retorno económico cortos por lo que, en estos casos, se propone la promoción de incentivos económicos con retorno a la administración (como préstamos sin interés a muy bajo interés).

Plazo de implementación

2014-2025

Impacto de la medida

La sustitución de los equipos de bombeo convencionales por otros de elevada eficiencia, se traduce tanto en beneficios de tipo ambiental (derivados de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de energía eléctrica para consumo), económicas (asociadas al ahorro en los pagos de la factura eléctrica de los consumos de los equipos) y productivas (puesto que la utilización de equipos nuevos asegura el correcto funcionamiento evitando fallos o paradas que pueden afectar a la cadena productiva).

Para el caso del sector industrial son particularmente importantes los beneficios relacionados con el ahorro económico puesto que generan una mejora directa de la competitividad de la empresa, incrementando sus beneficios y sus posibilidades de crecimiento económico y expansión.

Posibles barreras

Aunque este tipo de medidas disponen de un retorno de inversión a tiempo corto (derivado del elevado potencial de ahorro energético), requieren de una importante inversión inicial que puede no ser percibida como deseable por los responsables empresariales ante la falta de conocimiento de los beneficios derivados de estrategias relacionadas con la eficiencia energética.

Por este motivo, es importante combinar la disponibilidad de sistemas de incentivo financiero (por ejemplo a través de préstamos con condiciones de retorno muy favorables), así como campañas para la sensibilización de los responsables para que perciban la viabilidad económica asociada a estas medidas.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	156,795	tCO2e	Coste/ tCO₂	-	98.34	\$/tCO2e
Beneficio anual	4,892,172.0	\$/año	Coste total	31,680,000	\$	
Pay-back	6.5	años	Beneficio total	88,059,096	\$	

2.B.4

Programa para la instalación de equipos de cogeneración industrial

Línea de Acción B. Acción. Sector Industrial

Objetivo

Desarrollar una programa para asegurar la instalación de equipos de cogeneración (100% de empresas con consumos energéticos mayores a 1000 kW) empresas del sector industrial de Yucatán.

Descripción de la medida

A nivel nacional, el uso de la cogeneración representa una de las apuestas más significativas, a escala sectorial, para la promoción de estrategias para la mejora de la eficiencia energética y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Considerando el hecho de que el sector industrial representa el segundo consumidor de energía nacional y que su demanda energética incluye tanto electricidad como energía térmica, la cogeneración se presenta como una oportunidad muy interesante para mejorar la competitividad del sector.

Desde la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) se ha evaluado que el potencial máximo de cogeneración nacional se estima en 10,164 MW (englobando la actividad industrial, sector azucarero y PEMEX). Aunque no se disponen de datos particulares para el caso de Yucatán, se ha estimado que las empresas del sector industrial (mediana y gran industria) representan el 2% del total del parque industrial nacional. Considerando que el potencial de instalación económicamente factible a nivel nacional, asciende aun total de 6,085 MW (excluyendo el potencial sobre PEMEX). Para el caso de esta medida se ha estimado que el potencial de instalación de equipos de cogeneración para Yucatán es de aproximadamente 54.22 MW para el total de la actividad.

Este tipo de tecnología es particularmente apropiada para sectores con una alta demanda de vapor y agua caliente. No obstante, sería necesario llevar a cabo una caracterización energética del sector industrial del Estado de Yucatán para delimitar exactamente en qué industrias podrían instalarse dispositivos de cogeneración.

Se recomienda el diseño de un sistema de herramientas de financiamiento que puedan ayudar a los interesados a asumir las inversiones asociadas a los cambios de los equipos, por ejemplo a través de sistemas de préstamos a bajo interés o de prima tarifaria eléctrica (para el caso de clientes que inyecten electricidad en la red).

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

El estudio sobre la evaluación del potencial nacional de cogeneración indica que aquellas empresas equipadas con estos sistemas disponen de una serie de importantes beneficios, entre los que son destacables:

Una mayor eficiencia y fiabilidad de la energía utilizada en sus procesos.

Reducción en los consumos energéticos de los equipos (lo que se traduce en una reducción de la factura energética).

Mejor calidad de la energía utilizada.

Incremento en la competitividad del sector por una reducción de los costes asociados a la producción.

De forma adicional, la reducción de los consumos energéticos sobre el sector, dispone de un beneficio de tipo ambiental asociado a la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de electricidad o quema de combustibles fósiles para la generación de energía.

En último lugar, otros de los beneficios derivados de esta estrategia derivan de que la instalación de proyectos en cogeneración permitirían posponer o sustituir capacidad adicional de generación del parque regional de generación, así como reducciones de costes en inversiones para ampliar redes de transmisión y subestaciones.

Posibles barreras

Aunque este tipo de medidas disponen de un retorno de inversión a tiempo corto (derivado del elevado potencial de ahorro energético), requieren de una importante inversión inicial que puede no ser percibida como deseable por los responsables empresariales ante la falta de conocimiento de los beneficios derivados de estrategias relacionadas con la eficiencia energética.

Estudios sobre el potencial de cogeneración en el país, indican un bajo grado de desarrollo de esta tecnología en México, particularmente asociado a una falta de infraestructura para la venta y distribución de este tipo de tecnología, unida a un desconocimiento generalizado del sector sobre los beneficios de estos equipos.

Por este motivo, es importante combinar la disponibilidad de sistemas de incentivo financiero con campañas para la sensibilización de los responsables para que perciban la viabilidad económica asociada a estas medidas.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	730,904	tCO₂e	Coste/ tCO₂	-	174.08	\$/tCO₂e
Beneficio anual	115,729,365.0	\$/año	Coste total	1,019,377,778	\$	
Pay-back	8.8	años	Beneficio total	2,083,128,570	\$	

2.C.1

Creación de un Consejo Consultivo Estatal Público-Privado

Línea de Acción C. Participación. Sector industrial y servicios

Objetivo
Fomentar el diálogo entre la administración pública y los representantes de las empresas privadas en materia de cuestiones energéticas y sustentabilidad.
Descripción de la medida
Una planificación energética eficiente, así como una correcta gestión de los recursos energéticos, requiere de la acción combinada tanto de las entidades de la administración pública (como organismo encargado del diseño del marco normativo de la energía), como del propio sector privado (conocedor de la realidad sectorial y subsectorial, así como de sus necesidades).
El objeto de esta medida consiste en la creación de un organismo consultivo compuesto por miembros del poder público, como de representantes del sector privado, con el fin de generar un espacio para la discusión y consulta en materia de temas energéticos, particularmente enfocados en intervenciones en eficiencia energética e integración de producción energética a través de renovables. En el desarrollo de esta entidad se contará con el apoyo de las diferentes cámaras (tanto de comercio, como turismo o industria) existentes a nivel regional.
Las funciones del Consejo Consultivo pasan por someter a evaluación propuestas generadas por el sector público en materia de energía sobre los sectores privados, discutir de forma conjunta nuevas medidas en materia de promoción de eficiencia energética y renovables (como el caso de programas de promoción, normas, regulaciones, incentivos financieros), organizar iniciativas conjuntas para la difusión de información, sensibilización y capacitación del sector, así como intercambiar información en relación al tema de energía y sustentabilidad.
El consejo debe componerse de un equipo de dirección, encargado de la gestión y coordinación de las actividades y calendario de las reuniones, así como de un grupo de equipos técnicos especializados por sector de interés.

Plazo de implementación
2014-2019
Impacto de la medida
La creación de una entidad como ésta es el de ofrecer un espacio común en el que la administración y el sector privado puedan dialogar sobre cuestiones en materia de energía, con el objetivo de lograr el diseño de un marco normativo y regulatorio que se ajuste a la realidad sectorial regional, con el que se asegure la eficiencia en la consecución de sus objetivos, así como la su aceptación por parte sector privado.
De igual forma, esta entidad ofrece al sector privado la posibilidad de actuar de forma proactiva en el diseño de regulación sobre el propio sector, lo que puede favorecer su adaptación a la misma, así como el diseño de un marco normativo que se adapte a las necesidades identificadas por el propio sector.
La existencia de este organismo puede actuar como un potente catalizador en el diseño de programas y estrategias que ayuden a la integración de la eficiencia energética y las renovables en los diferentes sectores de interés, asegurando una mayor tasa de éxito en su implementación, la comunicación a un mayor número de potenciales usuarios, así como un diseño enfocado a dar respuestas reales a la realidad del sector.
Posibles barreras
El éxito recae en el funcionamiento del Comité de Dirección como el de los equipos técnicos, que deben funcionar alejado de intereses particulares públicos o privados, asegurando unos criterios de trabajo basados en la objetividad y consecución de objetivos comunes en materia de mejorar la sostenibilidad y competitividad de los sectores.
De igual modo, las acciones llevadas a cabo por este organismo deben concretarse periódicamente en planes, estrategias o documentos que generen algún tipo de utilidad al sector o sub-sectores afectados, de modo que generen algún tipo de repercusión en relación a las mejoras antes citadas.
La estructura debe contar con recursos económicos y humanos suficientes que aseguren su continuidad y capacidad de trabajo de forma periódica, así como su funcionamiento en base a una serie de reglamentos y criterios, establecidos de mutuo acuerdo entre las diferentes partes formantes.

Emisiones evitadas en el período (T1)	-	tCO2e	Coste/ tCO₂	-	\$/tCO2e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	-	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

2.C.2

Campañas de información: Hacia la eficiencia energética

Línea de Acción C. Participación. Sector industrial y servicios

Objetivo
 Informar y sensibilizar al sector sobre los beneficios de la eficiencia energética, así como las opciones existentes para promocionar su integración en los procesos de ambos sectores (en combinación con estrategias en materia de energías renovables).

Descripción de la medida
 El éxito en la implementación de medidas de eficiencia energética en cualquier sector requiere de la capacitación de la población afectada por las mismas, a fin de asegurar, tanto la comprensión del objeto de las medidas, como de los beneficios derivados de las mismas. De forma adicional a intervenciones de carácter técnico o constructivo, un uso racional de la energía puede traducirse en ahorros energéticos para los consumidores.

Desde algunos organismos de la administración federal, como el caso de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, se han promovido algunas iniciativas de promoción en materia de eficiencia energética en el sector de la industria, como las guías para el ahorro de energía (para la industria del pan o la iluminación en la industria) o talleres en materia de eficiencia energética (tanto para el sector comercial como para el industrial). Cabe mencionar también la acción del FIDE, que tiene un programa específico en el ámbito. En el marco del sector industrial en el Estado de Yucatán, se propone el desarrollo de una campaña coordinada de información y sensibilización hacia los responsables de las empresas del sector en relación a prácticas en eficiencia energética. Algunas de las propuestas a incorporar comprenden las siguientes acciones:

Guías de buenas prácticas y uso eficiente de la energía orientadas a equipamientos diversos identificados como grandes consumidores de energía en el sector (como el caso de hoteles, hospitales y centros sanitarios, establecimientos comerciales y la propia administración pública), con información sobre la correcta utilización de las instalaciones y equipos, a fin de asegurar las prácticas que aseguren la eficiencia en el consumo de energía.

Organización de seminarios y talleres orientados hacia los trabajadores del sector, en los que se ofrezca formación en materia de eficiencia energética y que sirvan como espacio para la resolución de dudas por parte del sector.

Diseño de campañas de comunicación sobre los beneficios de la eficiencia energética, aprovechando los medios de comunicación regionales (radio y televisión), así como plataformas públicas (web del gobierno de Yucatán).

Creación de un buzón de atención al empresario, como herramienta para la resolución de dudas en relación temas relacionados con la eficiencia energética en el sector privado.

El desarrollo de estas acciones se plantea bajo un esquema de actuaciones anual con objetivos a corto-medio plazo.

Plazo de implementación

2014-2025

Impacto de la medida

La mejora de la eficiencia energética no solo pasa por la implementación de opciones de intervención técnicas o constructivas. Un uso racional y contenido de la energía puede conllevar importantes ahorros energéticos, que se traducen en beneficios tanto ambientales (por la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas), como económicos (por la reducción del gasto en la compra de energía).

La reducción en los costes energéticos del sector, tiene una implicación directa en la mejora de su competitividad, puesto que los beneficios pueden ser reinvertidos en mejoras sobre el propio sector.

Posibles barreras

El éxito de la medida depende fundamentalmente de dos factores:

Por un lado, la disponibilidad de recursos y personal humano capacitado para llevar a cabo tanto los eventos como el diseño de los materiales de comunicación seleccionados.

Por otro, la correcta planificación de la campaña de difusión, así como de las características del público objetivo. Es importante que las acciones se ejecuten con una cierta periodicidad con el objetivo de mantener un estímulo constante sobre el público objetivo. De igual modo, es importante que estas acciones se adapten a la realidad económica de los diferentes sub-sectores que componen la industria de la región, a fin de adaptar los objetivos a la situación existente y en consonancia con los objetivos perseguidos por las mismas.

Emisiones evitadas en el período (T1)		- tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	1,000,000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

1.3. Opciones de reducción en el sector comercio y servicios.

3.A.1

Caracterización energética de sector servicios

Línea A. Conocimiento. Sector servicios

Objetivo

Desarrollar un estudio para la caracterización energética del sector servicios que sirva como base para una correcta definición de políticas en materia de eficiencia energética y energías renovables.

Descripción de la medida

Para poder plantear una correcta política de implementación de medidas en relación a integración de renovables y eficiencia energética es necesario disponer de información en relación a los consumos energéticos a nivel de sector y fuente energética. Las fuentes de información disponibles en la actualidad, como el balance nacional de energía o las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), responden solo a una caracterización a nivel nacional de los consumos.

La heterogeneidad de las entidades que componen el sector comercial y servicios, junto con la falta de información sobre parámetros de tipo energético dificultan el planteamiento de medidas de ahorro energético o aprovechamiento de renovables para el sector.

El programa tiene como objetivo diseñar un protocolo para la recopilación de datos en relación a las entidades del sector terciario, basado en un paquete combinado de cuestionarios a enviar a los responsables de las entidades, así como la organización de visitas para disponer de información real sobre las características energéticas de las mismas.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

El objetivo es disponer de información sobre una muestra estadísticamente significativa que permita operar con los datos, estableciendo conclusiones generales sobre el sector, caracterizadas por sub-sector y fuente energética, así como modelizar resultados que permitan generar previsiones de consumo y demanda, caracterizados de la misma forma.

La disponibilidad de información en relación al comportamiento energético de las entidades del sector permite establecer objetivos cuantificables en materia de ahorro y producción renovables, así como aportar datos para realizar un análisis cuantitativo de la viabilidad económica de las opciones de intervención.

Esta información es necesaria para poder diseñar mecanismos eficientes en la integración de opciones de eficiencia energética y renovables, así como para disponer de una idea aproximada de los requerimientos en materia de recursos financieros y capital humano necesarios para poder llevar a cabo las diferentes iniciativas.

Posibles barreras

Una medida de este tipo representa un esfuerzo considerable en relación a personal, tiempo y recursos económicos por parte de la administración. De igual forma requiere de una participación proactiva de los representantes del sector y de una responsabilidad para con la iniciativa.

Se recomienda escalar los esfuerzos en cuanto a la recopilación de datos, es decir, plantear hitos en relación a sub-sectores y fuentes energéticas a considerar, de forma que los esfuerzos se distribuyan a lo largo del tiempo, evitando metas que puedan resultar de excesivo alcance y que puedan minar el desarrollo de la iniciativa.

Por otro lado es muy importante sensibilizar al sector, de forma que se sienta interesado a participar. Esto puede realizarse fomentando el interés voluntario, publicitando los potenciales beneficios de disponer de esta información a los participantes o mediante programas normativos de obligado cumplimiento que obliguen a las empresas a suministrar la información.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	500.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

3.A.2

Diagnóstico energético del sector servicios

Línea de Acción A. Conocimiento. Sector servicios

Objetivo
Ofrecer a los responsables de empresas y equipamientos del sector servicios de la posibilidad de someterse a procesos de auditoría energética voluntaria para evaluar su perfil energético.
Descripción de la medida
El objetivo de esta medida consiste en ofrecer a las empresas y entidades del sector servicios la posibilidad de ser sometidos a procesos de diagnóstico energético con el objetivo de disponer de un diagnóstico sobre sus consumos energéticos y evaluar la eficiencia en la utilización de esta energía.
El desarrollo de esta medida requiere de la formación de un equipo técnico a nivel del gobierno de Yucatán, encargado de realizar las visitas en los diferentes establecimientos que se adhieran a esta iniciativa. Como resultado de estas visitas, se generarán una serie de informes con información clara y detallada sobre aquellos elementos y procesos sobre los que se identifican consumos excesivos de energía. Igualmente se propondrán posibles soluciones para la mejora de su comportamiento energético.
Se propone que estas soluciones se articulen en un documento guía en el que, además de las posibles medidas, se realicen cálculos sobre los ahorros energéticos y económicos asociados a las potenciales intervenciones, así como información sobre las posibles fuentes de financiación disponibles para la ejecución de las mismas, considerando que no puedan ser asumidas por la entidad.
De forma adicional, esta iniciativa puede funcionar como grupo de capacitación, en materia de eficiencia energética, para los responsables de aquellas entidades evaluadas, con el objetivo de capacitar de forma interna a las empresas para disponer de mayor autonomía en la gestión interna de la energía.

Plazo de implementación
2014-2019
Impacto de la medida
El beneficio de esta iniciativa es doble puesto que:
Por un lado, permite evaluar el comportamiento energético del sector y proponer medidas que mejoren su rendimiento energético, lo que genera un doble beneficio ambiental (por la reducción de emisiones generadas por el consumo de combustibles y/o electricidad) y económica (al reducir los costes asociados a la compra de energía).
Por otro, capacitando al sector para que sea capaz de generar el mismo tipo de análisis y plantear, en la medida de lo posible, soluciones que reviertan en un mejor comportamiento energético de la empresa.
De forma adicional, a escala sectorial, es importante señalar que toda intervención dirigida a mejorar la eficiencia energética del mismo tiene un efecto directo sobre la mejora en su competitividad, lo que incrementa los beneficios del sector y las posibles inversiones en mejoras sobre el mismo, así como incremento en la actividad, lo que puede influir en el aumento de la contratación de empleo.
Posibles barreras
La eficiencia de la medida depende en gran medida de la disponibilidad de recursos financieros y un equipo técnico capacitado que pueda dar cobertura al mayor número de empresas y entidades posible. De igual forma, es importante dar publicidad a la iniciativa entre los responsables del sector, con un especial enfoque a que es una herramienta voluntaria y diseñada para la mejora de las condiciones del sector. Debe evitarse la percepción de que es un organismo de control y evaluación, lo que puede ahuyentar a las empresas que crean no cumplir con mínimos estándares en sus actividades.

Emisiones evitadas en el período (T1)	- tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	- \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	- \$/año	Coste total por diagnóstico	33.500 \$
Pay-back	- años	Beneficio total	- \$

3.A.3

Integración de normas en eficiencia energética

Línea A. Conocimiento. Sector servicios

Objetivo
Asegurar el cumplimiento de las normas en materia de estándares en eficiencia energética existente (en edificaciones, equipos eléctricos y producción de energía térmica), así como la adopción de nuevas normas en este área.
Descripción de la medida
Desde la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y de forma regular, se realizan propuestas de normas en materia de eficiencia energética, orientadas a los diferentes sectores económicos nacionales. Estas normas sirven como guías en las que aparecen requerimientos mínimos a nivel tecnológico o constructivo, así como a nivel de condiciones de operación y mantenimiento, para mejorar el uso de la energía en estos sectores.
Actualmente, desde la administración nacional, existe un programa de verificación para el cumplimiento de ciertas normas en relación al alumbrado en edificios no residenciales, vialidades y áreas públicas exteriores, así como en la envolvente de edificios no residenciales. En muchos casos la falta de capacidad política a nivel regional o municipal puede dificultar el cumplimiento de esta norma. El objetivo de esta medida es diseñar un programa regional encargado de velar por el cumplimiento de las normas en materia de eficiencia energética que afecten de forma directa al sector servicios, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de aquellas normas obligadas a nivel nacional así como otras normas adicionales seleccionadas por el propio gobierno de Yucatán.
El marco de este programa comprenderá el establecimiento de un protocolo anual para la verificación de edificios e instalaciones, así como la definición de un comité técnico de verificación encargado de la revisión técnica. Este comité será el encargado de valorar el cumplimiento de los requisitos establecidos por las normas, emitir informes de valoración y proponer soluciones a las desviaciones que se presente en los diferentes casos analizados.
La base normativa sobre las que se desarrollarán estas revisiones se centrará inicialmente en el paquete de normas de eficiencia energética definidas por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía aunque se recomienda la adopción de nuevas normas por el propio comité, generadas por el propio comité técnico o derivadas de la adopción de estándares internacionales en materia de eficiencia.

Plazo de implementación
2014-2030
Impacto de la medida
El cumplimiento de los requerimientos planteados en materia de eficiencia energética, contribuyen a generar ahorros energéticos en los diferentes equipamientos considerados, lo que aporta, además de un beneficio ambiental (derivado de la reducción de emisiones), un beneficio económico que repercute en la competitividad del sector.
De forma adicional, las medidas referidas a mejoras constructivas y tecnológicas repercuten de forma directa sobre la calidad de las instalaciones y servicios de los mismos, influyendo de forma positiva sobre el ambiente de los trabajadores o de los clientes.
Los ahorros energéticos a nivel sectorial influyen directamente en la reducción de la demanda energética del sector, mejorando su intensidad energética (pesos producidos/energía consumida) lo que influye positivamente en la competitividad del sector.
Posibles barreras
La eficiencia de la medida requiere del establecimiento de un protocolo regular de verificación y evaluación de establecimientos, así como la disponibilidad de recursos humanos capacitados, así como fondos que permitan trabajar en este tipo de campañas.
De forma paralela, es necesario que una iniciativa de estas características se desarrolle de forma conjunta con campañas de sensibilización al sector en materia de uso racional de la energía y estrategias de eficiencia energética, para que el sector se interese por estas opciones y conozca los beneficios derivados, lo que promocióne tanto la puesta en práctica de estas medidas, facilitando la incorporación de este tipo de medidas, reduciendo la necesidad de instrumentos coercitivos que casiguen la ineficiencia energética.

Emisiones evitadas en el período (T1)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

3.B.1

Sustitución de luminarias en la empresa mediana

Línea de Acción B. Acción. Sector servicios

Objetivo
El objetivo de esta medida es la sustitución de luminarias convencionales por equipos eficientes en el 45% de empresas (tamaño medio y grande) del sector servicios para 2020.
Descripción de la medida
Estudios realizados sobre los consumos energéticos en el sector empresarial mexicano, muestran que la iluminación es una de las principales fuentes de consumo de energía eléctrica a nivel empresarial (tercer elemento de consumo en el sector de mediana empresa e industria, primero en el sector comercios y primero en el sector de oficinas).
El potencial de ahorro en materia de iluminación en este sector se ha estimado en un 30%. Muchas de las empresas cuentan con sistemas de iluminación ineficientes, comparados con los actuales estándares, como focos incandescentes, lámparas fluorescentes en bulbo tipo T12, lámparas de mercurio y de aditivos metálicos. Estos sistemas podría ser sustituidos con sistemas más eficientes como lámparas T8 y T5, equipadas con balastos electrónicos y LED.
El objetivo de esta medida es diseñar un programa que promueva la sustitución de este tipo de luminarias en el sector empresarial de Yucatán, a través del uso de dos líneas de trabajo:
Por un lado, a través de una campaña de comunicación y difusión de información relacionada con los beneficios derivados de este tipo de acciones en materia de eficiencia energética a los responsables de las empresas.
Por otro, diseñando mecanismos de soporte económico para ayudar a los empresarios en la adquisición de nuevos equipos más eficientes. En este punto, es importante señalar que las inversiones en eficiencia energética sobre equipos de iluminación dispone generalmente de períodos de retorno económico cortos por lo que, en estos casos, se propone la promoción de incentivos económicos con retorno para la administración (como el caso de préstamo sin interés o a muy bajo interés).

Plazo de implementación	
2014-2020	
Impacto de la medida	
La iluminación representa el principal foco de ahorro energético identificado sobre el sector empresarial, con valores de hasta un 30% de reducción en los consumos energéticos (según datos procedentes de estudios del análisis del potencial de medidas de ahorro energético en el sector de pequeña y mediana empresa en México). Considerando que los consumos para iluminación se encuentran entre las tres principales fuentes de consumo, es un elemento a considerar entre las prioridades al integrar soluciones de eficiencia energética en este sector.	
La sustitución de equipos de luminarias y ahorros energéticos asociados, se traducen en beneficios tanto ambientales (derivados de la reducción de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de energía eléctrica para consumo), económicas (asociadas a los pagos por la electricidad consumida por la iluminación) y laborales (puesto que los equipos generan mejoras en las condiciones de iluminación en los puestos de trabajo, lo que incrementa la calidad de las condiciones laborales).	
Para el caso del sector empresarial son particularmente importantes los beneficios relacionados con el ahorro económico puesto que generan una mejora directa de la competitividad de la empresa, incrementando sus beneficios y sus posibilidades de crecimiento económico y expansión. A nivel de todo el sector terciario, este tipo de acciones tienen un efecto directo sobre la mejora de la competitividad del sector, lo que revierte en una mejora de la economía regional.	
Posibles barreras	
Aunque este tipo de medidas disponen de un retorno de inversión a tiempo muy corto (derivado del elevado potencial de ahorro energético), requieren de una importante inversión inicial que puede no ser percibida como deseable por los responsables empresariales ante la falta de conocimiento de los beneficios derivados de estrategias relacionadas con la eficiencia energética.	
Por este motivo, es importante combinar la disponibilidad de sistemas de incentivo financiero con campañas para la sensibilización de los responsables para que perciban la viabilidad económica asociada a estas medidas.	
Es importante señalar que este tipo de programas responden a un típico proyecto de tipo programático, capaz de generar beneficios derivados de la venta de créditos de carbono, a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), por lo que también podría ser susceptible de ser considerado en el marco de futuros NAMAs.	

Emisiones evitadas en el período (T1)	17.253 tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	- 1.464,56 \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	4.626.440,0 \$/año	Coste total	21.840.000 \$
Pay-back	4,7 años	Beneficio total	83.275.920 \$

3.B.2

Mejora del alumbrado público

Línea de Acción B. Acción. Sector servicios

Objetivo
Asegurar un uso eficiente del alumbrado público mediante la sustitución de lámparas convencionales por lámparas más eficientes (como las de vapor de sodio a alta presión) en el 25% de las luminarias del estado de Yucatán, para 2020.
Descripción de la medida
A nivel nacional, desde la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, se ha aprobó un "Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público Municipal" para el período 2007-2012, como de las herramientas importantes de eficiencia energética en el sector municipal, consonancia con los objetivos del "Programa Nacional de Aprovechamiento Sustentable de la Energía".
El objetivo de esta medida es el de implementar un programa regional con los mismos objetivos, enfocado a complementar los esfuerzos llevados a cabo por la administración nacional y capacitar a la administración regional para coordinar esfuerzos en en materia de sustitución del alumbrado público en las municipalidades de la región de Yucatán.
Los objetivos de esta planificación deben centrarse en:
Caracterización del parque de iluminación a nivel municipal para el conjunto de municipalidades del Estado de Yucatán.
Evaluar el potencial de ahorro asociado al sector de iluminación municipal.
Plantear medidas para la sustitución de sistemas de alumbrado público a sistemas más eficientes en aquellos casos que presenten mayores potenciales de ahorro.
Proporcionar recomendaciones técnicas e información financiera para evaluar la viabilidad de proyectos.
Suministrar mecanismos de financiación e inversión para la ejecución de los proyectos.
Para el cálculo de los objetivos en materia de reducción de los consumos energéticos del alumbrado público, se ha tenido en cuenta la información disponible en relación a valores de 2007.

Plazo de implementación
2014-2020
Impacto de la medida
La iluminación representa uno de los principales focos de consumo de energía eléctrica a nivel nacional (18% del total nacional según datos del propio proyecto nacional). La sustitución de los equipos de iluminación pública dispone de un enorme potencial de ahorro energético, lo que se traduce en beneficios ambientales (derivados de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción eléctrica), económicos (asociados al ahorro en los pagos por la electricidad consumida por iluminación) y sociales (puesto que una mejora en las condiciones de iluminación pública puede favorecer una mejora en las condiciones de seguridad de los habitantes y peatones).
Posibles barreras
La sustitución de los equipos requiere de una inversión inicial, por lo que el desarrollo de esta medida depende de la disponibilidad de recursos a nivel de administración que permitan la adquisición de equipos. En este punto es importante destacar el hecho de que a nivel nacional o regional no se disponen de instrumentos de incentivo fiscal o económico para la ejecución de este tipo de programas.
Por otro lado, en la actualidad se ha identificado una falta de capacidad institucional para lograr el éxito de iniciativas en materia de eficiencia energética, puesto que las entidades promotoras de este tipo de programas como el Consejo Nacional para el uso eficiente de la energía (CONUEE) se encuentra limitados a ser un ente regulador, pero no promotor de medidas integrales en este campo.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	133.677	tCO ₂ e	Coste/ tCO₂	-	447,43	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	40.440.831,9	\$/año	Coste total	335.291.587	\$	
Pay-back	8,3	años	Beneficio total	727.934.974	\$	

3.B.3

Sustitución de equipos de aire acondicionado en empresa mediana

Línea de Acción B. Acción. Sector servicios

Objetivo
El objetivo de esta medida es el diseño de un programa de herramientas de promoción para la sustitución de equipos de aire acondicionado en el sector empresarial de Yucatán, considerando la sustitución del 45% de los equipos para 2020.

Descripción de la medida
Estudios realizados sobre el sector empresarial mexicano muestran que la refrigeración representa uno de los grandes focos de consumo eléctrico en este sector. El potencial de ahorro en relación a la sustitución de equipos de aire acondicionado se encuentra en un 20%, puesto que los equipos disponibles en la actualidad por las empresas disponen de elevados consumos energéticos (en comparación con equipos estándar de mayor eficiencia) al no existir un marco normativo que defina requerimientos elevados de eficiencia en estos aparatos.

El objetivo de esta medida es diseñar un programa que promueva la sustitución del parque de equipos de refrigeración en el sector empresarial de Yucatán, a través de la implementación de dos líneas de trabajo:

Campana de comunicación y difusión de información relacionada con los beneficios derivados de este tipo de acciones en materia de eficiencia energética a los responsables de las empresas.

Mecanismos de soporte económico para ayudar a los empresarios en la adquisición de nuevos equipos más eficientes. En este punto, es importante señalar que las inversiones en eficiencia energética sobre refrigeración en el sector empresarial suelen disponer de períodos de retorno económico cortos por lo que, en estos casos, se propone la promoción de incentivos económicos con retorno a la administración (como préstamos sin interés a muy bajo interés).

Plazo de implementación
2014-2020

Impacto de la medida
La sustitución por equipos de refrigeración de elevada eficiencia, se traduce en beneficios tanto a nivel ambiental (derivados de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de energía eléctrica para consumo), económicas (asociadas al ahorro en los pagos de la factura eléctrica de los consumos de los equipos) y laborales (puesto que los equipos generan mejoras en las condiciones de confort de los puestos de trabajo, lo que incrementa la calidad de las condiciones de trabajo).

Para el caso del sector empresarial son particularmente importantes los beneficios relacionados con el ahorro económico puesto que generan una mejora directa de la competitividad de la empresa, incrementando sus beneficios y sus posibilidades de crecimiento económico y expansión. A nivel de todo el sector terciario, este tipo de acciones tienen un efecto directo sobre la mejora de la competitividad del sector, lo que revierte en una mejora de la economía regional.

Posibles barreras
Aunque este tipo de medidas disponen de un retorno de inversión a tiempo muy corto (derivado del elevado potencial de ahorro energético), requieren de una importante inversión inicial que puede no ser percibida como deseable por los responsables empresariales ante la falta de conocimiento de los beneficios derivados de estrategias relacionadas con la eficiencia energética.

Por este motivo, es importante combinar la disponibilidad de sistemas de incentivo financiero con campañas para la sensibilización de los responsables para que perciban la viabilidad económica asociada a estas medidas.

Es importante señalar que este tipo de programas responden a un típico proyecto de tipo programático, capaz de generar beneficios derivados de la venta de créditos de carbono, a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), por lo que también podría ser susceptible de ser considerado en el marco de futuros NAMAs.

Emisiones evitadas en el período (T1)	108.626 tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	- 1.523,53 \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	29.456.266,7 \$/año	Coste total	78.000.000 \$
Pay-back	2,6 años	Beneficio total	530.212.800 \$

3.B.4

Integración de colectores solares en el sector servicios

Línea de Acción B. Acción. Sector servicios

Objetivo
Reducir el consumo de gases licuados del petróleo (GLP) a través de la sustitución de equipos convencionales para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) por calentadores solares de agua en el sector hotelero y de sanidad en el Estado de Yucatán (considerando el 45% del parque de los hospitales y hoteles de tres a cinco estrellas), para 2020.

Descripción de la medida
A nivel nacional, México dispone de un elevado potencial de radiación solar (5kWh/m2) que permite un aprovechamiento de esta energía, tanto para la generación de energía térmica como de energía solar.

Desde la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), se han puesto en funcionamiento iniciativas para el aprovechamiento de la energía solar para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) a nivel de todos los sectores del país, durante el período 2007-2012,

El objetivo de esta medida es el de coordinar el diseño de un plan regional (a nivel de Yucatán) para la promoción de calentadores solares en el sector comercial y servicios, para la sustitución de equipos convencionales de generación de ACS alimentados con combustibles fósiles (mayoritariamente GLP).

El programa debe trabajar enfocándose en las siguientes líneas de trabajo:

Diseño de mecanismos de apoyo financiero para la adquisición de este tipo de equipos en el sector.

Asistencia en materia de asesoría técnica y legal en relación a los beneficios de este tipo de tecnología, así como en los procesos de instalación, operación y mantenimiento de los equipos. Esta parte debería realizarse con el apoyo de empresas locales instaladoras con las cuales el gobierno establezca acuerdos de colaboración. De esta forma que en el momento de realizar las peticiones de apoyo económico, los usuarios puedan disponer de un registro de instaladores (certificados por el gobierno) a los que acudir para ocuparse de todo el proceso de instalación de los equipos.

En el cálculo del potencial de reducción de emisiones y estimación del coste-beneficio, se ha realizado considerando la implementación de estos equipos en equipamientos del sector hospitalario y hotelero, puesto que son los únicos en los que se dispone de información para realizar aproximaciones metodológicas que permitan obtener resultados.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

La implementación de energías renovables para la producción de ACS, permite la sustitución de gran parte de los consumos de GLP requeridos por las calderas convencionales para la generación de calor.

La utilización de una fuente renovable genera una reducción de las emisiones derivadas de la combustión de fósiles (GLP) para la producción de energía térmica, por lo que genera importantes beneficios a nivel ambiental.

La inversión en los nuevos equipos queda amortizada en un corto período, al quedar compensada esta inversión inicial por la reducción en el gasto de compra de GLP para la alimentación de la caldera. Estos ahorros económicos favorecen una mejora de la competitividad del sector, puesto que generan ingresos adicionales que pueden ser reinvertidos en el sector.

Posibles barreras

A pesar del elevado potencial para el aprovechamiento de la energía solar a nivel nacional, este tipo de tecnología se encuentra afectada por una serie de barreras, principalmente relacionadas con: elevado coste de los equipos, limitado acceso a mecanismos de financiación para la adquisición de equipos, falta de conocimiento y desconfianza por parte de los potenciales usuarios en relación a la tecnología y limitada disponibilidad de personal técnico capacitado para la instalación y mantenimiento de estos equipos.

Es importante señalar que este tipo de programas responden a un típico proyecto de tipo programático, capaz de generar beneficios derivados de la venta de créditos de carbono, a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), por lo que también podría ser susceptible de ser considerado en el marco de futuros NAMAs.

Emisiones evitadas en el período (T1)	2.573 tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	146,78	\$/tCO ₂ e
---------------------------------------	--------------------------	-------------------------	---	--------	-----------------------

Beneficio anual	1.151.269,4 \$/año	Coste total	11.430.995	\$
Pay-back	9,9 años	Beneficio total	20.722.849	\$

3.C.1

Creación de un Consejo Consultivo Estatal Público-Privado

Programa - Sector servicios

Objetivo
El objetivo de esta medida consiste en la creación de un organismo público privado que fomente el diálogo entre la administración pública y los representantes de las empresas privadas en materia de cuestiones energéticas y sostenibilidad.
Descripción de la medida
Una planificación energética eficiente, así como una correcta gestión de los recursos energéticos requiere de la acción combinada tanto de las entidades de la administración pública (como organismo encargado del diseño del marco normativo de la energía) como del propio sector privado (conocedor de la realidad sectorial y subsectorial, así como de sus necesidades).
El objeto de esta medida consiste en la creación de un organismo consultivo compuesto por miembros del poder público, como de representantes del sector privado, con el fin de generar un espacio para la discusión y consulta en materia de temas energéticos, particularmente enfocados en intervenciones en eficiencia energética e integración de producción energética a través de renovables.
Las funciones del Consejo Consultivo pasan por someter a evaluación propuestas generadas por el sector público en materia de energía sobre los sectores privados, discutir de forma conjunta nuevas medidas en materia de promoción de eficiencia energética y renovables (como el caso de programas de promoción, normas, regulaciones, incentivos financieros), organizar iniciativas conjuntas para la difusión de información, sensibilización y capacitación del sector, así como intercambiar información en relación al tema de energía y sostenibilidad.
El comité debe componerse de un consejo de dirección, encargado de la gestión y coordinación de las actividades y calendario de las reuniones, así como de un grupo de equipos técnicos especializados por sector de interés.

Plazo de implementación
2014-2019
Impacto de la medida
La creación de una entidad como esta es el de ofrecer un espacio común en el que la administración y el sector privado puedan dialogar sobre cuestiones comunes en materia de energía, con el objetivo de facilitar al sector público el diseño de un marco normativo y regulatorio que se ajuste a la realidad sectorial regional con el que se asegure la eficiencia en la consecución de sus objetivos, así como la su aceptación por parte sector privado.
De igual forma, esta entidad ofrece al sector privado la posibilidad de actuar de forma proactiva en el diseño de regulación sobre el propio sector, lo que puede favorecer su adaptación a la misma, así como favorecer el diseño de un marco normativo que se adapte a las necesidades identificadas por el propio sector.
La existencia de este organismo puede actuar como un potente catalizador en el diseño de programas y estrategias que ayuden a la integración de la eficiencia energética y las renovables en los diferentes sectores de interés, asegurando una mayor tasa de éxito en su implementación, la comunicación a un mayor número de potenciales usuarios, así como un diseño enfocado a dar respuestas reales a la realidad del sector.
Posibles barreras
El éxito en el desarrollo de una medida de este tipo se fundamenta en diseñar un organismo que actúe de forma objetiva y concrete sus acciones y recomendaciones en acciones concretas que tengan algún tipo de repercusión sobre los sectores.
Esto quiere decir que tanto el funcionamiento del Comité de Dirección como el de los equipos técnicos debe funcionar alejado de intereses particulares públicos o privados, asegurando unos criterios de trabajo basados en la objetividad y consecución de objetivos comunes en materia de mejorar la sostenibilidad y competitividad de los sectores.
De igual modo, las acciones llevadas a cabo por este organismo deben concretarse periódicamente en planes, estrategias o documentos que generen algún tipo de utilidad al sector o sub-sectores afectados, de modo que generen algún tipo de repercusión en relación a las mejoras antes citadas.
La estructura debe contar con recursos económicos y humanos suficientes que aseguren su continuidad y capacidad de trabajo de forma periódica, así como su funcionamiento en base a una serie de reglamentos y criterios, establecidos de mutuo acuerdo entre las diferentes partes formantes.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	-	tCO2e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO2e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

3.C.2

Campañas de información: Por un uso sustentable de la energía

Línea de Acción C. Participación. Sector servicios

Objetivo
Generar un conjunto de instrumentos y herramientas para la comunicación y difusión de información que ayuden a sensibilizar al sector sobre los beneficios de la eficiencia energética.
Descripción de la medida
<p>El éxito en la implementación de medidas de eficiencia energética en cualquier sector requiere de la alfabetización de la población afectada por estas medidas, a fin de asegurar, tanto la comprensión del objeto de las medidas, como de los beneficios derivados de las mismas. De forma adicional a intervenciones de carácter técnico o constructivo, un uso racional de la energía puede traducirse en ahorros energéticos para los consumidores.</p> <p>Desde algunos organismos de la administración central, como el caso de la Comisión Nacional de Fomento de la Vivienda (CONAVIT) se han diseñado guías públicas para el uso eficiente de la energía en la vivienda, a fin de informar a los usuarios sobre las oportunidades de ahorro de energía en el sector residencial. De igual modo, iniciativas internacionales de probado éxito, como el "Pacto Europeo de Alcaldes" promueve la celebración de eventos como el "Día de la Energía" para concienciar a la población en general sobre los beneficios de un uso sostenible de la energía.</p> <p>En el marco del sector servicios de la región de Yucatán, se propone el desarrollo de una campaña de información y sensibilización del sector en materia de eficiencia energética. Algunas de las propuestas a incorporar dentro de esta campaña comprenden:</p> <p><u>Guías de buenas prácticas y uso eficiente de la energía</u> orientadas a equipamientos diversos identificados como grandes consumidores de energía en el sector (como el caso de hoteles, hospitales y centros sanitarios, establecimientos comerciales y la propia administración pública), con información sobre la correcta utilización de las instalaciones y equipos, a fin de asegurar las prácticas que aseguren la eficiencia en el consumo de energía.</p> <p><u>Organización de seminarios y talleres orientados hacia los trabajadores del sector</u>, en los que se ofrezca formación en materia de eficiencia energética y que sirvan como espacio para la resolución de dudas por parte del sector.</p> <p><u>Diseño de campañas de comunicación</u> sobre los beneficios de la eficiencia energética, aprovechando los medios de comunicación regionales (radio y televisión), así como plataformas públicas (web del gobierno de Yucatán).</p> <p><u>Creación de un buzón de atención al empresario</u>, como herramienta para la resolución de dudas en relación temas relacionados con la eficiencia energética en el sector privado.</p>

Plazo de implementación
2014-2025
Impacto de la medida
<p>La capacitación del sector conlleva suministrarles conocimiento para poder utilizar la energía de forma más racional y sustentable, lo que se traduce en ahorros energéticos efectivos que conllevan, además de los beneficios ambientales asociados (por la reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero), ahorros monetarios derivados de la reducción en el gasto por la compra de energía.</p> <p>La reducción en los costes energéticos del sector, tiene una implicación directa en la mejora de su competitividad, puesto que los beneficios pueden ser reinvertidos en mejoras sobre el propio sector.</p> <p>De forma adicional, es importante señalar que las medidas en materia de eficiencia energética orientadas a un correcto uso por parte de los usuarios de equipos e instalaciones, son fácilmente adaptables a otros sectores, por lo que existe el potencial efecto multiplicador derivado de que los usuarios practiquen los mismos hábitos en su lugar de residencia u otros lugares, lo que puede influir de forma positiva en el comportamiento energético de otros sectores.</p>
Posibles barreras
<p>El éxito de la medida depende fundamentalmente de dos factores:</p> <p>Por un lado, la disponibilidad de recursos y personal humano capacitado para llevar a cabo tanto los eventos como el diseño de los materiales de comunicación seleccionados.</p> <p>Por otro, la correcta planificación de la campaña de difusión así como de las características del público objetivo. Es importante que las acciones se realicen con una cierta periodicidad con el objetivo de mantener un estímulo constante sobre la población, así como ganar nueva población en cada convocatoria. Por otro lado, es importante considerar las características del público objetivo al que se está enviando la información, a fin de asegurar la transmisión de mensajes claros, adaptados a la realidad social existente y en consonancia con los objetivos perseguidos.</p>

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO₂	\$/tCO₂e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	1.000.000 \$
Pay-back	-	años	Beneficio total	- \$

1.4. Opciones de reducción en el sector residencial.

4.A.1

Caracterización energética del sector residencial

Línea de Acción A. Conocimiento. Sector residencial

Objetivo

Desarrollar un estudio en relación a la caracterización energética del sector residencial que sirva como base para una correcta definición de políticas en materia de eficiencia energética y renovables.

Descripción de la medida

La implementación de una correcta política en relación a promoción de la eficiencia energética y energías renovables, necesita de disponer de información en detalle sobre los consumos energéticos por tipología de uso y fuente energética. Fuentes de información disponibles a día de hoy, como los datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) no ofrecen datos de caracterización energética a nivel regional.

La diversidad de usos energéticos que se dan en el sector residencial, así como de las características del parque de viviendas de Yucatán y falta de registros sobre parámetros de tipo energético dificultan el disponer de información de base que permita establecer medidas de ahorro energético o aprovechamiento de energías renovables.

Este programa tiene como objetivo diseñar un protocolo para la recopilación de información en relación al parque de viviendas del sector residencial, basado en un paquete combinado de cuestionarios para los usuarios, entrevistas con asociaciones u organizaciones que puedan aportar información al respecto, así como visitas in situ para recolectar información de campo.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

El objetivo es disponer de información sobre una muestra estadísticamente significativa que permita operar con los datos, estableciendo conclusiones generales sobre el sector, caracterizadas por elementos como tipo de uso, fuente energética, tipo de vivienda, así como modelizar resultados que permitan generar previsiones de consumo y demanda, caracterizados de la misma forma.

La disponibilidad de información en relación al comportamiento energético de las entidades del sector permite establecer objetivos cuantificables en materia de ahorro y producción renovables, así como aportar datos para realizar un análisis cuantitativo de la viabilidad económica de las opciones de intervención.

Esta información es necesaria para poder diseñar mecanismos eficientes en la integración de opciones de eficiencia energética y renovables, así como para disponer de una idea aproximada de los requerimientos en materia de recursos financieros y capital humano necesarios para poder llevar a cabo las diferentes iniciativas.

Posibles barreras

Una medida de este tipo conlleva un esfuerzo considerable en relación a recursos humanos, económicos y tiempo, por parte de la administración. De igual forma, requiere de una participación proactiva de los usuarios de los hogares, así como de una responsabilidad por su parte para con la iniciativa.

Se recomienda escalar los esfuerzos en cuanto a la recopilación de datos, es decir, plantear hitos en relación a sub-sectores y fuentes energéticas a considerar, de forma que los esfuerzos se distribuyan a lo largo del tiempo, evitando metas que puedan resultar de excesivo alcance y que puedan minar el desarrollo de la iniciativa.

Por otro lado es muy importante sensibilizar al sector, de forma que se sienta interesado a participar. Esto puede realizarse fomentando el interés voluntario, publicitando los potenciales beneficios de disponer de esta información a los participantes o mediante programas normativos de obligado cumplimiento que obliguen a las empresas a suministrar la información. Se recomienda aprovechar el marco de programas nacionales o regionales en materia de eficiencia energética sobre el sector (como el programa Luz Sustentable o el de sustitución de electrodomésticos) como puntos para captación de participantes y recopilación de información.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	- tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	- \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	- \$/año	Coste total	500.000 \$
Pay-back	- años	Beneficio total	- \$

4.A.2

Diagnóstico energético del sector residencial

Línea de Acción A. Conocimiento. Sector residencial

<p>Objetivo</p> <p>El objetivo de esta medida es el de plantear un programa para la realización voluntaria de auditorías energéticas en el sector doméstico para sensibilizar a los usuarios de los consumos energéticos asociados a la vivienda.</p>
<p>Descripción de la medida</p> <p>La medida comprende el diseño de una campaña de diagnósticos energéticos de realización voluntaria entre las viviendas del parque residencial.</p> <p>El programa se compone de tres partes:</p> <p>Una primera, que comprende una visita a la vivienda y recopilación de datos en relación a los puntos de iluminación y consumos energéticos asociados a los equipos eléctricos, además de realización de fotografías a los elementos más importantes o relevantes en el consumo energético de la vivienda.</p> <p>Una segunda, que consta de la elaboración de un informe personalizado con información sobre el perfil energético de la vivienda analizada. Este informe contiene información sobre la fase de recopilación de datos/ cálculo de los costes energéticos asociados a los principales consumos energéticos de la vivienda/ comparativa de costes en función de diferentes tipos de utilización/recomendaciones y consejos para la mejora de los consumos energéticos para cada elemento de consumo y un análisis del ahorro económico en caso de llevar a cabo las recomendaciones propuestas.</p> <p>La fase final comprende el establecimiento de una fase de seguimiento y monitoreo, en la que se organiza un contacto periódico con los usuarios de las viviendas, para analizar de nuevo su factura de consumo energético y comprobar la efectividad en la implantación de medidas de eficiencia energética.</p> <p>Por el carácter particular de las intervenciones, se recomienda que este programa sea coordinado desde el gobierno de Yucatán, a través de las entidades administrativas municipales, más próximas a los usuarios del sector residencial.</p>

<p>Plazo de implementación</p> <p>2014-2030</p>
<p>Impacto de la medida</p> <p>La eficiencia energética, no solo pasa por la ejecución de medidas de tipo constructivo o técnico. Un uso racional y contenido de la energía a través de una utilización sostenible de los equipos eléctricos y de iluminación, puede contribuir a generar ahorros energéticos en la vivienda. Este tipo de medidas, de tipo comportamental, son fácilmente integrables en las actividades del sector puesto que no tienen porque llevar ningún tipo de gasto o inversión asociado.</p> <p>La información sobre consumos energéticos, así como las recomendaciones para mejorar el uso de los equipos, es muy importante como elemento para la sensibilización de la población a cuestiones sobre la energía y el medio ambiente. La generación de una masa crítica mínima de población sensibilizada en estos temas puede servir como elemento complementario en la difusión y comunicación en materia de eficiencia energética sobre el sector, capaz de ayudar de forma complementaria a los esfuerzos de la administración centrados en campañas de información sobre este tema en el sector.</p>
<p>Posibles barreras</p> <p>Las principales barreras se centran diseñar procesos que fomenten el interés entre la población de Yucatán, que se adapten al lenguaje y realidad social de los colectivos seleccionados, considerando que la falta de información sobre el tema puede representar una barrera a la hora de llevar a cabo este tipo de iniciativas. Es importante centrarse en los beneficios económicos derivados de este tipo de acciones y evitar cualquier coste asociado a la ejecución de las mismas.</p> <p>En relación a este último punto, es necesario que desde las administraciones se dediquen recursos económicos y humanos suficientes para conseguir la difusión de esta iniciativa entre un sector amplio de la población.</p>

Emisiones evitadas en el período (T1)	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total por diagnóstico	13.500	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

4.B.1

Programa "Luz Verde"

Línea de Acción B. Acción. Sector residencial

Objetivo

Sustituir el 44% de los focos de iluminación incandescentes en relación al parque de viviendas con consumo eléctrico (tomando como base los datos del censo de 2010) para el año 2020.

Descripción de la medida

La medida comprende el diseño de un programa regional para promocionar la sustitución de luminarias en el sector residencial, en consonancia con los objetivos del programa nacional "Luz Sustentable", desarrollado por el gobierno nacional. El objeto de este programa será el de aportar recursos adicionales que aceleren la tasa de sustitución de los equipos en las viviendas, así como coordinar las acciones y recursos económicos desde el propio gobierno de Yucatán.

El diseño del funcionamiento del programa se encuentra basado en las mismas acciones que el programa nacional, estableciendo una serie de puntos en los que los usuarios consumidores de electricidad pueden acudir a canjear sus bombillas convencionales por lámparas compactas fluorescentes (hasta un máximo de 8 unidades) presentando la factura última factura eléctrica de su domicilio.

Para el desarrollo de esta medida se asume una tasa de sustitución de ocho focos por vivienda, considerando un total de 44% de los focos del parque de viviendas censado por el INEGI para Yucatán, en el período 2014-2020, suponiendo una tasa anual de sustitución de bombillas. Se asume que la inversión en bombillas se realiza hasta 2020.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

La sustitución de los equipos de iluminación por otros de alta eficiencia, genera una serie de ahorros energéticos en las viviendas sujetas al programa, lo que se traduce en:

Beneficios ambientales para la región, puesto que se reducen la cantidad de emisiones de efecto invernadero generadas como consecuencia de la producción de energía eléctrica.

Beneficios económicos, puesto que se reduce el gasto familiar para el pago de la factura eléctrica, lo que repercute en una mejora de la economía doméstica.

Posibles barreras

La eficiencia de un programa de este tipo requiere de la disponibilidad de suficientes recursos económicos que permitan el suministro de una masa crítica de bombillas, puesto que la inversión en las mismas quedará cubierta de forma íntegra por el gobierno de Yucatán.

Por otro lado, es importante desarrollar una campaña de comunicación y sensibilización eficiente hacia la población y potenciales usuarios, con el objetivo de fomentar el interés en esta iniciativa, suministrando información sobre los beneficios derivados de la utilización de estos equipos (especialmente económicos) que promueva la utilización de este tipo de equipos, incluso sin la necesidad de un programa de promoción.

Es importante señalar que este tipo de programas responden a un típico proyecto de tipo programático, capaz de generar beneficios derivados de la venta de créditos de carbono, a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), por lo que también podría ser susceptible de ser considerado en el marco de futuros NAMAs.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	350.647	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	604,61	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	32.911.595,3	\$/año	Coste total	95.761.209		\$
Pay-back	2,9	años	Beneficio total	592.408.716		\$

4.B.2

Integración de calentadores solares en viviendas

Línea de Acción B. Acción. Sector residencial

Objetivo
Reducción del consumo de GLP a través de la sustitución de equipos convencionales de generación de agua caliente sanitaria (ACS) por sistemas alimentados por energía solar térmica (considerando el 30% de las viviendas que disponen de boiler en relación a los datos del censo de 2010), en el horizonte de 2020.
Descripción de la medida
El sector residencial ha sido identificado como el principal consumidor de energía para el calentamiento de fluidos (datos del PROCASOL). México es un país que dispone de un elevado potencial de radiación solar (5kWh/m2) aprovechable para la generación de energía (tanto térmica como eléctrica). Desde la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía se han desarrollado iniciativas para el aprovechamiento de este potencial, a través del programa PROCALSOL para la instalación de calentadores solares para la producción de ACS en diferentes sectores.
Siguiendo los lineamientos de este programa (finalizado en 2012), se propone la generación de un programa regional para la promoción de este tipo de tecnología en el sector residencial, que continúe con los esfuerzos definidos a nivel nacional.
El objetivo del programa es caracterizar el potencial a nivel regional de integración de este tipo de equipos en el sector, proponiendo mecanismos de financiación para la adquisición de estos equipos, así como asesoría técnica para los potenciales usuarios de estos equipos, que facilite la correcta instalación, operación y mantenimiento de los equipos.
De forma adicional, se propone una coordinación activa entre el gobierno de Yucatán y la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, con el objeto de evitar la duplicidad de esfuerzos y coordinar correctamente las tareas necesarias para la implementación de los objetivos de este programa regional.

Plazo de implementación
2014-2020
Impacto de la medida
La implementación de energías renovables para la producción de ACS, permite la sustitución de gran parte de los consumos de GLP requeridos por las calderas convencionales para la generación de calor (se estima que los equipos de apoyo a los calentadores necesitan un 10% del consumo inicial de GLP).
La utilización de una fuente renovable genera una reducción de las emisiones derivadas de la combustión de fósiles (GLP) para la producción de energía térmica, por lo que genera importantes beneficios a nivel ambiental.
La reducción de emisiones también actúa sobre sustancias potencialmente dañinas para la salud, como el caso de los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono o material particulado (generadas en el proceso de combustión de la caldera).
La inversión en los nuevos equipos queda amortizada en un periodo de tiempo asumible, al quedar compensada esta inversión inicial por la reducción en el gasto de compra de GLP para la alimentación de la caldera. Estos ahorros económicos favorecen la mejora en la situación de la economía familiar, permitiendo un aumento de los ingresos por familia dedicables a otros usos para mejorar su calidad de vida.
Posibles barreras
A pesar del elevado potencial para el aprovechamiento de la energía solar a nivel nacional, este tipo de tecnología se encuentra afectada por una serie de barreras, principalmente relacionadas con: elevado coste de los equipos, limitado acceso a mecanismos de financiación para la adquisición de equipos, falta de conocimiento y desconfianza por parte de los potenciales usuarios en relación a la tecnología y limitada disponibilidad de personal técnico capacitado para la instalación y mantenimiento de estos equipos.
Además, es necesario tener en cuenta que este tipo de proyectos son objeto de financiación en el marco de las actividades del mecanismo de desarrollo limpio (MDL) en otros países, por lo que podrían ser objeto de soporte financiero a través de futuros mecanismos como los NAMA.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	122.044	tCO2e	Coste/ tCO ₂	-	266,00	\$/tCO2e
Beneficio anual	87.358.929,3	\$/año	Coste total	856.160.032	\$	
Pay-back	9,8	años	Beneficio total	1.572.460.727	\$	

4.B.3

Sustitución de refrigeradores

Línea de Acción B. Acción. Sector residencial

Objetivo

Reducir el consumo eléctrico a través de la sustitución de los equipos de refrigeración de baja eficiencia (edad superior a ocho años) por nuevos equipos en el sector residencial (suponiendo una tasa de sustitución del 18% de las viviendas censadas por el INEGI en 2010 que disponen de refrigerador en el horizonte 2020).

Descripción de la medida

Según datos de la Comisión Nacional del Fomento de la Vivienda (CONAFOVI), el refrigerador representa el electrodoméstico de mayor consumo de energía eléctrica en el sector residencial. Datos no oficiales revelan que más de la mitad de los refrigeradores en el sector residencial tienen más de ocho años de vida, siendo ineficientes en el consumo energético, en comparación con equipos actuales (con mayores estándares de eficiencia).

Desde la Comisión Federal de Electricidad se están llevando a cabo programas para la sustitución de electrodomésticos en el parque viviendas, orientados a cambiar viejos equipos por nuevos electrodomésticos que cumplan con estándares de eficiencia energética, a través de mecanismos de financiación a los usuarios, para la adquisición de nuevos equipos.

En consonancia con estas líneas de trabajo nacionales, se propone el diseño de un programa regional para la promoción de la sustitución del parque de refrigeradores en el sector vivienda, enfocado en aquellos equipos con una antigüedad de entre 8 y 20 años (identificados como aquellos con mayor potencial de ahorro energético).

El programa debe incluir instrumentos para la sensibilización y difusión a la población de los beneficios de la sustitución de estos equipos a nivel de la economía doméstica (por el ahorro en gasto derivado del ahorro energético), así como los beneficios ambientales derivados (reducción de emisiones contaminantes para la atmósfera). De igual forma, el programa debe diseñar herramientas de financiación económica que ayuden a la población potencial en la adquisición de nuevos equipos.

Es importante que la coordinación de este programa desde el gobierno de Yucatán, se realice de forma coordinada con el gobierno central, con objeto de evitar la duplicidad de esfuerzos y gestionar las acciones y objetivos planteados de forma efectiva.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

La sustitución de refrigeradores viejos por nuevos equipos dispone de un elevado potencial de ahorro energético (especialmente considerando que este electrodoméstico representa un 69,1% del consumo eléctrico de la vivienda y que los ahorros energéticos pueden llegar hasta un 43% por la utilización de equipos nuevos).

A nivel medioambiental, los ahorros energéticos tienen un efecto directo sobre la reducción de gases de efecto invernadero, al reducir las emisiones derivadas de la producción de energía eléctrica. De forma adicional, los equipos antiguos utilizan como refrigerantes sustancias que pueden dañar a la capa de ozono (clorofluorocarbonados), que han sido sustituidos por otros componentes no dañinos en los equipos modernos.

El ahorro energético se traduce en un ahorro económico asociado a la reducción en los gastos de compra de electricidad para el funcionamiento de los equipos, lo que repercute de forma directa en la mejora de la economía familiar, que dispone de una mayor cantidad de ingresos para invertir en la mejora de su calidad de vida.

Posibles barreras

La principal barrera en relación a este programa se encuentra en los costes requeridos para la sustitución de equipos de refrigeración, puesto que los equipos con mayor edad corresponden a poblaciones con menor capacidad adquisitiva (y por tanto posibilidad de sustituir los equipos por nuevos). Es muy importante que el programa disponga de herramientas de incentivo económico que ayuden a los potenciales usuarios en la adquisición de los nuevos equipos.

Por otro lado, la alfabetización de la población es un elemento necesario para promover el interés entre la población en este tipo de acciones, enfocándose en los beneficios derivados y en el hecho de que compensan las inversiones iniciales (percibidas siempre como un elemento negativo para su desarrollo), con ahorros a corto-medio plazo.

Es importante señalar que este tipo de programas responden a un típico proyecto de tipo programático, capaz de generar beneficios derivados de la venta de créditos de carbono, a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), por lo que también podría ser susceptible de ser considerado en el marco de futuros NAMAS.

Emisiones evitadas en el período (T1)	254.622	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	75,25	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	24.206.287,9	\$/año	Coste total	223.374.667		\$
Pay-back	9,2	años	Beneficio total	435.713.181		\$

4.B.4

Fomento de la generación eléctrica solar

Línea de Acción B. Acción. Sector residencial

Objetivo

Disminuir la dependencia de combustibles fósiles a través de la instalación de sistemas de generación eléctrica alimentados con energía solar en un 40% de los hogares pertenecientes al grupo de grandes consumidores (tarifa DAC), según censo de la Comisión Federal de Electricidad a 2020.

Descripción de la medida

El sector residencial representa uno de los principales consumidores de energía eléctrica a nivel nacional (16% del consumo total de energía final en 2008). Con un nivel de irradiación de 5kWh/m2, el país cuenta con gran potencial para el aprovechamiento de la energía solar por la producción tanto de energía térmica como eléctrica. A nivel nacional se han implementado ya iniciativas para el fomento de la instalación de equipos de producción térmica solar, a través del programa PROCALSOL (Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México).

La energía solar representa una alternativa para la generación eléctrica en el sector residencial, particularmente para aquellos hogares que presentan consumos energéticos muy elevados (tarifa de consumo DAC), para los cuales el desembolso económico para la adquisición de equipos resulta una alternativa económica interesante.

El objetivo de esta medida es dar un paso adicional y fomentar la propia generación descentralizada de energía eléctrica a nivel residencial, mediante la instalación de equipos de producción fotovoltaica para el suministro de parte de la energía eléctrica de las viviendas.

Al igual que en el caso del programa de promoción de calentadores solares, se propone una herramienta que comprenda los siguientes objetivos: caracterización del potencial para la instalación de paneles solares fotovoltaicos en los edificios del sector residencial, evaluación de los potenciales de participación renovable en los consumos del sector y propuestas de esquemas de financiación para la adquisición de este tipo de equipos entre la población, así como asesoría técnica a los potenciales usuarios que facilite la correcta instalación, operación y mantenimiento de estos equipos.

Se supone la instalación de equipos con una potencia de 1,63 KWp por sistema, considerando un total de 1800 horas de insolación anuales.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

La implementación de energías renovables para la producción de energía eléctrica contribuye a la reducción en la utilización de otros combustibles fósiles para la generación de energía (particularmente la utilización de gas natural o combustibles como el fuel en el caso de Yucatán), así como a la reducción en la dependencia energética de los usuarios, al promover la autogeneración.

Al ser una fuente renovable toda la generación de energía procedente de los paneles, no genera emisiones de gases de efecto invernadero por lo que contribuye en la mitigación de gases de efecto invernadero.

Por otro lado, los ahorros energéticos se traducen en un ahorro económico (asociado a la no compra de electricidad de la red), que ayuda a amortizar las inversiones para la adquisición de equipos.

Finalmente, la disponibilidad de un sistema de generación descentralizado permite reducir la dependencia a la energía suministrada por la red, sujeta a cambios e incrementos en los precios de las tarifas, así como fallos o paradas en el suministro de energía.

Posibles barreras

La principal barrera a la que debe enfrentarse la tecnología solar responder al elevado precio de los equipos solares fotovoltaicos actualmente. El mercado de energía solar fotovoltaica se encuentra muy poco desarrollado a nivel nacional, lo que se traduce en unos costes por equipo muy elevados (en comparación con otros mercados internacionales) que deben competir con unos precios de tarifa eléctrica muy bajos.

Esta combinación de factores genera que, en la actualidad, la inversión en este tipo de equipos solo sea amortizable para casos de grandes consumidores de energía eléctrica.

Es importante señalar que este tipo de programas responden a un típico proyecto de tipo programático, capaz de generar beneficios derivados de la venta de créditos de carbono, a través del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), por lo que también podría ser susceptible de ser considerado en el marco de futuros NAMAS (Acciones Apropriadas de Mitigación Nacional), nuevo mecanismo para la reducción de emisiones a nivel nacional dentro del ámbito del Protocolo de Kioto.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	16,995	tCO2e	Coste/ tCO₂	1,891.91	\$/tCO2e
Beneficio anual	8,136,128.7	\$/año	Coste total	136,917,510	\$
Pay-back	16.8	años	Beneficio total	146,450,317	\$

4.B.5

Instalación de estufas mejoradas de leña

Linea de Acción B. Acción. Sector residencial

Objetivo

Sustituir los fogones al aire libre por estufas de leña en el 20% de aquellos hogares que utilizan biomasa para cocinar, para el año 2020 (en base al último censo de vivienda y población para el año 2010 proporcionados por el INEGI).

Descripción de la medida

A nivel nacional, aproximadamente un 15% de la población nacional (particularmente aquella ubicada en zonas rurales) sigue cocinando con leña y carbón para cocinar sus alimentos.

La utilización de equipos convencionales para cocinar los alimentos exigen de una gran cantidad de leña (estimada en 4.2 toneladas por año y fogón), que requiere de una dedicación importante del tiempo a su recolección o un gasto significativo en su compra (26,25 dólares por tonelada). Estos equipos son ineficientes en la combustión de la biomasa, además generan riesgos para la salud humana (derivados de las emisiones de gases y partículas en el proceso de combustión) así como al medio ambiente (por las emisiones de gases de efecto invernadero, así como por el potencial riesgo de incendios).

En la actualidad existen equipos de estufas mejoradas que incrementan la eficiencia en la combustión de la biomasa, lo que reduce la necesidad de materia prima, así como las reducciones de emisiones perjudiciales para atmósfera y ser humano, y el riesgo de incendios.

El objetivo de este programa se centra en dos líneas de trabajo para conseguir esta sustitución:

Diseñar herramientas de apoyo económico que ayuden a las poblaciones en la adquisición de los equipos.

Promover un programa de capacitación, asistencia técnica y seguimiento que aseguren el correcto funcionamiento de los equipos por parte de la poblaciones.

Plazo de implementación
2014-2020

Impacto de la medida

La utilización de las estufas mejoradas de leña, reducen significativamente el consumo de leña para la cocina (hasta un 50% del consumo) y aseguran una mayor eficiencia en la combustión de esta biomasa, lo que se traduce en diversos tipos de beneficios para las comunidades que los utilizan.

La mejora en la eficiencia de combustión influye positivamente en una reducción de las emisiones derivadas de la fracción no renovable de la biomasa, así como aquellas vinculadas a la combustión incompleta de la madera. Ello tiene un impacto directo positivo sobre el medio ambiente, puesto que reduce las emisiones causantes del efecto invernadero. De igual modo, genera beneficios a nivel de salud puesto que también reduce otras emisiones potencialmente perjudiciales para la salud (como la emisión de partículas o el monóxido de carbono).

Por otro lado, esta mejora en la eficiencia energética se traduce en un menor requerimiento de leña, lo que ayuda a reducir el tiempo dedicado por los individuos en su recolección o el gasto de dinero asociado a la compra de madera (para el cálculo de la medida se ha considerado que los usuarios compran la madera en lugar de recolectarla por cuenta propia), lo que influye positivamente tanto en la calidad de vida de los individuos, como en la economía doméstica.

Posibles barreras

Las principales barreras a las que se enfrenta este programa son la reducida capacidad financiera de las comunidades rurales susceptibles de utilizar estos equipos, lo que genera la necesidad de suministrar fondos para la ayuda en la adquisición de equipos, y la falta de conocimiento en relación a la operación y mantenimiento de estos equipos, lo que genera la necesidad de programas coordinados de capacitación a las poblaciones.

Emisiones evitadas en el período (T1)	349.328 tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	21,18 \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	4.952.850,3 \$/año	Coste total	70.532.631 \$	
Pay-back	14,2 años	Beneficio total	89.151.305 \$	

4.B.6

Mejora en la climatización de los edificios

Línea de Acción B. Acción. Sector residencial

Objetivo

Mejora de los parámetros de climatización de los hogares, mediante la promoción de la sustitución de los equipos de aire acondicionado por otros eficientes, así como mejorando las características de la envolvente térmica de las viviendas, en un 4% del inventario de viviendas construidas con base de cemento (en relación a los datos del censo de viviendas de 2010 publicados por el INEGI).

Descripción de la medida

La climatización de las viviendas (generación de calefacción en invierno o de refrigeración en verano) representa un elevado gasto de energía para el sector de la vivienda. Según datos del CONAFOVI, los equipos de aire acondicionado representan el tercer equipo con mayor consumo energético en la vivienda. De forma adicional, el parque de viviendas en Yucatán se encuentra construido con materiales diversos (que van desde el cemento, pasando por la madera o cerámica hasta la tierra) que ofrecen diferentes capacidades para la retención de la energía térmica.

La opción combinada de la sustitución de equipos de aire acondicionado junto con una mejora de la envolvente térmica del edificio representa una potencial fuente de grandes ahorros energéticos en el hogar (hasta un 82% del consumo energético asociado a estos servicios).

El objetivo de este programa se centra en ofrecer herramientas de soporte económico para la sustitución de equipos de aire acondicionado junto con modificaciones de la envolvente de la vivienda, con el objetivo de mejorar las características térmicas del inmueble.

De forma adicional, se recomienda que este programa venga acompañado de una campaña de capacitación y comunicación en materia de buenas prácticas para controlar correctamente la temperatura de confort así como de gestión y mantenimiento de los aparatos con objeto de maximizar los beneficios de las intervenciones.

Plazo de implementación

2014-2020

Impacto de la medida

Las mejoras en relación a la acción combinada de la sustitución de los equipos de aire acondicionado y mejora de la envolvente supone un importantes ahorros energéticos para el sector residencial, lo que se traduce en una serie de beneficios:

Ambientales, en relación a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la producción de electricidad para el suministro de energía de los equipos.

Económico, puesto que los ahorros energéticos se traducen en un ahorro en los gastos para el pago de las tarifas eléctricas asociadas al consumo eléctrico de los equipos. Estos ahorros tienen un impacto directo en una mejor de la economía familiar, lo que influye en una mejora en su calidad de vida.

Por último, la mejora en la envolvente térmica también tiene un efecto directo en la mejora de las características térmicas de la vivienda, lo que ayuda a mejorar la sensación de confort de los habitantes, que influye en la mejora de su calidad de vida.

Posibles barreras

Las principales barreras relacionadas con la disponibilidad de fondos para la ejecución de las obras, puesto que es necesario disponer de paquetes de ayudas económicas que incentiven a la población a realizar este tipo de inversiones en sus viviendas.

Por otro lado, es importante destacar que solo el 44% de las viviendas en Yucatán se encuentran construidas con cemento, mientras que el resto de viviendas se han construido con otros materiales como madera, cerámica o tierra. Para este grupo de viviendas es necesario plantar medidas más severas de tipo constructivo para asegurar unos mínimos estándares de características térmicas.

Emisiones evitadas en el periodo (T1)	115,090	tCO2e	Coste/ tCO₂	477.67	\$/tCO2e
Beneficio anual	10,873,827.4	\$/año	Coste total	194,934,374	\$
Pay-back	17.9	años	Beneficio total	195,728,893	\$

4.C.1

Observatorio para la sustentabilidad del sector residencial

Línea de Acción C. Participación. Sector residencial

Objetivo

Potenciar la participación activa de los agentes relacionados con el sector residencial en temas relacionados con la mejora de la sustentabilidad del sector, generando un espacio para la comunicación, discusión, generación de conocimiento y capacitación.

Descripción de la medida

El objetivo de esta medida es el de crear un organismo independiente, compuesto por representantes de los sectores tanto públicos como privados relacionados con el desarrollo del sector residencial.

Las funciones de esta entidad serán las de estimular y promover la sustentabilidad ambiental y energética en el desarrollo del sector. De forma particular, se espera la formación de un comité técnico que evalúe las acciones llevadas a cabo a nivel público y privado en el territorio relacionadas con las mejoras en materia de eficiencia energética, energías renovables y otros servicios a nivel de vivienda (particularmente relacionados con el agua y los residuos).

Algunas de las tareas comprendidas en su marco de acción incluyen el seguimiento de la regulación estatal y regional en relación al sector residencial, apoyo en los procesos de toma de decisiones y definición de proyectos en el sector, desarrollo y recopilación de conocimiento al respecto, documentación, divulgación sobre la sustentabilidad en el sector residencial, así como elaboración de guías sobre el sector. El comité técnico encargado de la gestión y coordinación de la entidad estará formado por representantes de la administración pública así como representantes del sector de la construcción (en relación a las principales empresas de actividad constructiva operando a nivel de la región de Yucatán).

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

Esta entidad servirá como herramienta para la monitorización de los progresos en materia de integración de la sustentabilidad en el sector residencial, identificando barreras y problemas en el proceso, ofreciendo soluciones, así como generando una base de conocimiento que permita mejorar la capacidad interna de gestión sobre el propio sector.

La existencia de una entidad como esta puede incrementar el éxito de la planificación en materia de mejora de la sustentabilidad en el sector residencial, mejorar los estándares mínimos constructivos, lo que tiene repercusión directa en la calidad de vida de los hogares. Además el conocimiento generado en el seno de esta entidad puede incrementar la curva de aprendizaje regional en materia de integración de soluciones constructivas sustentables.

Posibles barreras

La correcta implantación de un organismo como éste necesita de una coordinación eficiente entre las diferentes entidades que componen el comité, así como una total independencia que aleje sus motivaciones de intereses partidistas o privados, con el objetivo de facilitar la transparencia en el desarrollo de sus acciones.

Por otro lado, es necesario la coordinación de sus actividades con las desarrolladas a nivel de gobierno regional, así como la consideración real de sus recomendaciones en el momento de plantear acciones sobre el sector.

Emisiones evitadas en el período	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

4.C.2

Campañas de información: Por un consumo sustentable

Línea de Acción C. Participación. Sector residencial

Objetivo

Generar un conjunto de instrumentos y herramientas para la comunicación y capacitación de la ciudadanía en materia del uso sustentable de la energía en las viviendas.

Descripción de la medida

La eficacia en la implementación de medidas de eficiencia energética e integración de renovables en el sector residencial, necesita venir acompañada necesariamente de una capacitación de los usuarios del sector, con el objeto de que comprendan los beneficios aportados por estas soluciones, de forma que se interesen e inviertan en ellas (con o sin la existencia de un marco financiero de soporte). De forma adicional, el correcto uso energético de una vivienda puede generar potenciales muy significativos en materia de fomentar el ahorro energético en las viviendas. Capacitar a la ciudadanía es una medida necesaria planteada con el objetivo de obtener el máximo grado de eficiencia de las medidas implementadas.

Algunas de las tareas comprendidas en el marco de estos instrumentos y herramientas deben considerar:

Publicación de guías y manuales de "buenas prácticas" para el correcto uso energético de los hogares y fomento del ahorro energético.

Cursos y seminarios sobre proyectos en materia de eficiencia energética y energías renovables integradas en las viviendas.

Campañas de difusión de resultados en relación a proyectos y programas generados a nivel regional para la promoción de la sostenibilidad en el sector de la vivienda.

Se propone que estas acciones se encuentren ligadas a los objetivos y líneas de acción desarrolladas en el marco de las actividades del Observatorio para la sustentabilidad del sector residencial.

Plazo de implementación

2014 - 2025

Impacto de la medida

La capacitación de la ciudadanía conlleva suministrarles conocimientos que mejoren el estilo de vida en sus hogares, lo que puede repercutir en buenas prácticas que mejoren su calidad de vida, influyendo sobre temas relacionados con la salud o con la economía doméstica (puesto que los ahorros energéticos se traducen a su vez en ahorros monetarios).

Posibles barreras

Es importante diseñar los instrumentos de comunicación de acuerdo a la tipología de interlocutor que reciba la información, de forma que los mensajes se adecúen a los objetivos planteados y al estrato social al que va dirigido. La transmisión de información en un lenguaje alejado de la realidad de la audiencia o una falta de concreción en la información a transmitir pueden generar pérdida de información, falta de interés o una total ineficiencia en transmisión de los mensajes.

Emisiones evitadas en el período	-	tCO2e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO2e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	1.000.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

1.5. Opciones de reducción en el sector transporte.

5.A.1

Base de Datos del Parque Vehicular del Estado de Yucatán

Línea de Acción A. Programa "Base de Datos". Sector Transporte

Objetivo

Creación de una base de datos del sector transporte a nivel Estatal, que aproveche la información existente del INE, pero que a su vez, agregue datos mas específicos del inventario vehicular del Estado.

Descripción de la medida

La base de datos del inventario vehicular debe recopilar información que permita una mejor toma de decisiones y desarrollo de políticas a futuro. Los datos deberán incluir información cualitativa y cuantitativa que provea una perspectiva global y completa sobre la situación y características del inventario vehicular del Estado de Yucatán. Algunos de los datos a recopilar podrían ser como por ejemplo:

- Tipos de vehículos
- Tipos de combustible
- Tipo de transporte
- Ocupación vehicular
- Número de vehículos nuevos, reemplacados, importados y usados
- Número de vehículos desechados
- Número de vehículos registrados en el Estado y reemplacados en otros Estados

Para su recopilación, será necesario la creación o compra de un sistema que permita ingresar la información, gestionar y consultar de forma sencilla.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

El impacto de la medida es indirecto, ya que en sí, el sistema no resulta en una reducción de emisiones. Sin embargo, su implementación podrá garantizar que las autoridades y otras organizaciones, tengan acceso a información estadística anual, para los procesos de planificación de estrategias y programas, y para la toma de decisiones en general. La base de datos también permitirá evaluar las tendencias a futuro del sector, proyectar las emisiones generadas en general o por caso específico, y ver el impacto de la implementación de medidas de reducción de emisiones dentro de las diferentes líneas del sector.

Posibles barreras

Una barrera para esta medida, sería garantizar la veracidad de la información. Si la base de datos no es alimentada con información real, precisa, frecuente y de amplia cobertura, el resultado no sería el buscado, ya que no presentaría información acertada del inventario vehicular dentro del Estado.

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO2e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	2,500,000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

5.B.1

Programa de Verificación Vehicular Obligatoria

Línea de Acción B. Verificación Vehicular Obligatoria. Sector Transporte

Objetivo

Reducir las emisiones provenientes del parque vehicular, a través de un programa de control a vehículos "nuevos" que deseen matricularse en el Estado, en un 14%.

Descripción de la medida

Verificar la antigüedad y las condiciones de los automóviles que día a día ingresan de forma permanente al Estado, de forma que se lleve un control sobre los límites de emisiones, la eficiencia de los automóviles, y que los usuarios cumplan con unos mínimos de estándares. La medida tiene una doble vertiente, la primera hacia el parque vehicular ya existente dentro del Estado, y en segundo lugar, para todos aquellos automóviles que ingresen a partir del año 2014. Según datos proporcionados por la Dirección de Desarrollo Urbano, de los 165 vehículos que se suman a diario al parque vehicular del Estado, 60 son nuevos, 40 usados/importados, y 65 por reemplazamiento.

Respecto a los vehículos ya registrados en el Estado: Instituir de carácter "obligatorio" la revisión de todos los automóviles, con el fin de verificar que cumplan los límites establecidos para los niveles de contaminantes. Según las condiciones del vehículo se determinará la periodicidad del proceso. De esta manera se le estaría dando seguimiento al "Programa de Verificación Vehicular 2009", ya establecido a nivel estatal.

Respecto a los vehículos de nuevo ingreso se deberá aplicar un control más estricto, estableciendo un máximo de antigüedad permitida, así como el cumplimiento de parámetros de contaminación máximos. Dependiendo de las características del vehículo, así se cobrará el reemplazamiento y derecho a matriculación en el Estado.

La revisión constante del parque vehicular permitirá mejorar la planificación del transporte, así como de las emisiones provenientes del sector.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

La verificación del parque vehicular significa una reducción de emisiones contaminantes o por lo menos un freno al aumento de las mismas. Un control más estricto establecerá estándares que la población deberá cumplir en caso de querer registrar un vehículo nuevo en el Estado. El término "nuevo" hace referencia a cualquier vehículo de nuevo ingreso al país. De esta forma se garantiza una reducción en el número promedio de vehículos que ingresan a diario al Estado de Yucatán (alrededor de 165 diarios, principalmente por reemplazamiento).

Posibles barreras

Falta de interés por parte de la población.

Resistencia a las medidas al incurrir en costos adicionales para los propietarios de vehículos, especialmente aquellos con unidades de más de 10 años de antigüedad. Por otro lado, una barrera importante es la consolidación del programa a nivel institucional, el cual debe contar con personal de gestión y seguimiento al programa que garantice su implementación y continuidad.

Emisiones evitadas en el periodo	1,426,075	tCO2e	Coste/ tCO₂	-13.09	\$/tCO2e
Beneficio anual	4,932,114	\$/año	Coste total	36,936,000	\$
Pay-back	7.5	años	Beneficio total	88,778,044	\$

5.B.2

Definición de zonas de alta demanda y permisos de estacionamiento

Línea de Acción B. Programa "Zonas de Alta Demanda". Sector Transporte

Objetivo

Reducir el número de vehículos que ingresan a la ciudad a diario a través del pago por derecho de estacionamiento en zonas de alta demanda en un 10%.

Descripción de la medida

La medida está orientada a "sancionar", de forma indirecta, a aquellas personas que utilizan vehículo como medio de transporte para llegar a su lugar de trabajo, etc. La medida requiere que se definan zonas dentro de las ciudades, según su demanda de estacionamiento, la cual permitirá establecer tarifas a visitantes no residentes de la zona que requieren espacios de estacionamiento en las vías públicas.

El mapeo de zonas permitirá delimitar zonas de alta demanda de estacionamiento y regularizar así las situaciones de congestión y tráfico vehicular.

Según la delimitación de zonas en la ciudad, se busca lo siguiente:

- 1.- Evitar que vehículos de visitantes "ocasionales" o "de día", se estacionen en las vías públicas dentro de perímetros de alta demanda (ej. centro de la ciudad), y desviarlos a sitios de estacionamiento privados, o a zonas de menor congestión.
 - 2.- Tratar de desincentivar el uso del vehículo a aquellas personas no residentes de la zona, pero que requieren estacionamiento por cuestiones laborales o de esa índole, a través de requerir un cobro mensual para el permiso de estacionamiento mensual.
 - 3.- Garantizar estacionamiento a la población residente de la zona, quienes deberán presentar la documentación necesaria que demuestre su residencia dentro de la zona, para obtener un permiso gratuito de estacionamiento en la vía pública.
- Cabe mencionar, que el análisis de la medida, considera en la reducción de emisiones, la reducción en kilómetros de trayecto de los vehículos afectados por la medida, mas no las de posibles unidades de transporte público adicionales que puedan ser requeridas.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

La medida ayudará a identificar zonas con alta demanda de estacionamiento y a desincentivar el uso del vehículo diario, o el uso de varios vehículos por familia. Beneficiará la regularización del tráfico y garantizará estacionamiento en las vías públicas a los residentes de la zona. Tanto el desembolso por día (para visitantes ocasionales) o mensual (para visitantes diarios), será una razón para buscar otras opciones de transporte (transporte público, vehículos compartidos, etc.) y a reducir el número de vehículos dentro de la ciudad, agilizando el tráfico y reduciendo el efecto de islas de calor.

Posibles barreras

Las barreras para la implementación de la medida radican principalmente en tener resistencia por parte de la población (personas que entran a la zona de alta demanda).

Por otro lado, la medida requiere también de acciones de seguimiento y verificación. Por lo que las autoridades deberán establecer un grupo de personal de tránsito que verifique el cumplimiento de la medida, sancione y asegure su correcta implantación.

Sistema de verificación de pago, requerirá inversión por parte de las autoridades para personal de tránsito.

Emisiones evitadas en el periodo	951,852	tCO2e	Coste/ tCO₂	0.88	\$/tCO2e
Beneficio anual	1,164,527	\$/año	Coste total	19,136,000	\$
Pay-back	16.4	años	Beneficio total	20,961,483	\$

5.B.3

Rehabilitación del sistema ferroviario en Yucatán

Línea de Acción B. Programa "Rehabilitación de Ferrovías". Sector Transporte

Objetivo

Rehabilitar la red ferroviaria del Estado, habilitándola como una opción viable y mucho más eficiente que otros medios de transporte de carga existentes en el Estado, reduciendo costos y tiempos de entrega.

Descripción de la medida

Según el Índice de Infraestructura (OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), Yucatán está posicionada como una de las entidades federativas con mejores condiciones de infraestructura. Actualmente el Estado tiene un red ferroviaria de alrededor de 609,4 km de extensión, las cuales se encuentran en pésimas condiciones, lo que requiere el uso de otros medios de transporte de carga. Éstos son más contaminantes, con trayectos más largos, mayor uso de combustibles y menos eficientes. La medida busca rehabilitar y poner al servicio de la población y de las empresas, un sistema de transporte ferroviario con mejoras tangibles. El crecimiento económico y de población de Yucatán en los últimos años denota la necesidad de buscar alternativas más eficientes a las existentes. A nivel nacional se espera que para el 2030, un 37% de la carga se transporte por ferrocarril.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

La medida no sólo funcionará como una alternativa a los ya existentes medios de transportes de carga, sino que también ayudará a agilizar los procesos de logística y distribución dentro del Estado. Principalmente, ayudará a reducir las emisiones provenientes del transporte de carga por carretera al tener una mayor eficiencia por km recorrido.

Plazo de implementación

Las barreras para la implementación de la medida radican principalmente en la inversión necesaria para rehabilitar las vías y furgones. Al ser la inversión bastante alta, los beneficios de implementar dicha acción deben ser evidentes, promocionados y compartidos con el sector privado y público, para promover su uso y garantizar su auto sustentabilidad. Más aún, el sistema debe garantizar que el transporte es seguro y que utilizarlo representa ahorros en tiempo y costes al usuario. No obstante, otra barrera que podría obstaculizar avances en esta medida, es la situación actual legal en el país, respecto a los derechos de paso, las tarifas y las concesiones a empresas. El esfuerzo deberá integrar el trabajo tanto de las autoridades de Estados vecinos y de la empresa Ferrocarriles Chiapas-Mayab S.A (FCCM). Se debe resaltar, que la medida requiere de un profundo análisis de la situación actual del sistema ferroviario en el Estado y a nivel Nacional para poder hacer aproximaciones en la inversión necesaria para su implementación. Adicionalmente se deben conocer características específicas del sistema en cuanto a la tecnología para poder calcular las emisiones provenientes del mismo.

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

5.B.4

Fomento del uso del transporte NO motorizado dentro de las ciudades

Línea de Acción B. Programa "Transporte no motorizado". Sector Transporte

Objetivo
Promocionar e incentivar el uso de transportes no motorizados para trayectos cortos dentro de las ciudades y reducir así el uso de vehículos inter-urbanos.
Descripción de la medida
<p>El uso de medios de transporte no motorizados, es una opción que día a día se utiliza más en diferentes ciudades del mundo. Su uso a pesar de estar designado a trayectos cortos, es un modo eficiente, sostenible, no contaminante y económico, el cual ha demostrado un nivel de aceptación creciente.</p> <p>Algunas de las formas utilizadas para promocionar su uso incluyen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.- Programas de bicicletas compartidas, como el programa "Eco-bici", implementado en la Ciudad de México en el 2011, el cual ha sido un éxito y se ha convertido en el método de transporte preferido por muchas personas. 2.- Programa de zonas de estacionamiento en lugares públicos designados específicamente para bicicletas (supermercados, escuelas, universidades, etc.) Muchas veces, las personas tienen bicicletas propias pero no las utilizan por falta de un lugar designado donde estacionarlas de forma segura. 3.- Programa bicicleta y estudiantes. Implementar un programa entre universidades/centros estudiantiles y las autoridades Estatales que ponga a disposición de los estudiantes matriculados, el alquiler por día, mensual o semestral de una bicicleta. Ofreciendo adicionalmente sitios de estacionamiento dentro de los recintos, candados de seguridad y cascos. 4.- Programa bicicletas y turistas. Siendo el Estado de Yucatán uno de los destinos turísticos más visitados del país, el programa podría expandirse a ser una opción mas para que los turistas recorran los sitios turísticos. <p>La medida debe integrar esfuerzos por parte de las autoridades y requiere de una planificación previa a su implementación sobre la ubicación de las estaciones, mantenimiento de las unidades, señalización adecuada, gestión del servicio, etc. Asimismo, el programa debe ir acompañado de una campaña de promoción y fomento dentro de la población con el objetivo de motivar e incentivar su uso, así como el respeto de los conductores hacia los usuarios de la bicicleta y peatones en general.</p> <p>Adicionalmente el uso de la bicicleta puede promoverse como actividad recreativa y una alternativa saludable.</p>

Plazo de implementación
2014-2030
Impacto de la medida
La medida ayudará a promocionar el uso de la bicicleta entre la población local y visitante. Si impacto radica en reducir el tráfico, reducir la dependencia del vehículo, ofrecer una alternativa más rápida, saludable y económica.
Posibles barreras
<p>Dependiendo del tipo de programa que se elija, una barrera importante puede ser la inversión inicial del proyecto. Sin embargo, el mismo puede iniciarse con un número reducido e irse ampliando según la aceptación y demanda por parte de la población.</p> <p>El interés por parte de la población, puede ser un obstáculo, sin embargo puede sobreponerse con una campaña de promoción y concientización al ciudadano, especialmente a jóvenes.</p> <p>Asimismo, se debe considerar como una barrera el tiempo que conlleva un cambio dentro de la planificación urbana (planes, permisos, gestión, etc.). Los múltiples procesos suponen un retraso en poder implementar la medida, a menos que se cuente con el apoyo y esfuerzo integrado de los diferentes departamentos y autoridades.</p>

Emisiones evitadas en el periodo	830.389	tCO2e	Coste/ tCO₂	126,12	\$/tCO2e
Beneficio anual	698.569	\$/año	Coste total	213.976.141	\$
Pay-back	306,3	años	Beneficio total	12.574.243	\$

5.B.5

Sistema de Transporte tipo BRT

Línea de Acción B. Programa "Sistema BRT Yucatán". Sector Transporte

Objetivo

Optimizar el transporte público a través del reemplazo de minibuses y autobuses estándares en las principales rutas del área urbana del Estado, por un sistema de transporte rápido con autobuses articulados, más eficientes y menos contaminantes.

Descripción de la medida

Los sistemas Bus Rapid Transit, BRT por sus siglas en inglés, consisten en reemplazar aquellas unidades de transporte público (minibuses, buses urbanos antiguos, etc.) de las principales rutas dentro de la ciudad. Mérida al tener una población de aproximadamente 1 millón de personas en su zona metropolitana, ya alcanza los límites que justifican la implantación de este tipo de sistemas (1.5km por cada 100,000 habitantes). Las rutas se establecerían dentro de las arterias principales de la ciudad, cubriendo diferentes zonas. La medida no solo eliminaría aquellas unidades de bajo rendimiento y de alta contaminación, si no que beneficiaría el sistema de transporte significativamente al agilizar el tráfico y proveer servicios de transporte público más eficientes y rápidos.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

La medida provee tiene impactos bastante importantes. El primero es la eliminación de un alto número de buses antiguos y microbuses contaminantes de las principales arterias de la ciudad, al reemplazarlas con un único sistema de transporte público en carriles designados para su uso específico. Segundo, el reemplazar éstas unidades con el carril único, tendrá efectos tangibles en el tránsito, al eliminar esperas debido a las múltiples paradas y falta de optimización de rutas de los buses convencionales.

Finalmente, tendrá un impacto positivo en los tiempos de recorrido, ya que al contar con un carril de uso específico, la duración de los trayectos de una parada a otra, serán menores al no compartir carriles con el tráfico común y al reducir la sobresaturación de vehículos. Lo anterior resultará también en la preferencia de la población en utilizar este medio de transporte, el cual será más económico, más rápido, y menos contaminante.

Por otro lado, al reemplazar unidades más antiguas y más contaminantes, la salud de los habitantes también se vería beneficiada, especialmente visible en enfermedades de tipo respiratorio y en una reducción en el número de accidentes de tránsito.

Adicionalmente, el establecimiento de este tipo de sistema, representa una oportunidad de ingresos para la comuna, como se puede ver en el caso del Distrito Federal, donde en el 2011 se obtuvieron ingresos de alrededor de 37 millones de pesos por espacios publicitarios vendidos, monto que superaba por un 33% los ingresos por tarifas de uso.

Posibles barreras

Una de las barreras a considerar para la implementación de la medida es la inversión inicial necesaria para adquirir las unidades de autobuses articulados. No obstante se tiene el periodo de recuperación no es tan extensa debido a los ahorros significativos que resultan del programa, especialmente en salarios a chóferes de autobuses (por que el número se reduce) y en cuanto a los costos de mantenimiento (los cuales se reducen al reducir el número de unidades activas y al mejor rendimiento de las mismas).

Sin embargo, existen diferentes barreras estratégicas, en cuanto a los agentes involucrados, concesionarios, contratos, y políticas de regulación. Aspectos institucionales y la gestión y negociación necesaria que se debe llevar a cabo con los diferentes actores involucrados en el subsector. Se debe considerar la posible resistencia por parte de pequeños concesionarios de autobuses y minibuses existentes en el Estado.

Emisiones evitadas en el periodo	9.532	tCO2e	Coste/ tCO ₂	(549,93)	\$/tCO2e
Beneficio anual	31.629.697	\$/año	Coste total	307.500.000	\$
Pay-back	9,7	años	Beneficio total	569.334.554	\$

5.B.6

Programa de Optimización de Rutas de Transporte Público

Línea de Acción B. Programa "Optimización de Rutas de Transporte Público". Sector Transporte

Objetivo

Implementación de un programa de optimización de las rutas de transporte a nivel Estatal, el cual sea desarrollado por una empresa externa especializada en este tema y quien será responsable de la elaboración, coordinación, e implementación de la reestructuración.

Descripción de la medida

La medida de optimización de rutas de transporte público llevará a cabo un análisis de las rutas existentes (primarias y secundarias) del sistema de transporte. Asimismo se identificarán los focos de mayor densidad vehicular, rutas alternativas, horas pico, etc. Todo ello permitirá una reestructuración que beneficiará el sistema y el tráfico en general.

La empresa encargada elegirá el modelo de optimización según su experiencia y utilizará datos como:

- Matriz real "origen-destino" de los trayectos del transporte público (taxi, buses, etc.)
- Mapeo de las vías disponibles para el uso del transporte público
- Recursos disponibles para las operaciones del sistema (presupuesto, vehículos, conductores, etc.).

Adicionalmente, la optimización debe ir de la mano de la participación de las autoridades Estatales y de las empresas concesionarias de transporte quienes deberán acatarse a las modificaciones propuestas. Es aquí donde las autoridades Estatales deberán apoyar principalmente en los temas de inclusión y participación de las diferentes empresas de transporte público en el Estado de Yucatán. Su participación (representantes de los grupos clave, asociaciones, etc.), ayudará en la implementación de la reestructuración de rutas. Según un estudio realizado por el Banco Mundial sobre la disminución de emisiones de carbono en el sector transporte, ésta medida multiplica sus beneficios si se integra junto con los planes de desarrollo urbano (planes de expansión, densificación urbana, etc.).

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

La medida aglomeraría a todos los agentes del sector del transporte público (incluyendo a las empresas de autobuses), y les daría una guía visual para operar. La reestructuración daría resultados óptimos para las empresas, la población y para el ambiente al considerar todos los factores y variables influyentes. Algunos resultados serían: evitar duplicidad de rutas por empresas, identificar rutas alternativas, reestructurar rutas a nuevas zonas con alta densidad, reducción en los tiempos de trayectos, entre otros.

Posibles barreras

La barrera principal para esta medida, sería principalmente de carácter institucional - contar con la colaboración de las diferentes empresas de transporte público que operan en el Estado. Las mismas deberán ver beneficios para ellas, o bien, deberán acatarse simplemente a la reestructuración propuesta por parte de las autoridades.

Emisiones evitadas en el período	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
----------------------------------	---	--------------------	-------------------------	---	-----------------------

Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

5.C.1

Programa de Concientización Ciudadana

Línea de Acción C. Programa "Concientización". Sector Transporte

<p>Objetivo</p> <p>Implementación de un programa de concientización ciudadana con diferentes enfoques (dependiendo del público) que presente información real y sencilla sobre como el sector transporte incide en los efectos del cambio climático dentro del Estado y a nivel global.</p>
<p>Descripción de la medida</p> <p>Desarrollar un programa de concientización ciudadana, sobre la interrelación del cambio climático, el usuario, y su elección de método de transporte, permitirá que la persona tenga una visión clara sobre la situación actual del problema, el cual al ser contrastada con los beneficios de opciones más limpias y más eficientes, permita al receptor comprender y cambiar su modo actual. La campaña deberá ser adecuada a cada grupo objetivo, presentando información real y de fácil comprensión.</p> <p>Adicionalmente, se deberán plantear medidas potenciales con el objetivo de reducir emisiones y cambiar los medios de transporte actuales a medios más sostenibles. Las acciones que cada grupo pueda implementar dependerá de sus actividades, de su edad y de su estilo de vida. Algunas medidas que se pueden proponer a los usuarios como alternativas pueden ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fomento del uso de transporte público - Manejo eficiente - Vehículos compartidos - Planificación de rutas inteligentes - Planificación de viajes (estudiantiles, corporativos, y de organizaciones) - Compras desde casa

<p align="center">Plazo de implementación</p> <p align="center">2014-2025</p>
<p align="center">Impacto de la medida</p> <p>Según un estudio realizado por el Stockholm Environment Institute, se observó que una campaña de concientización constante puede reducir el uso de vehículos en un 1.3% anual aproximadamente; y aumentar el número de pasajeros de transporte público en un 4% anual en promedio.</p> <p>De esta forma se espera un cambio modal en las preferencias del medio de transporte por parte de la población en general, aumentando el uso del transporte público y de vehículos no motorizados.</p>
<p align="center">Posibles barreras</p> <p>La barrera principal en este caso sería la indiferencia por parte de la población. Lo que significa que la campaña debe considerar a su público objetivo y ser adecuada a ellos para obtener resultados positivos.</p> <p>Darle continuidad al programa de concientización deberá ser responsabilidad de las autoridades del Estado, lo que implica que la misma sea contemplada dentro de las planificaciones de recursos y personal del departamento encargado.</p>

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO2e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO2e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	1.000.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

1.6. Opciones de reducción en el sector agropecuario.

6.A.1		Caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas	
Línea de Acción A. Conocimiento. Sector Agropecuario			
Objetivo			
Desarrollar un estudio de caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas adaptado a las realidades del Estado de Yucatán.			
Descripción de la medida			
<p>El estudio de caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas es una herramienta que permitirá obtener la máxima información en relación la gestión de este tipo de áreas. Dicho estudio se plantea orientado en varias vertientes. En primer lugar, se creará una base de conocimiento que permitirá implementar de manera realista el inventario de emisiones del sector USCUS (bajo las Directrices del IPCC de 2006), teniendo en cuenta los distintos manejos de las tierras de cultivo. En segundo lugar, el conocimiento de los distintos tipos de gestión desarrollados en las tierras de cultivo permitirá planificar acciones de reducción de emisiones de GEI, así como de otros contaminantes, como por ejemplo herbicidas o fertilizantes.</p> <p>Esta medida junto con la capacitación de los agricultores creará el escenario óptimo para mejorar el manejo de las tierras de cultivo existentes en el Estado de Yucatán.</p> <p>El estudio de caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas se plantea como un estudio por parcelas cultivadas, obteniendo información del manejo llevado a cabo en cada una de ellas, de tal modo que permita generar una base de datos alfanuméricos y material cartográfico que sirva de base para la planificación de políticas.</p>			
Plazo de implementación			
2014-2019			
Impacto de la medida			
<p>La disponibilidad del estudio de caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas permitirá documentar variables de manejo de las tierras agrícolas lo que facilitará la elaboración del inventario de emisiones del sector USCUS disminuyendo la incertidumbre de éste. Asimismo, la disponibilidad de datos reales del manejo de las tierras de cultivo facilitará la planificación de intervenciones sobre éstas y por lo tanto, favorecerá el manejo sostenible de las mismas.</p>			
Posibles barreras			
El desarrollo de un estudio de caracterización de la gestión desarrollada en los suelos agrícolas requiere de recursos humanos, económicos y tecnológicos para su implementación.			
Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO₂
			- \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total
Pay-back	-	años	Beneficio total
			n.d. \$
			- \$

6.B.1 Microinstalaciones de biogás a partir de purines de ganado porcino

Línea de Acción B. Acción. Sector agropecuario

Objetivo

Instalar biodigestores en los granjas de cerdos, con el fin de obtener energía eléctrica.

Descripción de la medida

Los Biogestores se basan en la combustión de los gases generados por los desechos orgánicos (estiércol) de las granjas porcinas. El uso de los biodigestores contribuye a la mitigación de gases de efecto invernadero, debido a que el metano y óxido nítrico generados en las lagunas anóxicas son transformados en CO₂ y una menor cantidad de metano y óxido nítrico, los que supone una disminución del efecto invernadero debido a que el CO₂ tiene un potencial de calentamiento menor que el CH₄. Por otro lado, a partir de la combustión interna del biogás es posible la generación de electricidad para uso productivo, lo que permite evitar el consumo de combustibles fósiles para la generación de dicha electricidad.

Yucatán cuenta con una gran cantidad de unidades productivas porcinas que generan desechos orgánicos, estos representan una condición desfavorable para el medio ambiente, causando un grave problema de contaminación y salud pública.

Mediante esta medida se plantea extender la instalación de biodigestores de pequeñas dimensiones en granjas de cerdos, con el objetivo de reducir las emisiones de GEI debido a la gestión del estiércol y a las emisiones de GEI evitadas por la sustitución de combustibles fósiles por biogás para la producción de energía.

Plazo de implementación

2019-2026

Impacto de la medida

Reducción de las emisiones de GEI.

Reducción de contaminación de aguas subterráneas por lixiviación.

Ahorros económicos por el consumo de electricidad.

Disminución de los problemas de salud en el ámbito rural, mejorando la calidad de vida de la población.

Posibles barreras

Necesidad de una inversión inicial.

Disponibilidad de los ganaderos al cambio de gestión del estiércol.

Disponibilidad de las tecnologías adecuadas.

Emisiones evitadas en el periodo	843	tCO ₂	Coste/ tCO₂	1.560,32	\$/tCO ₂
---	-----	------------------	-------------------------------	----------	---------------------

Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	1.315.756	\$
Pay-back	-	años	Beneficio	-	\$

6.B.2		Mejora de la cobertura vegetal en tierras de pastoreo	
Línea de Acción B. Acción. Sector agropecuario			
Objetivo			
Establecer sistemas silvopastoriles en pastizales con uso de ganadería extensiva para mejorar la cobertura vegetal y la productividad pecuaria.			
Descripción de la medida			
<p>La producción de bovinos en pasturas extensivas compete con otros usos del suelo y, de forma gradual, está modificando el paisaje, acelerando la deforestación asociada a esta actividad, lo que afecta a las condiciones y la calidad de los recursos naturales.</p> <p>Las selvas y bosques se deforestan dando paso a la agricultura y la ganadería, esto provoca que con el tiempo el suelo se degrade y se vuelva improductivo. Además, la ganadería extensiva hace un uso deficiente del suelo, desperdiciando estratos para producir (solo se utiliza el pasto), lo que contribuye a una baja rentabilidad y una desequilibrada producción en las diferentes épocas del año.</p> <p>Los Sistemas Silvi-Pastoriles (SSP) que combinan pasturas con estrato arbóreo, ofrecen una alternativa para mejorar los problemas ecológicos derivados de la ganadería extensiva, además de mejorar la producción. Los árboles en potreros generan bienes y servicios que benefician a la productividad, a la retención y a la mejora del suelo, además de ofrecer Servicios Ambientales como la regulación climática, la conservación de la biodiversidad y la regulación y protección del recurso hídrico.</p> <p>La combinación de árboles forrajeros con ganado es más rentable, ya que el estrato arbóreo proporciona hasta un 70% del alimento al ganado, y éste fertiliza el suelo a través de las excretas.</p> <p>Se propone la plantación de aproximadamente 300 árboles dispersos por hectárea. Las especies más adecuadas serían <i>Erythrina poeppigiana</i> (nombre común poró de sombra), especie leguminosa y <i>Brosimum alicastrum</i> (nombre común, ramón). Ambas son especies forrajeras, la última además provee de forraje también en épocas secas.</p> <p>El establecimiento de árboles puede hacerse mediante la siembra en vivero y el trasplante al potrero a los cuatro o seis meses dependiendo de la especie. De esta forma, los árboles ya tienen un tamaño de entre 20 y 30 centímetros. Es preferible realizar este trasplante al inicio de la época de lluvias.</p>			
Plazo de implementación			
2014-2030			
Impacto de la medida			
Mejora de la productividad del suelo.			
Disponición de forraje de alto valor nutritivo.			
Abastecimiento de forraje durante la época seca.			
Posible obtención de otros productos para venta o consumo propio (alimentos, leña, medicinas...).			
Posibles barreras			
Falta de conocimiento de los ganaderos del sistema silvopastoril.			
Necesidad de una considerable inversión inicial.			
El manejo incorrecto de la biomasa puede aumentar el riesgo de incendios.			
Emisiones evitadas en el periodo	7.644.791	tCO ₂	Coste/ tCO ₂
			-201,17 \$/tCO ₂
Beneficio anual	85.260.330	\$/año	Coste total
Pay-back	1	año	82.047.368 \$
			Beneficio
			1.619.946.271 \$

6.B.3		Fomento de los sistemas agroforestales	
Línea de Acción B. Acción. Sector agropecuario			
Objetivo			
Aprovechar y optimizar la superficie de tierras degradadas, a través de la inclusión de árboles, estableciendo sistemas agroforestales.			
Descripción de la medida			
<p>La inclusión de árboles en los sistemas agrícolas aprovechan y optimizan la superficie productiva conservándola y mejorándola, participando con ello en el desarrollo económico y social.</p> <p>Los sistemas agroforestales son una forma de uso de la tierra, donde leñosas perennes interactúan biológicamente en un área con cultivos. El propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción, respetando el principio de sustentabilidad. Las formas de producción agroforestal son aplicables tanto en ecosistemas frágiles como estables. El objetivo de esta medida es diversificar la producción, controlar la agricultura migratoria, aumentar el nivel de materia orgánica en el suelo, fijar nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima y optimizar la producción del sistema, respetando el sistema sostenido.</p> <p>Existen diferentes tipos de sistemas agroforestales, en este caso, se plantea el sistema que combina árboles maderables con cultivos anuales, más concretamente, una plantación de cedro rojo con cultivo de cacahuete. El establecimiento de la especie forestal se realiza al inicio del periodo de lluvias, con planta de calidad, regionalmente adaptada, en cepas de 30x30x30 cm excavadas con pala.</p> <p>En la misma época de lluvias se establece el cultivo agrícola, cacahuete en este caso, bajo el sistema de cero labranza. Debido a que el cultivo de cacahuete es un cultivo de ciclo primavera-verano, el espacio puede ser aprovechado en el ciclo otoño-invierno con maíz, aunque este supuesto no se ha tenido en cuenta en los cálculos realizados. En caso de que el dosel no permita el paso de luz suficiente al cultivo agrícola pueden establecerse especies rastreras como cacahuatillo, trébol o algún pasto para el control de malezas.</p> <p>Esta comprobado que el establecimiento de plantaciones mezcladas disminuye en gran medida el ataque de plagas y enfermedades.</p>			
Plazo de implementación			
2014-2030			
Impacto de la medida			
<p>Diversificación de la producción.</p> <p>Regeneración de la fertilidad del suelo sobre todo con especies fijadoras de nitrógeno.</p> <p>Se requieren menos insumos externos, como por ejemplo fertilizantes.</p> <p>Mejora el ciclo de nutrientes.</p> <p>Se hace un uso intensivo de la tierra.</p> <p>Aumenta la productividad por unidad de superficie.</p> <p>La diversificación de la producción reduce los riesgos económicos.</p> <p>Uno de los mayores potenciales en zonas de ladera, es la siembra de los árboles en hileras perpendiculares a la pendiente, contribuye a disminuir la erosión.</p>			
Posibles barreras			
<p>Competencia por el agua y los nutrientes entre árboles y cultivos.</p> <p>El espacio que utilizan los árboles disminuye el rendimiento de cultivos.</p> <p>Alto costo de mano de obra para su establecimiento.</p>			
Emisiones evitadas en el periodo	7.915.462	tCO ₂	Coste/ tCO ₂
			-20,83 \$/tCO ₂
Beneficio anual	61.061.914,0	\$/año	Coste total
Pay-back	17	años	Beneficio
			1.011.463.570 \$
			1.160.176.366 \$

6.B.4

Reducción del uso de fertilizantes

Línea de Acción B. Acción. Sector agropecuario

Objetivo

Reducir el uso de fertilizantes químicos, combinándolos con abono natural y materia orgánica procedente de residuos de cultivos.

Descripción de la medida

En México, según indica la SAGARPA, a partir del 2007 se produjo un aumento notorio en el consumo de fertilizantes sintéticos, incrementando el costo integrado de la producción. Debido a su precio también, parte de los cultivos no son fertilizados, disminuyendo su productividad.

Toda materia orgánica se descompone, pero si ésta se somete a un proceso de fermentación aerobia se puede obtener como producto final humus o compost que sirve como fertilizante. Su aplicación, además de permitir un ahorro en el uso de fertilizantes químicos, mejora las propiedades químicas y bioquímicas del suelo (al verse enriquecido con carbono orgánico) y ayuda a retener mejor el agua.

El aprovechamiento del estiércol con un manejo adecuado, también favorece las características fisicoquímicas del suelo.

El uso de abonos verdes es una alternativa a la agricultura tradicional, económica y técnicamente viable para aportar nutrientes, carbono orgánico y mejorar las propiedades de los suelos. Ésta es una práctica agronómica importante que utiliza las plantas (especialmente las leguminosas) como abono, en rotación, sucesión y alternancia de cultivos.

En el caso de los fertilizantes químicos, el mayor impacto en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, es debido a las emisiones de N₂O, ya que el potencial de calentamiento global de este gas es 298 veces mayor que el del CO₂. A pesar de que las emisiones de CO₂ derivadas de la actividad agrícola no representan mucho peso respecto al total de emisiones, sí adquiere más relevancia cuando se trata de las emisiones de N₂O, ya que la agricultura es una de las principales fuentes de emisión de este gas, y el uso de fertilizantes nitrogenados le afecta directamente.

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico / materia orgánica y fertilizantes minerales (Sistema Integrado de Nutrición de las Plantas, SINP) ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, ya que el abono orgánico / la materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan. No obstante, el abono orgánico / la materia orgánica por sí solo no es suficiente para lograr el nivel de producción que el agricultor necesita. Los fertilizantes minerales tienen que ser aplicados adicionalmente. Aún en países en los cuales una alta proporción de desperdicios orgánicos se utiliza como abono y suministro de materia orgánica, el consumo de fertilizantes minerales se ha elevado constantemente.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene un efecto regulador en la temperatura del suelo y le ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad.

Se evitan las emisiones derivadas de los fertilizantes sintéticos.

Ahorro económico.

Posibles barreras

Falta de conocimiento en cuanto a proporciones abono/materia orgánica adecuadas.

Producción insuficiente de abono.

Emisiones evitadas en el periodo	59.750,27	tCO ₂	Coste/ tCO ₂	14,26	\$/tCO ₂
Beneficio anual	3.508.320,9	\$/año	Coste total	851.940	\$
Pay-back	0,2	años	Beneficio	66.658.098	\$

6.B.5 Cultivo de maíz con labranza cero

Línea de Acción B. Acción. Sector agropecuario

Objetivo

Fomentar el laboreo reducido en sistemas de producción tradicional, manteniendo la producción.

Descripción de la medida

Los sistemas de cultivo tradicionales, tienen en muchas ocasiones técnicas que fomentan la degradación del suelo. Además requieren el uso de maquinaria, lo que aumenta el costo integrado del producto además de suponer emisiones de GEI.

La Agricultura de Conservación (AC) es un sistema de producción agrícola sustentable que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las exigencias del cultivo y a las condiciones locales de cada región, cuyas técnicas de cultivo y de manejo del suelo lo protegen de su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen a la preservación de los recursos naturales, sin afectar a los niveles de producción de las explotaciones. Dentro de la AC, existen prácticas destinadas a cultivos herbáceos y leñosos. Las que se aplican en cultivos herbáceos, son la siembra directa (SD), el mínimo laboreo en AC (ML) y las destinadas a cultivos leñosos son las cubiertas naturales o inertes en frutales.

Las prácticas agronómicas englobadas en los sistemas de AC se fundamentan en tres principios: la mínima o nula alteración del suelo, la cobertura permanente del suelo, ya sea con una cubierta viva o una cubierta inerte y la realización de rotaciones de especies en explotaciones de cultivos anuales, aconsejable en la mayoría de los casos.

La AC introduce cambios importantes en la dinámica del carbono del suelo y favorece el secuestro del mismo. El mantenimiento de los restos de cosecha sobre la superficie y la no alteración mecánica del suelo, traen como consecuencia directa una reducción en la tasa de descomposición de los rastrojos; una disminución de la mineralización de la materia orgánica del suelo, debido a una menor aireación y menor accesibilidad de los microorganismos a la misma; y un incremento del carbono del suelo. Con la AC también se consigue mejorar la conservación del aire, disminuyendo la contaminación atmosférica al eliminar la quema de rastrojos y restos de poda, y al reducir las emisiones de CO₂.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Se consigue una descomposición de la mayor parte de los residuos, en condiciones aerobias, consiguiendo una mejora en la estructura del suelo. Se reduce el consumo de energía y el tiempo de preparación.

Se reducen los costos de mantenimiento de la producción.

Posibles barreras

Los restos de rastrojos pueden albergar plagas, fomentando así su propagación.

Se hace necesario un buen conocimiento de la parcela, principalmente en cuanto a malas hierbas y al suelo.

Es necesario un manejo adecuado de herbicidas.

Pueden existir problemas de alelopatías (en ocasiones una planta o los residuos de la cosecha, pueden afectar a la germinación de algunas

Emisiones evitadas en el periodo	282.067,57	tCO ₂	Coste/ tCO ₂	-442,63	\$/tCO ₂
Beneficio anual	19.615.043,4	\$/año	Coste total	247.834.100	\$
Pay-back	12,6	años	Beneficio	372.685.825	\$

6.B.6

Desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes

Línea de Acción B. Acción. Sector agropecuario

Objetivo

Establecer cultivos de palma y plantas de transformación para la producción de biodiésel, en comunidades o ejidos.

Descripción de la medida

Línea base

Una de las principales fuentes de emisión de GEI en México, es la quema de combustibles fósiles, es por ello que se está potenciando el uso de biocombustibles como el biodiésel.

Línea de proyecto

El sector agrícola no sólo produce la materia prima para hacer biodiésel, sino que es también consumidora de diésel. Por ello, contar con una pequeña planta con prensa para crear biodiésel puede ser una opción atractiva para granjas, cooperativas, ejidos y cualquier otro tipo de asociaciones de tamaño pequeño o mediano.

El manejo agrícola e industrial de la palma africana es sencillo. Es un cultivo de alta rentabilidad y es una buena opción para las tierras bajas en las regiones tropicales. Las hojas se cortan a menudo para que no impidan el desarrollo de los racimos, de los cuales se obtendrá el biodiésel, ya que la palma es un tipo de cultivo perenne.

La palma de aceite es la fuente vegetal con el más alto nivel de triglicéridos (material esencial en la creación de biodiésel) del mundo. Es una planta del trópico húmedo, que es la mejor opción para las tierras bajas de las regiones tropicales. Además, ayuda a prevenir la erosión de los suelos. También debería estudiarse el uso de otros cultivos con potencial bioenergético como la jatropha o el sorgo.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Permite que la producción se encuentre en el mismo lugar del consumo, por lo que el manejo de la energía se hace más eficiente.

Hace que los productos cultivados localmente incorporen un mayor volumen de valor agregado.

Reduce el daño al medio ambiente, porque los GEI que se emiten al combustionar el biodiésel corresponden al CO₂ que absorbieron las plantas en vida evitando el consumo de combustibles fósiles.

Genera más empleos, en especial los de las personas encargadas de la planta.

El negocio agrícola diversifica su oferta al agregarle los subproductos del proceso de producción del biodiésel, ya sean para vender, como para autoconsumo (por ejemplo, alimento para ganado, combustible o fertilizante natural).

El cultivo de la palma africana o la jatropha permite aprovechar y enriquecer tierras antes ociosas.

Es un negocio que puede iniciarse con poco capital.

Posibles barreras

La venta en mercados exteriores no es recomendable, debido a los problemas de congelación que presenta a bajas temperaturas.

Se requiere un tamaño mínimo de 500 ha plantadas para que la planta de biodiésel sea rentable.

Falta de conocimiento técnico para el funcionamiento tanto del cultivo como de la planta.

Emisiones evitadas en el periodo	7,018,534.98	tCO ₂	Coste/ tCO ₂	274.94	\$/tCO ₂
Beneficio anual	4,912,501.3	\$/año	Coste total	1,775,681,450	\$
Pay-back	361.5	años	Beneficio	93,337,524	\$

6.C.1		Talleres de trabajo con agricultores	
Línea de Acción C. Participación. Sector Agropecuario			
Objetivo			
Desarrollar cursos de capacitación a agricultores y ganaderos que les proporcionen las herramientas necesarias para desarrollar una agricultura y ganadería sustentables.			
Descripción de la medida			
El desarrollo de una agricultura sustentable va a favorecer la consecución de beneficios económicos mejorando la competitividad de los agentes que componen la cadena de valor gracias a la utilización de tecnologías que optimizan los insumos, incrementan la eficiencia de los procesos, y dan valor añadido a los productos. Asimismo, se va a facilitar la obtención de beneficios ambientales optimizando los recursos (energía, suelo, agua, etc.), reduciendo la generación de GEI y residuos por hectárea cultivada o utilizando tecnologías de bajo impacto ambiental para el control de plagas, enfermedades, etc. Por último, se generarán beneficios sociales como la contribución al desarrollo sustentable del medio rural y de las poblaciones que habitan en el mismo, así como la mejora de la seguridad sobre el abastecimiento de alimentos. Sin embargo, para desarrollar una agricultura sustentables es necesaria una base de conocimiento por parte de los agricultores que les permita desarrollar las prácticas de manera correcta. Por ello, en la presente medida se plantea el desarrollo de una serie de talleres con los agricultores y ganaderos que les proporcionen las herramientas necesarias para desarrollar una agricultura y ganadería sustentables. Se propone, además, la incorporación de los Distritos de Desarrollo Rural los Centros de Apoyo para el Desarrollo Rural y los Consejos Consultivos de Desarrollo Rural Sustentable.			
Plazo de implementación			
2014-2025			
Impacto de la medida			
La inclusión de sistemas de manejo sustentables en los cultivos y explotaciones ganaderas pueden mejorar por un lado la calidad de vida de los agricultores y ganaderos y por otro lado, proteger el medio en el que desarrollan su actividad, así como incrementar los ingresos económicos de la explotación.			
Posibles barreras			
Disponibilidad de la tecnología necesaria para incrementar la productividad de las explotaciones. Disponibilidad por parte de los agricultores a variar sus prácticas de manejo de cultivos y ganado.			
Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO₂
			- \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total
Pay-back	-	años	Beneficio total
			1,000,000 \$
			- \$

1.7. Opciones de reducción en el sector USCUS.

7.A.1		Desarrollo del inventario forestal del Estado de Yucatán	
Línea de Acción A. Conocimiento. Sector USCUS			
Objetivo			
Desarrollar un inventario forestal adaptado a las realidades del Estado de Yucatán.			
Descripción de la medida			
<p>El Inventario Forestal es una herramienta que permitirá obtener la máxima información en relación al estado de las tierras forestales. Concretamente, se recopilarán datos como: el régimen de propiedad y protección, naturaleza, estado legal, probable evolución y capacidad productora de bienes de las tierras forestales.</p> <p>El desarrollo del inventario forestal debe tener una continuidad en el tiempo siendo recomendable su repetición cada 5 a 10 años dependiendo de las características de las masas forestales, así como de la capacidad de implementación del propio inventario.</p> <p>El inventario se desarrollará partiendo de la toma de datos a partir de parcelas de muestreo arboladas a nivel municipal. Para favorecer el seguimiento de la evolución de las masas forestales a lo largo de los distintos inventarios a desarrollar se mantendrán las parcelas de muestreo originales, permitiéndose la comparativa entre los distintos años.</p> <p>Los datos tomados en el campo se informatizarán creándose con ellos bases de datos alfanuméricas y mapas cartográficos que permitan analizar los datos en conjunto.</p> <p>Asimismo, se precisará de una estrecha colaboración con la CONAFOR a la hora de planificar, desarrollar y analizar el inventario de Yucatán, ya que dicha institución lleva años trabajando a nivel nacional y sería conveniente que ambos estudios tuviesen una confluencia y aprovecharan las sinergias existentes.</p>			
Plazo de implementación			
2014-2019			
Impacto de la medida			
<p>La disponibilidad del inventario forestal permitirá documentar variables de estado de las masas forestales lo que facilitará la elaboración del inventario de emisiones del sector USCUS disminuyendo la incertidumbre de éste.</p> <p>Asimismo, la disponibilidad de datos reales de las masas forestales facilitará la planificación de intervenciones sobre éstas y por lo tanto favorecerá la conservación y la gestión sostenible de las mismas.</p>			
Posibles barreras			
El desarrollo de un inventario forestal requiere de recursos humanos, económicos y tecnológicos para su			
Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO₂e	Coste/ tCO₂
			- \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total
			n.d. \$
Pay-back	-	años	Beneficio total
			- \$

7.B.1 Fomento de la reforestación

Línea de Acción B. Acción. Sector USCUS

Objetivo

Reforestar terrenos con aptitud forestal con caoba, para aumentar la superficie forestal y recuperar las superficies degradadas.

Descripción de la medida

En el caso de las zonas de clima tropical húmedo, la vegetación más abundante es la selva perennifolia, asociada a rocas calizas en suelos ricos en materia orgánica y pH ácido, drenaje rápido y suelos someros, que presentan gran cantidad de materia orgánica o suelos aluviales profundos y bien drenados, siendo el segundo caso el más abundante en estos donde las especies importantes son, entre otras: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Manilkara zapota* (ya', zapote, chicozapote), *Bucida buceras* (pukte'), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón), *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato), *Pimenta dioica* (pimienta), *Cedrela odorata* (cedro rojo). En el caso de las zonas de clima tropical seco, la vegetación más abundante es hidrófila debido a la abundante presencia de manglares, ya que este tipo de vegetación no se ha considerado para reforestar, el segundo tipo con mayor profusión sería también la selva perennifolia.

La selva subcaducifolia abunda en las áreas de clima tropical seco. Sus suelos, aunque pedregosos, tienen una pequeña capa de materia orgánica formada por la gran cantidad de hojas que dejan caer los árboles; poseen afloramientos de rocas calcáreas de colores rojizos y blancos. Dentro de las especies que se localizan en este tipo de vegetación destacan las siguientes: *Hymenaea courbaril* (guapinol, capomo), *Hura polyandra* (jobillo, habillo), *Brosimum alicastrum* (ox, ramón, capomo, ojoche), *Lysiloma bahamensis*, *Enterolobium cyclocarpum* (pich, parota, orejón), *Piscidia piscipula* y *Bursera simaruba* (chaka', palo mulato).

A causa de la deforestación ocurrida en las últimas décadas en todo el país y en especial en la península de Yucatán, existen grandes áreas donde debido a los disturbios intensos y recurrentes se ha eliminado de manera total la posibilidad de que la vegetación recupere su estado de forma natural. De cara a revertir este estado y mejorar la calidad del suelo, el Gobierno ha puesto en marcha varios Programas, entre ellos el Pro-Arbol, para promover la recuperación de estas áreas y recuperar la superficie forestal.

La medida consiste en la plantación de vegetación arbórea en zonas en las que ésta es inexistente o se encuentra en estado de degradación; además de manejar dicha plantación de manera sustentable para que se desarrolle de forma adecuada. El objetivo de país para esta medida es aumentar la superficie forestal en un 2%. Se ha seleccionado para la reforestación la especie *Swietenia macrophylla* por ser una especie autóctona y por considerarse apta para las reforestaciones, en especial para la conservación y para evitar la erosión del suelo. Este tipo de medida puede aprovecharse de especies maderables y no maderables de uso tradicional.

Por otro lado, a fin de que la actividad que se realice en estas áreas sea sustentable y ejemplarizante, se propone la utilización de fertilizantes orgánicos en lugar de fertilizantes químicos.

La plantación de la caoba resulta beneficiosa porque se recupera un ecosistema que se había degradado. Además, de albergar el nicho de numerosas especies, las selvas son clave para la reducción de gases de efecto invernadero, por la absorción de CO₂ que realizan. Por otro lado, gracias al uso de fertilizantes orgánicos se evitará la emisión de N₂O a la atmósfera.

Asimismo, el establecimiento de este tipo de plantaciones tiene el respaldo y la ayuda financiera del Gobierno, ya que existen programas por los que se puede recibir financiación.

En cuanto a las desventajas, al ser tierras degradadas las que se proponen reforestar, sin explotación agropecuaria aparente; no se considera que existan grandes barreras, salvo la conversión de esas tierras a asentamientos humanos, que en todo caso, se considera que las pérdidas en materia ambiental serían mucho mayores.

Plazo de implementación
2014-2019

Impacto de la medida

La superficie conservada y restaurada se incrementa en terrenos forestales y preferentemente forestales, aumentando la superficie destinadas a los sumideros de carbono.

Generación de empleos directos e indirectos, protección de suelos fértiles que serían arrastrados con las lluvias, muro protector contra el viento en zonas de cultivo.

Posibles barreras

Posibles problemas en seguimiento de asignaciones y de coordinación.

Absorciones	590,824.17	tCO₂	Coste/ tCO₂	353.28	\$/tCO₂
Beneficio anual	1,222,100	\$/año	Coste total	205,685,539	\$
Pay-back	168.3	años	Beneficio	23,219,902	\$

7.B.2

Plantaciones en tierras deforestadas o degradadas.

Línea de Acción B. Acción. Sector USCUS

Objetivo

Implementar plantaciones de forestales maderables, para la producción de madera comercializable para aserraderos.

Descripción de la medida

A través de plantaciones comerciales, las áreas degradadas o improductivas se convierten en áreas forestales productivas, obteniendo materias primas celulósicas o maderables. En el caso del cedro rojo, su madera se considera una madera preciosa y, por lo tanto, de alto valor comercial siendo utilizada para muebles de alta calidad. Después de la caoba es la especie maderable preciosa más importante en la industria forestal de México y de uso local más importante en América tropical.

Para esta especie de crecimiento más lento, se propone utilizar el sistema agroforestal taungya, donde un área plantada con árboles jóvenes permite el cultivo de cosechas durante un tiempo, a la vez que se cuida la plantación de árboles hasta que éstos crecen lo suficiente, ya que crean sombra.

La deforestación, pérdida y degradación de los ecosistemas generalmente relacionado con el avance de la frontera agrícola y pecuaria ocurrida en las últimas décadas ha sido alarmante. De cara a revertir la situación, desde la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) a través de la Gerencia de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales, se puso en marcha el Programa de Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales (PRODEPLAN) en 1997. Gracias a este Programa, las plantaciones forestales comerciales han aumentado de manera considerable en los últimos años, donde las superficies más extensas han correspondido al cedro rojo (*Cedrela odorata*) y a la caoba (*Swietenia macrophylla*), asociadas con otras maderas preciosas.

Esta medida consiste en la plantación de vegetación arbórea en zonas en las que ésta es inexistente o se encuentra en estado de degradación; realizando un manejo sustentable para que la plantación se desarrolle de forma adecuada. Se ha seleccionado para la reforestación la especie *Cedrela odorata*, por ser una especie autóctona y por considerarse apta para las reforestaciones, es especial para la conservación y para evitar la erosión del suelo. El cedro rojo es una especie pionera muy abundante en la vegetación secundaria de diversas selvas. Frecuente en el estrato superior de las selvas y en lugares de pastoreo (potreros), cafetales y cacaoales. Con reconocido potencial para reforestación productiva en zonas degradadas de selva, en zonas secas y áridas, el cedro rojo ha permitido experiencias de siembra directa en México. Por otro lado, a fin de que la actividad que se realice en estas áreas sea sustentable y ejemplarizante, se propone la utilización de fertilizantes orgánicos en lugar de fertilizantes químicos.

La plantación del cedro resulta beneficiosa porque se recupera un ecosistema que se había degradado. Además de albergar el nicho de numerosas especies, las selvas son clave para la reducción de gases de efecto invernadero, por la absorción de CO₂ que realizan. Pro otro lado, gracias al uso de fertilizantes orgánicos se evitará la emisión de N₂O a la atmósfera.

Gracias a la plantación forestal de cedro rojo, se prevé además, contribuir en la disminución del déficit estatal de abasto de materias primas y productos para la industria forestal y otros usos; así como en la presión del aprovechamiento sobre los bosques y selvas naturales.

Asimismo, los propietarios que opten por establecer plantaciones forestales comerciales podrán solicitar financiación a través de los Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales (PRODEPLAN).

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

Se abastece la demanda de productos forestales disminuyendo la explotación de los bosques tropicales nativos.

Además, se produce un mejor manejo de los recursos forestales mediante la consolidación de proyectos de plantaciones comerciales.

Se da una revalorización de predios forestales mediante las plantaciones comerciales como actividad de adición de ingresos económicos.

Tasa de retorno competitiva a largo plazo, con un riesgo relativamente bajo.

Posibles barreras

Falta de recursos económicos para hacer frente a la inversión requerida.

Incorrecta difusión del Programas que puedan permitir una fuente de financiación a nivel del beneficiario.

Escasa divulgación de la diversidad de especies maderables y no maderables con fines de plantación

Inadecuada distribución de los beneficios entre los diferentes sectores de la población.

Nula difusión de experiencias técnicas (mantenimiento, aclareos, prácticas silvícolas, protección forestal, etc.) sobre plantaciones comerciales.

Absorciones	600,989.63	tCO₂	Coste/ tCO₂	506.27	\$/tCO₂
Beneficio anual	1,246,434	\$/año	Coste total	317,644,825	\$
Pay-back	254.8	años	Beneficio	23,682,239	\$

7.B.3. Figuras de protección para evitar la deforestación

Línea de Acción B. Acción. Sector USCUS

Objetivo

Aumentar la superficie de las áreas forestales protegidas bajo los distintivos sistemas de protección existentes.

Descripción de la medida

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra actualmente 175 áreas naturales de carácter federal, que representan más de 25,372,182 de hectáreas. Estas áreas se clasifican en las siguientes categorías: Reserva de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna y Santuarios.

El objetivo de la CONANP es el de aumentar las áreas protegidas, con especial interés en aquellas superficies donde el ecosistema original no haya sido esencialmente alterado. Muchas de las áreas protegidas tienen como fin la protección, el manejo y la restauración para la conservación. Asimismo, se presta especial atención a la población local, apoyando proyectos que mejoren su calidad de vida, mitigando los impactos causados en el entorno. Por otro lado, estas áreas protegidas se consolidan como una herramienta de desarrollo sustentable, sensibilización y cultura para la conservación donde se desarrollan los Programas de Turismo de Áreas Protegidas. A todo esto hay que añadirle el interés en lograr la conservación de especies en riesgo.

La protección de las tierras forestales supone una barrera a la deforestación debido a que se evita cambio de uso de suelo. A pesar de que en muchas áreas se siguen desarrollando actividades forestales, éstas se desarrollan de manera planificada y siguiendo los principios del manejo sustentable, revirtiendo el deterioro y destrucción de los ecosistemas.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

Apoyo en la mejora de la calidad de vida de los pobladores locales y mitigar los impactos negativos a los ecosistemas y su biodiversidad.

Además, se produce una mejora de los ecosistemas.

Se favorece el aumento de la biodiversidad.

Posibles barreras

Falta de consenso entre los gestores.

Necesidad de una considerable inversión inicial.

Falta de control sobre el manejo de las Áreas Protegidas.

Absorciones	2,861,485	tCO₂	Coste/ tCO₂	36.78	\$/tCO₂
Beneficio anual	360,956	\$/año	Coste total	65,626,213	\$
Pay-back	181.8	años	Beneficio	6,858,165	\$

7.C.1

Capacitación sobre mejora de la productividad en sistemas agropecuarios para reducir la deforestación

Línea de Acción C. Participación. Sector USCUS

Objetivo

Desarrollar cursos de capacitación a agricultores y ganaderos que les proporcionen las herramientas necesarias para incrementar el rendimiento de sus explotaciones, evitando la deforestación de zonas adyacentes.

Descripción de la medida

Una de las principales causas de la deforestación tropical es la expansión agrícola, entendiendo como tal la expansión de los cultivos permanentes, la ganadería, la agricultura migratoria, etc. Los detonantes de la deforestación pueden ser diversos: condiciones ambientales favorables, incremento en los precios de los productos cultivados, reducción de los sueldos de los obreros que trabajan la tierra, etc. Sin embargo, se pueden poner en marcha acciones que eviten la sustitución de bosques por tierras agrícolas. Para fomentar este tipo de acciones es imprescindible que los propios agricultores tengan herramientas que les permitan hacer frente a la problemática que se les presenta evitando deforestar las tierras forestales adyacentes. Por ello, la capacitación de los agricultores se presenta como un apoyo imprescindible para evitar la deforestación en Yucatán. Específicamente, asociado a esta medida se propone desarrollar talleres de capacitación orientados a formar a los agricultores y ganaderos para incrementar la producción de sus explotaciones y evitar de este modo la deforestación de nuevas áreas para incrementar el tamaño de las mismas.

Plazo de implementación

2014-2025

Impacto de la medida

La inclusión de nuevas tecnologías en los cultivos y explotaciones ganaderas pueden mejorar por un lado la calidad de vida de los agricultores y ganaderos y por otro lado, proteger el medio en el que desarrollan su actividad.

Posibles barreras

Disponibilidad de la tecnología necesaria para incrementar la productividad de las explotaciones.
Necesidad de inversiones iniciales elevadas para incrementar la productividad de las explotaciones.
Disponibilidad por parte de los agricultores a variar sus prácticas de manejo de cultivos y ganado.

Emisiones evitadas en el periodo	- tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	- \$/tCO ₂ e
----------------------------------	----------------------	-------------------------	-------------------------

Beneficio anual	- \$/año	Coste total	1.000.000 \$
Pay-back	- años	Beneficio total	- \$

7.C.2

Capacitación sobre manejo sustentable de tierras forestales

Línea de Acción C. Participación. Sector USCUS

Objetivo
Desarrollar cursos de capacitación a los profesionales del sector forestal que les proporcionen las herramientas necesarias para desarrollar un manejo sustentable de las explotaciones forestales.
Descripción de la medida
La ausencia de gestión forestal de las tierras forestales, los incendios forestales, las tala ilegales y su comercio asociado o el desarrollo de asentamientos, plantean una serie de problemas asociados a un manejo inadecuado de las tierras forestales. Para llevar a cabo un manejo acorde a las necesidades de estas áreas es necesario crear un conocimiento básico en relación al manejo sustentable de las tierras forestales. Por ello, se plantea el desarrollo de cursos de capacitación a los profesionales del sector forestal que les proporcionen las herramientas necesarias para ello.
Plazo de implementación
2014-2025
Impacto de la medida
Incremento de la superficie forestal manejada de manera sustentable en el estado de Yucatán.
Posibles barreras
Disponibilidad de la tecnología necesaria para desarrollar un manejo sustentable sobre las tierras forestales. Necesidad de inversiones para desarrollar un manejo sustentable de las superficies forestales. Disponibilidad por parte de los profesionales del sector forestal a variar sus prácticas de manejo de las tierras forestales.

Emisiones evitadas en el periodo	- tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	- \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	1.000.000 \$
TRS	-	años	Beneficio total - \$

7.C.3.

Manejo forestal sustentable a través de las comunidades

Línea de Acción B. Participación. Sector USCUS

Objetivo
Aumentar la superficie bajo manejo forestal sustentable.
Descripción de la medida
<p>Los bosques manejados de manera sustentable tienen como fin la obtención de beneficios económicos y sociales de los mismos, sin alterar su función ecológica. En este sentido es destacable el papel que tienen estos tipos de bosques en México, ya que es el país con más bosques con manejo comunitario certificados como sustentables en el mundo, tanto en las zonas templadas, como en las tropicales; con 792,275 hectáreas acreditadas bajo la certificación FSC (Consejo de Manejo Forestal). Por otro lado, hay que tener en cuenta que el 80 % de la superficie forestal mexicana es de propiedad ejidal y comunal, resultado de los antecedentes marcados por las poblaciones indígenas del país, que han tenido una fuerte trayectoria en el manejo comunitario de los recursos naturales.</p> <p>Las tierras forestales bajo el manejo sustentable producen tanto bienes maderables y no maderables, como servicios ambientales (captación de agua, captira de carbono, protección contra la erosión, diversidad biológica). Este tipo de manejo, además, se caracteriza por basarse en conocimientos tradicionales a la hora de tomar decisiones sobre los recursos, anteponiendo el futuro de la comunidad a los beneficios.</p> <p>La medida consiste en fomentar el manejo forestal sustentable en las comunidades forestales que ya estén establecidas en Yucatán, con el fin de obtener bienes con un alto potencial de certificación forestal.</p>

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

Incorporación valor añadido a los productos.
 Optimización del uso de los recursos naturales (energía, agua, suelo).
 Combatir los diferentes tipos de estreses en los cultivos (plagas, enfermedades, temperatura, competencia de malas hierbas) mediante tecnologías que reducen el impacto medioambiental.
 Contribuir al desarrollo sostenible del Medio Rural y de las poblaciones que viven en él.
 Mejorar la seguridad en el abastecimiento alimentario.

Posibles barreras

Recursos humanos, económicos y tecnológicos para su implementación.
 Necesidad de inversiones para desarrollar un manejo sustentable de las superficies forestales.
 Disponibilidad por parte de los profesionales del sector forestal a variar sus prácticas de manejo de las tierras forestales

Absorciones	- tCO ₂	Coste/ tCO ₂	n.d.	\$/tCO ₂
Beneficio anual	- \$/año	Coste total	-	\$
TRS	- años	Beneficio	-	\$

1.8. Opciones de reducción en el sector residuos.

8.A.1

Estudios de generación y caracterización de residuos sólidos urbanos

Línea estratégica A. Conocimiento. Sector residuos.

Objetivo

Mejorar el conocimiento sobre la cantidad, el tipo y las características de los residuos sólidos generados en las diferentes zonas del Estado de Yucatán, de forma que se facilite la determinación del tamaño y las características que deben tener las infraestructuras de recolección y transporte, así como las de tratamiento final de los mismos.

Descripción de la medida

Desarrollar estudios cada 5 años sobre la generación y caracterización de los residuos sólidos generados en el territorio del Estado de Yucatán, enfocándolos por localidad o grupo de localidades próximas o similares.

La actualización periódica de este tipo de estudios permitirá mejorar la planificación de manejo de los residuos acorde a sus características socioeconómicas y ambientales, así como conocer el volumen de residuos susceptibles de ser valorizados.

Plazo de implementación

2014-2024

Impacto de la medida

La ampliación del conocimiento sobre el diagnóstico de la situación es la clave para poder establecer otra serie de medidas que incidan en la reducción y optimización del manejo de los residuos, que permitan una menor contaminación y una mayor generación de negocios comunitarios en torno a la valorización de los residuos.

Posibles barreras

Posibles barreras por la inversión inicial a realizar.

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	2.500.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

8.A.2

Nueva planificación estatal para la prevención y gestión integral de los residuos

Línea estratégica A. Conocimiento. Sector residuos.

Objetivo

Establecer la nueva planificación general que marque las pautas para la prevención y gestión integral de los residuos en los próximos años, dentro de la vigencia del Programa Estatal de Acción contra el Cambio Climático 2014-2030.

Descripción de la medida

Con la finalización en el año 2012 del actual Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de los residuos en Yucatán, se hace necesario desarrollar un nuevo Programa que integre las medidas definidas por el PEACC para los próximos años.

El nuevo Programa incorporará acciones tanto de mejora del conocimiento sobre los residuos generados en el estado, como las acciones previstas para alcanzar una gestión adecuada de los mismos. Ello acompañado de medidas de sensibilización y capacitación.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

El establecimiento de una planificación adecuada, que integre y desarrolle en detalle los pasos a dar para alcanzar los objetivos fijados es el instrumento necesario para lograr una reducción de las emisiones de metano procedentes de los residuos sólidos urbanos.

Posibles barreras

Posibles barreras por la inversión inicial a realizar.

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	800,000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

8.B.1

Reciclaje de residuos sólidos urbanos

Línea estratégica B. Acción. Sector residuos.

Objetivo

Disminuir en un 20% la cantidad de residuos sólidos urbanos que acaban en Sitios de Disposición Final o tiraderos a cielo abierto, aumentando la tasa de reciclaje de los mismos.

Descripción de la medida

Los últimos datos aportados por la SEDUMA (2008) apuntan a un incremento de las fracciones reciclables de los RSU (como vidrio, papel, plásticos y metales), en contraposición a una disminución de la fracción más orgánica (residuos de comidas, jardinería, etc.). Ello permite que las opciones para el reciclaje de los materiales aumenten también. Para ello es importante la separación de las diferentes fracciones. Así, la medida persigue la puesta en marcha de plantas separadoras que permitan la separación máxima de las diferentes fracciones de los RSU y su envío a los diferentes sistemas de reciclaje.

De acuerdo con los datos de composición de la SEDUMA (2008), alrededor del 40% de los residuos sólidos urbanos generados podrían ser susceptibles de ser aprovechados de nuevo.

Se asume, por lo tanto, que en el año 2030 al menos el 20% de los RSU van a ser tratados en plantas de separación, alcanzando un 40% de reciclaje de los mismos. Este porcentaje de reciclaje puede ser superior si se fomenta la separación en el hogar y se realiza una recogida selectiva de las diferentes fracciones.

Plazo de implementación

2014-2024

Impacto de la medida

Además de los beneficios ambientales ligados a la menor disposición final de los residuos sólidos urbanos (contaminación de aguas y los suelos, emisiones a la atmósfera, combustión accidental del biogás generado o proliferación de fauna nociva, entre otras), el fomento del reciclaje permite también la creación y desarrollo de una industria ambiental con viabilidad social y económica.

Posibles barreras

Debido a que la competencia final en la recogida y gestión de los RSU es municipal, se considera necesario involucrar en el desarrollo de la medida a los municipios a través de procesos de participación comunitaria que permitan el diseño de sistemas integrales de manejo de RSU.

Además, hay que tener en cuenta que este tipo de acciones son también impulsadas a nivel federal, siendo ello también una oportunidad para lograr financiación internacional a través de mecanismos como pueden ser los NAMAs.

Emisiones evitadas en el periodo	1.133.630	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	59,78	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	17.863.793,0	\$/año	Coste total	488.427.715	\$
Pay-back	27,3	años	Beneficio total	339.412.067	\$

8.B.2

Biodigestión de residuos sólidos urbanos

Línea estratégica B. Acción. Sector residuos.

Objetivo

Disminuir en un 20% la cantidad de residuos orgánicos que acaban en Sitios de Disposición Final o tiraderos a cielo abierto, aprovechando el biogás generado en la descomposición de los mismos en sistemas de tratamiento cerrados (biodigestores).

Descripción de la medida

Los últimos datos aportados por la SEDUMA (2008) revelan que la fracción más orgánica (residuos de comidas, jardinería, etc.) se encuentra en torno al 50% de la composición global de los residuos sólidos urbanos generados, habiendo disminuido ligeramente en 10 años. Aún así, el porcentaje es elevado, lo que permite una diversificación de los métodos para el tratamiento de la materia orgánica, principal fuente de generación de metano en los sitios de disposición final. Para ello es importante la separación previa de las diferentes fracciones. Así, una de las opciones para su tratamiento son los biodigestores, cámaras herméticas donde se mineralizan los residuos orgánicos por acción de bacterias anaerobias, generándose biogás en el proceso. Además, una vez terminado el proceso de biodigestión, se genera un producto (residuos mineralizados) que puede ser comercializado como abono y biogás que se puede utilizar para generación eléctrica. Se asume que en el año 2030 al menos el 20% de los residuos sólidos orgánicos serán tratados por biodigestión, mediante la implantación de plantas para ello.

Plazo de implementación

2014-2024

Impacto de la medida

Además de los beneficios ambientales ligados a la menor disposición final de los residuos sólidos urbanos (contaminación de aguas y los suelos, emisiones a la atmósfera, combustión accidental del biogás generado o proliferación de fauna nociva, entre otras), el aprovechamiento del biogás permite una generación eléctrica renovable y sostenible que desplaza otras formas de generación basadas en los combustibles fósiles. Así, se produce una reducción de emisiones de GEL adicional derivada de los combustibles fósiles que dejan de utilizarse para producir esa electricidad.

Posibles barreras

En México hay muy pocas experiencias de este tipo de gestión de la fracción orgánica de los residuos, existiendo únicamente una planta en Cancún, Quintana Roo. Por otra parte, es muy importante la separación inicial de los residuos, para que a la planta de biodigestión llegue únicamente materia orgánica. Otro aspecto a tener en cuenta es que estas plantas requieren de un mantenimiento municipal, que puede ser dificultoso por la falta de recursos y capacitación de los mismos. El escaso periodo de tres años entre un gobierno municipal y el siguiente también puede dificultar la operación de estas plantas. Además, el abono generado debe contar con la suficiente demanda local para poder generar ingresos. En la misma línea, pueden producirse problemas también en el aprovechamiento de la electricidad generada. En los casos en que los ingresos por venta de abono y electricidad no pueden darse, el balance económico del proyecto se ve perjudicado.

Emisiones evitadas en el periodo	1.133.630	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	10,54	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	16.863.247,5	\$/año	Coste total	158.728.337	\$
Pay-back	9,4	años	Beneficio total	320.401.702	\$

8.B.3

Compostaje de residuos sólidos orgánicos

Línea estratégica B. Acción. Sector residuos.

Objetivo

Disminuir en un 20% la cantidad de residuos orgánicos que acaban en Sitios de Disposición Final o tiraderos a cielo abierto, a través del compostaje de los mismos.

Descripción de la medida

Los últimos datos aportados por la SEDUMA (2008) revelan que la fracción más orgánica (residuos de comidas, jardinería, etc.) se encuentra en torno al 50% de la composición global de los residuos sólidos urbanos generados, habiendo disminuido ligeramente en 10 años. Aún así, el porcentaje es elevado, lo que permite una diversificación de los métodos para el tratamiento de la materia orgánica, principal fuente de generación de metano en los sitios de disposición final. Para ello es importante la separación previa de las diferentes fracciones. Así, una de las opciones para su tratamiento son las plantas de compostaje, donde la materia orgánica es mineralizada en presencia de oxígeno. El subproducto generado, compost, puede ser aprovechado en los cultivos como fertilizante.

Se asume que en el año 2030 al menos el 20% de los residuos sólidos orgánicos serán tratados por compostaje, mediante la implantación de plantas para ello.

Plazo de implementación

2014-2024

Impacto de la medida

Además de los beneficios ambientales ligados a la menor disposición final de los residuos sólidos urbanos (contaminación de aguas y los suelos, emisiones a la atmósfera, combustión accidental del biogás generado o proliferación de fauna nociva, entre otras), el aprovechamiento del compost puede potenciar la economía local.

Posibles barreras

El mercado de la composta no se encuentra muy desarrollado en México, estando principalmente ligado a la agricultura orgánica, por lo que el balance económico sin los ingresos de la venta del compost se vería perjudicado. Por otra parte, estas plantas requieren de un mantenimiento municipal, que puede ser dificultoso por la falta de recursos y capacitación de los mismos. El escaso periodo de tres años entre un gobierno municipal y el siguiente también puede dificultar la operación de estas plantas.

Emisiones evitadas en el periodo	1.133.630	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	26,26	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	6.242.262,6	\$/año	Coste total	87.508.955	\$
Pay-back	14,0	años	Beneficio total	118.602.990	\$

8.B.4

Captación y valorización energética del biogás de rellenos sanitarios

Línea estratégica B. Acción. Sector residuos.

Objetivo

Evitar que el biogás generado en los rellenos sanitarios por la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos urbanos se emita a la atmósfera, debido a su alto contenido en CH₄, a través de la captación y valorización energética del mismo.

Descripción de la medida

Instalación de sistemas de captación de biogás en los rellenos sanitarios de residuos urbanos. Ello consiste en la extracción del mismo mediante un sistema de pozos conectados que conducen el biogás hacia unos puntos de recogida.

Posteriormente, puede realizarse la valorización energética del mismo a través de su cogeneración, obteniéndose electricidad que es vertida a la red general.

En el Estado de Yucatán, el principal relleno sanitario, situado en Mérida, cuenta ya con la recogida del biogás y se está trabajando en su valorización. Sin embargo, existen otros de menor tamaño y se tiene prevista la puesta en marcha de otros ocho, donde se puede incorporar esta medida.

De acuerdo con los datos de la SEDUMA, con la construcción de estos rellenos sanitarios y sus plantas de transformación, se estarían tratando alrededor del 98% de los residuos sólidos generados.

Plazo de implementación

2014-2030

Impacto de la medida

Además de los beneficios ambientales ligados a la menor disposición final de los residuos sólidos urbanos (contaminación de aguas y los suelos, emisiones a la atmósfera, combustión accidental del biogás generado o proliferación de fauna nociva, entre otras), el aprovechamiento del biogás permite una generación eléctrica renovable y sostenible que desplaza otras formas de generación basadas en los combustibles fósiles. Así, se produce una reducción de emisiones de GEI adicional derivada de los combustibles fósiles que dejan de utilizarse para producir esa electricidad.

Posibles barreras

La implantación de sistemas de recogida de biogás en rellenos sanitarios que se encuentran ya en activo suele ser dificultosa, debido a la propia dinámica diaria del relleno.

Por otra parte, la conexión a la red general de electricidad no siempre es sencilla y depende, entre otras cosas, de dónde esté ubicado el relleno sanitario. Por último, es necesario indicar que la viabilidad económica de esta medida depende también del biogás generado, siendo en vertederos pequeños muchas veces insuficiente para soportar la inversión de la planta de cogeneración necesaria. En estos casos, puede obtenerse por la quema en antorcha del biogás generado, tal y como se realiza ahora en el relleno de Mérida.

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

8.B.5

Biodigestores de aguas residuales

Línea estratégica B. Acción. Sector residuos.

Objetivo

Reducir las emisiones de GEI asociadas a las aguas residuales, mejorando la calidad de las aguas subterráneas, a través del impulso a la implantación de biodigestores para su tratamiento.

Descripción de la medida

En la actualidad, en la mayoría de los domicilios del municipio de Mérida, el efluente doméstico es descargado al subsuelo por medio de tanques sépticos, y en algunos otros se utilizan pozos someros de aproximadamente 6 m de profundidad, los cuales descargan sus aguas semitratadas al acuífero a través de pozos. La instalación de biodigestores en las viviendas evitaría esta descarga a las aguas subterráneas. Los biodigestores son sistemas conectados a los desagües de la vivienda, que reciben los desechos generados. Éstos son sometidos a un proceso de descomposición natural, donde se separa y se filtra el líquido a través de un filtro biológico anaeróbico, que atrapa la materia orgánica y deja pasar únicamente el agua tratada, que sale del sistema. El efluente generado puede ser utilizado para el riego. La fracción sólida generada se acumula en el biodigestor, en forma de lodo inodoro que debe ser drenado cada 2 años. Su tratamiento posterior consiste en dejarlo secar, pudiendo usar este subproducto como abono. En México existen algunos fabricantes que comercializan biodigestores individuales, cuyo coste varía entre los 5,000 \$ y los 7,000, en función del tamaño.

Plazo de implementación

2014-2025

Impacto de la medida

Además del efecto sobre la emisión de GEI, con la aplicación de esta medida se consigue una mejora de la calidad de las aguas subterráneas, al evitar el filtrado que se produce con los actuales sistemas de recogida de las aguas residuales. Ello desemboca también en una mejora de la salud de la población.

Posibles barreras

Aunque los requerimientos de mantenimiento de los biodigestores no son altos, es necesario su vaciado periódico y un tratamiento posterior de los lodos generados, lo que puede dificultar su acogida por la ciudadanía. Por otra parte, es necesario acompañar la medida con acciones de comunicación, difusión y capacitación, de cara a vencer las barreras sociales existentes. Por último, es necesario impulsar económicamente la medida para las viviendas ya construidas y establecer una normativa que obligue a los constructores a instalar estos sistemas en las nuevas urbanizaciones, por parte de los constructores y fraccionadores.

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO2e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO2e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	n.d.	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

8.C.1

Modelos comunitarios para el manejo ecológico de los residuos sólidos urbanos

Línea estratégica C. Participación. Sector residuos.

Objetivo

Apoyar la disminución de la generación de residuos sólidos urbanos e intensificar su aprovechamiento y valorización a través de programas de planeamiento y participación comunitaria en áreas vulnerables, donde la gestión de los residuos es clave por su importante potencial contaminante.

Descripción de la medida

La medida persigue la implantación de modelos de participación comunitaria, que permitan el establecimiento de sistemas integrales de manejo de residuos sólidos urbanos en zonas vulnerables.

El modelo involucra tanto a la población, como a las autoridades municipales y las cooperativas comunitarias que puedan participar en la gestión de los residuos. A través de talleres se trabaja en la identificación de los retos y en la generación de las alternativas. Estas sesiones hacen también la labor de información y sensibilización a las diferentes fracciones de la sociedad municipal.

Es importante incluir, a la hora de trabajar posibles soluciones, estudios de mercado que ayuden a visualizar la oferta y la demanda que pueda haber de residuos reciclables en la zona, así como desarrollos normativos a escala municipal para el manejo de los residuos.

Una vez diseñado el modelo de gestión apropiado para cada municipio, se complementa con la capacitación necesaria y el seguimiento de las actuaciones previstas (reducción, manejo, tratamiento y comercialización). Así, esta medida es un complemento necesario al resto dirigidas a dotar de infraestructuras necesarias para la optimización de la gestión de los residuos sólidos urbanos.

Plazo de implementación

2014-2019

Impacto de la medida

Además de los beneficios ambientales ligados a la menor disposición final de los residuos sólidos urbanos (contaminación de aguas y los suelos, emisiones a la atmósfera, combustión accidental del biogás generado o proliferación de fauna nociva, entre otras), el fomento del reciclaje permite también la creación y desarrollo de una industria ambiental con viabilidad social y económica.

El modelo propuesto es fácilmente replicable en diferentes localidades y es una medida de acompañamiento necesaria a las medidas de infraestructuras, para que éstas no acaben convirtiéndose en tiraderos a cielo abierto muy costosos.

Posibles barreras

A la contra, también es necesario acompañar a esta medida de la infraestructura necesaria, principalmente de rellenos sanitarios regionales o intermedios que permitan la disposición final adecuada de los residuos no valorizables. Así mismo, es importante incidir con campañas de comunicación y sensibilización globales que acompañen a estas sesiones de trabajo, para involucrar a toda la sociedad.

Así mismo, en una primera etapa es necesario incidir con la replicación de acciones de capacitación y formación, para permitir que el conocimiento sea interiorizado por los diferentes agentes sociales.

Emisiones evitadas en el período	- tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	- \$/tCO ₂ e
Beneficio anual	- \$/año	Coste total	1.000.000 \$
Pay-back	- años	Beneficio total	- \$

8.C.2

Campañas de concienciación: Por una menor generación de residuos

Línea estratégica C. Participación. Sector residuos.

Objetivo

Generar un conjunto de instrumentos y herramientas para la comunicación y capacitación de la ciudadanía dirigidas a la menor generación de residuos sólidos urbanos, así como a la correcta separación de los mismos, de forma que se facilite el manejo posterior de las diferentes fracciones.

Descripción de la medida

Todo cambio de hábitos requiere de una información y sensibilización previa, por lo que para alcanzar un menor ratio de generación de residuos sólidos urbanos por habitante, así como una adecuada separación de los residuos, es necesario llevar a cabo campañas que permitan esta capacitación ciudadana. Las mismas deben ir dirigidas a los diferentes sectores de la población, pudiendo extenderse a centros escolares y universidades a través de talleres o conferencias dirigidas a los diferentes rangos de edad. Así mismo, se puede reforzar con la edición o publicación en la página web del Observatorio de Cambio Climático de Yucatán, de materiales como guías para aquellos sectores de la sociedad más interesados.

Por otra parte, se pueden desarrollar talleres para adultos donde se capacite sobre la importancia de las acciones, relacionando la generación de residuos con los problemas ambientales ligados a su gestión, así como los beneficios de un buen manejo.

Plazo de implementación

2014-2025

Impacto de la medida

La capacitación de la ciudadanía conlleva suministrarles conocimientos que mejoren el estilo de vida en sus hogares, lo que puede repercutir en buenas prácticas que mejoren su calidad de vida.

Posibles barreras

Es importante diseñar los instrumentos de comunicación de acuerdo a la tipología de interlocutor que reciba la información, de forma que los mensajes se adecúen a los objetivos planteados y al estrato social al que va dirigido. La transmisión de información en un lenguaje alejado de la realidad de la audiencia o una falta de concreción en la información a transmitir pueden generar pérdida de información, falta de interés o una total ineficiencia en transmisión de los mensajes.

Emisiones evitadas en el periodo	-	tCO ₂ e	Coste/ tCO ₂	-	\$/tCO ₂ e
Beneficio anual	-	\$/año	Coste total	1.000.000	\$
Pay-back	-	años	Beneficio total	-	\$

Anexo II. Hipótesis técnicas utilizadas en el análisis de medidas.

A continuación se especifican las hipótesis técnicas asumidas en el análisis de las diferentes opciones de mitigación identificadas en el presente documento.

SECTOR GENERACIÓN ENERGÍA ELÉCTRICA

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector de generación de energía eléctrica.

Medida 1.B.1. Impulso a la energía solar fotovoltaica

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia instalada	10 MW en 2013, 10 MW en 2014 y 5 MW en 2015	Estimación propia en base a datos previsiones de generación eléctrica reportadas en la Estrategia Nacional de la Energía 2012-2026
Factor de carga de la instalación	20%	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Vida útil	25 años	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Mix eléctrico Yucatán	3.82 t CO ₂ e/Mwh	Inventario de GEI del Estado de Yucatán, 2005
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo instalación	MXN \$ 77,375/kW	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Costo de operación	MXN \$ 0,15125 / kWh	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Precio venta electricidad	MXN \$ 1,843.8 / MWh	CFE. Consulta de archivos de costos totales de corto plazo incurridos horarios, septiembre 2012

En esta medida ha de tenerse en cuenta que se ha considerado un sistema conectado a la red eléctrica, es decir, que la energía eléctrica generada se vierta a la red, obteniéndose un beneficio gracias a su venta. Sin embargo, por las características del Estado de Yucatán, también cabría estudiar la posibilidad de instalar sistemas en

zonas que no dispongan de conexión a la red eléctrica, con lo que obtendrían una fuente de energía eléctrica.

No obstante, en el caso de que se instalen en una zona sin conexión a la red eléctrica, habría que considerar también el incremento de costo que supondría, por una parte, la necesidad de emplear baterías para almacenar la energía y el beneficio que no se obtendría al no comercializarse la energía eléctrica.

Medida 1.B.2. Impulso a la energía eólica

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia instalada	100 MW en 2013, 100 MW en 2014 y 100 MW en 2015	Estimación propia en base a datos previsiones de generación eléctrica reportadas en la Estrategia Nacional de la Energía 2012-2026
Factor de carga de la instalación	30%	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Vida útil	20 años	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Mix eléctrico Yucatán	3.82 t CO ₂ e/Mwh	Inventario de GEI del Estado de Yucatán, 2005
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo instalación	MXN \$ 13,500/kW	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Costo de operación	MXN \$ 0,09375 / kWh	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Precio venta electricidad	MXN \$ 1,843.8 / MWh	CFE. Consulta de archivos de costos totales de corto plazo incurridos horarios, septiembre 2012

Uno de los factores más importantes que ha de considerarse en el caso de la generación a partir de energía eólica es el potencial eólico de la región. Aunque, en comparación con otras regiones de México, el potencial eólico del Estado de Yucatán es más limitado, particularmente en las zonas costeras del Estado existe un potencial cuyo aprovechamiento podría resultar rentable. Por lo tanto, para la ejecución de esta medida, habría que considerar el potencial eólico y valorar la instalación de este tipo de tecnologías en zonas costeras, teniendo en cuenta también la opción de instalar estos sistemas mar adentro.

Además, en el caso de la energía eólica, otro factor relevante que se ha de estudiar es el impacto de la instalación de la tecnología sobre el medio ambiente, particularmente en aquellas zonas con una gran biodiversidad, ya que pueden afectar a la vida de las aves. Otro factor que no ha de despreciarse es el impacto visual sobre el paisaje de este tipo de instalaciones, que puede causar cierto impacto social dependiendo del área en el que se ubican. Es por ello que, antes de optar por este tipo de tecnología, se recomienda realizar un análisis detallado en el que se consideren tanto los aspectos técnicos como sociales que pueden influir sobre el proyecto.

Medida 1.B.3. Impulso a la utilización de biomasa

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Tipo de tecnología	Gasificador de biomasa	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Combustible empleado	Residuos de la industria maderera y de la industria agroalimentaria y residuos agrícolas	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Potencia instalada	2 MW en 2013, 2 MW en 2014 y 2 MW en 2015	Estimación propia en base a datos previsiones de generación eléctrica reportadas en la Estrategia Nacional de la Energía 2012-2026
Factor de carga de la instalación	80%	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Vida útil	20 años	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Mix eléctrico Yucatán	3.82 t CO ₂ e/Mwh	Inventario de GEI del Estado de Yucatán, 2005
Factor emisión CO ₂ biomasa	0 kg/TJ	IPCC, 2006
Factor emisión CH ₄ biomasa	30 kg/TJ	IPCC, 2006
Factor emisión N ₂ O biomasa	4 kg/TJ	IPCC, 2006
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo instalación	MXN \$ 32,000/kW	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies,

Costo de operación	MXN \$ 0,28575 / kWh	ESMAP Technical Paper, 2007 Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Costo de combustible	MXN \$ 0,3325 / kWh	Technical and Economic Assessment of Off-grid, Mini-grid and Grid Electrification Technologies, ESMAP Technical Paper, 2007
Precio venta electricidad	MXN \$ 1,843.8 / MWh	CFE. Consulta de archivos de costos totales de corto plazo incurridos horarios, septiembre 2012

Por las características del Estado de Yucatán, los residuos forestales no son una opción a emplear en este tipo de tecnología. No obstante, existen otros tipos de combustibles, como los residuos de la industria maderera, de la industria agroalimentaria o residuos agrícolas, que podrían ser empleados. Para determinar el combustible más apropiado para este tipo de instalaciones, convendría estudiar detalladamente la disponibilidad de biomasa en la zona en la que se ubique, de cara a evitar posibles limitaciones con la disponibilidad de combustible.

Medida 1.B.4. Disminución de las pérdidas en la red de distribución

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Porcentaje de pérdidas en los escenarios planteados	Se indica en la tabla inferior	Estrategia Nacional de la Energía 2012-2026

% pérdidas	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Escenario inercial	18,20	18,10	18,00	17,90	17,70	17,80	17,90	18,00	18,20	18,30	18,40	18,50	18,60	18,70	18,80	18,90	19,00	19,10
Escenario ENE	17	17	16	16	15	15	14	13	12	11	10	9	8	8	8	8	8	8

El control sobre la red de transmisión eléctrica del Estado de Yucatán no es llevado a cabo por el gobierno del Estado sino por la Comisión Federal de Electricidad. Además, esta medida es una de las medidas propuestas en la Estrategia Nacional de la Energía 2012-2026, que se ha de aplicar al total de la red de distribución eléctrica de México. Es por ello que la capacidad de acción del Gobierno del Estado de Yucatán a la hora

de llevar a cabo la aplicación de esta medida es muy limitada, dependiendo totalmente de las acciones que se lleven a cabo desde el Gobierno Federal.

SECTOR INDUSTRIAL

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector industrial.

Medida 2.B.1. Sustitución de luminarias

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia de los equipos convencionales	18 kW	GIZ, 2012
Potencia de los equipos eficientes	6.4 kW	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos convencionales	5,616 kWh	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos nuevos	1,997 kWh	GIZ, 2012
Vida de los equipos	10 años	Banco Mundial, 2009
Tipo de luminarias	Luminarias 2x32W T8 en línea con reflector especular	GIZ, 2012
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión en equipo nuevo	MXN \$ 210,000 / Equipo	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo convencional	MXN \$ 124,250 / año	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo nuevo	MXN \$ 44,177 / año	GIZ, 2012

Información adicional: Tabla con datos sobre luminarias eficientes (fuente: elaboración propia).

Lámpara convencional	Lámpara eficiente	Potencia unitaria (W)	Ahorro energético (%)
Fluorescente tubular T8	Fluorescente tubular T5 (A3)	28	35,58
	Fluorescente tubular T5 (A2)	28	38,46
	Fluorescente tubular T5 (A1)	28	41,35

	Fluorescente tubular T5 (A3)	14	62,50
	Fluorescente tubular T5 (A2)	14	65,38
	Fluorescente tubular T5 (A1)	14	68,27
	LED T5	7	75,96
	LED T5	7	78,85
	LED T5	7	81,73
	LED T8	18	65,38
	Fluorescente tubular T5 (A3)	28	35,58
Halógena	Halógena	28	44
	Halógena	35	30
	Halógena	40	20
	Halógena	20	60
	Fluorescente compacta	9	82
	Fluorescente compacta	13	87
	Fluorescente compacta	18	82
	Fluorescente compacta	20	80
	Fluorescente compacta	26	74
	LED	3	94
	LED	4,4	91,2
	LED	5	90,00
Incandescente	LED	8	92
	Fluorescente compacta	9	91
	Fluorescente compacta	13	87
	Fluorescente compacta	18	82
	Fluorescente compacta	20	80
	Fluorescente compacta	26	74
Balasto convencional	Electrónico A3	11	17
	Electrónico A2	8	23

	Electrónico A1	5	29
Detector	Detector	-	30
Fluorescente tubular T8	Fluorescente compacta	14	78
	LED downlight	15	77

Medida 2.B.2. Sustitución de aire acondicionado en industria

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia de los equipos convencionales	125 kW	GIZ, 2012
Potencia de los equipos eficientes	75 kW	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos convencionales	40,000 kWh	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos nuevos	24,000 kWh	GIZ, 2012
Vida de los equipos	30 años	Banco Mundial, 2009
Tipo de equipo de aire acondicionado	Equipo de aire acondicionado de 100 toneladas de refrigeración con un valor de eficiencia energética de 17 (alta)	GIZ, 2012
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión en equipo nuevo	MXN \$ 750,000 / equipo	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo convencional	MXN \$ 879,000 / año	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo nuevo	MXN \$ 527,400 / año	GIZ, 2012

Medida 2.B.3. Sustitución de equipos de bombeo de agua en la industria alimentaria

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia de los equipos convencionales	94.5 kW	GIZ, 2012
Potencia de los equipos eficientes	58.8 kW	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos convencionales	40,824 kWh	GIZ, 2012

Consumo mensual de los equipos nuevos	25,402 kWh	GIZ, 2012
Vida de los equipos	20 años	Estimación interna a partir de experiencia en otros proyectos similares
Tipo de equipo de bombeo	Sistema de bombeo para entrega de 720 litros por minuto (único dato disponible).	GIZ, 2012
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión en equipo nuevo	MXN \$ 1,320,000 / equipo	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo convencional	MXN \$ 835,476 / año	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo nuevo	MXN \$ 519,852 / año	GIZ, 2012

Medida 2.B.4. Programa para la instalación de equipos de cogeneración industrial

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Horas anuales	8,760 h	Estimación interna a partir de experiencia en otros proyectos similares
Factor de carga	92%	GIZ, 2012
Eficiencia eléctrica de la cogeneración	35%	GIZ, 2012
Eficiencia térmica de la generación	47%	GIZ, 2012
Pérdidas por transmisión	14%	GIZ, 2012
Eficiencia térmica de caldera convencional	73%	GIZ, 2012
Objetivo de potencia a 2020	122 MW	Estimación interna a partir de datos de GIZ, 2010
Vida útil de los equipos	30 años	Banco Mundial, 2009
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de instalación	MXN \$ 18,800,000 / MW	GIZ, 2012
Precio gas natural	MXN \$ 10.5 / kg	Datos de PEMEX
Precio combustóleo	MXN \$10.59 / litro	Datos de PEMEX

SECTOR SERVICIOS

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector servicios.

Medida 3.B.1. Sustitución de luminarias en la empresa mediana

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia de los equipos convencionales	18 kW	GIZ, 2012
Potencia de los equipos eficientes	6.4 kW	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos convencionales	5,616 kWh	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos nuevos	1,997 kWh	GIZ, 2012
Vida de los equipos	10 años	Banco Mundial, 2009
Tipo de luminarias	Luminarias 2x32W T8 en línea con reflector especular	GIZ, 2012
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión en equipo nuevo	MXN \$ 210,000 / equipo	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo convencional	MXN \$ 124,250 / año	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo nuevo	MXN \$ 44,177 / año	GIZ, 2012

Medida 3.B.2. Mejora del alumbrado público

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Consumo eléctrico de alumbrado público Yucatán en 2007	106,325	Grupo Internacional Garza, 2010
Porcentaje de ahorro energético a 2020	52%	Datos del PRONASE
Ahorro energético por luminaria	416,8 kWh/año	Datos de proyecto de sustitución de luminarias en Mérida (2011)
Vida útil de los equipos	18 años	Datos de proyecto de sustitución de luminarias en Mérida (2011)
VARIABLES ECONÓMICAS		

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
Costo de luminaria eficiente	MXN \$ 5,687.25 / luminaria	Datos de proyecto de sustitución de luminarias en Mérida (2011)
Costo energético	MXN \$ 2,043 / kWh	CFE

Medida 3.B.3. Sustitución de equipos de aire acondicionado en empresa mediana

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia de los equipos convencionales	125 kW	GIZ, 2012
Potencia de los equipos eficientes	75 kW	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos convencionales	40,000 kWh	GIZ, 2012
Consumo mensual de los equipos nuevos	24,000 kWh	GIZ, 2012
Vida de los equipos	30 años	Banco Mundial, 2009
Tipo de equipo de aire acondicionado	Equipo de aire acondicionado de 100 toneladas de refrigeración con un valor de eficiencia energética de 17 (alta)	GIZ, 2012
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión en equipo nuevo	MXN \$ 750,000 / equipo	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo convencional	MXN \$ 879,000 / año	GIZ, 2012
Costo anual operación equipo nuevo	MXN \$ 527,400 / año	GIZ, 2012

Medida 3.B.4. Integración de colectores solares en el sector servicios

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Nº camas sanitarias públicas	1,676	Datos del INEGI
Nº camas sanitarias públicas	448	Datos del INEGI
Nº total de habitaciones en establecimientos hoteleros de 3 a 5 estrellas	9,211	Secretaría de Fomento Turístico, 2010
Ocupación media por	1.1	Estimación interna asociada a

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
habitación-ducha de hotel	personas/habitación/ducha	otros proyectos internos
Consumo energético por ducha	13,100 kJ	Datos del programa "PROCALSOL"
Eficiencia del calentador	60%	Banco Mundial, 2009
Porcentaje de consumo fósil para equipo de apoyo	10%	Banco Mundial, 2009
Producción energética anual	1.10 MWh/m ²	Estimaciones internas a partir de los datos del PROCALSOL
Vida útil de los equipos	22 años	Banco Mundial, 2009
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo del calentador solar	MXN \$ 3,025 / equipo	Guanajuato Gobierno del Estado, 2008
Costo de instalación del calentador solar	MXN \$ 819 / equipo	Banco Mundial, 2009
Costo de operación y mantenimiento	0,5% del total de costos de instalación del equipo	National Renewable Energy Laboratory, 2012
Precio GLP	MXN \$10.24 por kg	Datos de PEMEX

SECTOR RESIDENCIAL

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector residencial.

Medida 4.B.1. Programa "Luz Verde"

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Nº de viviendas con electricidad en 2010	489,688	Datos procedentes del INEGI
Uso diario de una bombilla	3 horas	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Consumo energético bombilla incandescente	0.075 kWh	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Consumo energético bombilla LCF	0.02 kWh	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Vida útil bombilla incandescente	1,000 h	PRONASE

Vida útil bombilla LCF	12,000 h	PRONASE
Nº de focos sustituidos por hogar	8	Datos del programa "Luz Sustentable"
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo bombilla incandescente	MXN \$ 6.25 / bombilla	Banco Mundial, 2009
Costo bombilla LCF	MXN \$ 68.75 / bombilla	Estimación interna a partir de datos del Banco Mundial
Tarifa eléctrica media	MXN \$ 0.642 / kWh	Datos del programa "Luz Sustentable"

Medida 4.B.2. Integración de calentadores solares en viviendas

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Nº de viviendas con agua entubada en 2010	487,661	Datos procedentes del INEGI
% de viviendas con boiler	35%	Datos del PROCALSOL
Eficiencia equipo calentador a gas	60 %	Banco Mundial, 2009
Eficiencia equipo calentador solar	50 %	Banco Mundial, 2009
% de energía fósil para el equipo de apoyo del calentador solar	10 %	Banco Mundial, 2009
Vida útil del calentador	22 años	Banco Mundial, 2009
Superficie media del calentador por vivienda	4 m ²	Banco Mundial, 2009
Consumo energético por ducha	13,100 kJ	Datos del programa "PROCALSOL"
Personas por ducha diaria	2.2 personas/ducha diaria	Supuesto interno basado en experiencias en otros proyectos similares
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión calentador solar	MXN \$ 13,125 / equipo	Banco Mundial, 2009
Costo de instalación	MXN \$ 3,275 / equipo	Banco Mundial, 2009
Costo de operación y mantenimiento	0.5% del total de costos de instalación del equipo	National Renewable Energy Laboratory, 2012
Porcentaje de viviendas en disposición de comprar boiler	30%	Datos del programa "PROCALSOL"
Precio del GLP	MXN \$ 10.2 / Kg	Datos de PEMEX

Medida 4.B.3. Sustitución de refrigeradores

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Nº de viviendas con refrigerador en 2010	386,610	Datos procedentes del INEGI
Consumo energético de refrigerador antiguo	1.05 MWh/año	Banco Mundial, 2009
Consumo energético de refrigerador nuevo	0.369 MWh/año	Banco Mundial, 2009
Vida útil del refrigerador	15 años	Banco Mundial, 2009
Tipología de refrigeradores	No se dispone de información específica sobre el tipo de refrigerador. Se han utilizado la hipótesis consideradas por el Banco Mundial en sus análisis.	Banco Mundial, 2009
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de nuevo refrigerador	MXN \$ 3,250 / equipo	Banco Mundial, 2009
Tarifa eléctrica media	MXN \$ 0.642 / kWh	Datos del programa "Luz Sustentable"

Medida 4.B.4. Fomento de la generación eléctrica solar

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Potencia de los equipos	1.63 kWp	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Nº de horas anuales de funcionamiento	1,800 horas	USAID, 2010
Vida útil de los equipos	25 años	National Renewable Energy Laboratory, 2012
Porcentaje de viviendas considerado	5% anual (147 hogares) del total de los hogares con tarifa DAC (2641)	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de instalación	MXN \$ 101,875 / equipo	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Costo de operación y mantenimiento	MXN \$ 1018.75 / equipo	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio de tarifa DAC	MXN \$3.24 / kWh	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011

Medida 4.B.5. Instalación de estufas mejoradas de leña

VARIABLE	DATO	FUENTES DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Nº de viviendas con electricidad en 2010	502,948	Datos procedentes del INEGI
Porcentaje de familias que usan leña	14.47%	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Factor de ahorro energético	50%	Banco Mundial, 2009
Vida útil de los equipos	4 años	Banco Mundial, 2009
Consumo anual de leña	4.2 t/año	Banco Mundial, 2009
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo del equipo	MXN \$ 1,055.62 / equipo	Banco Mundial, 2009
Costo anual de mantenimiento	MXN \$ 175 / equipo	Banco Mundial, 2009
Inversión anual en capacitación (1 vez por equipo nuevo)	MXN \$ 425 / equipo	Banco Mundial, 2009
Costo de leña	MXN \$ 328,12 / t madera	Banco Mundial, 2009

Medida 4.B.6. Mejora en la climatización de los edificios

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Nº total de viviendas edificadas en cemento en 2010	207,860	Datos procedentes del INEGI
Consumo energético de la vivienda previo al reemplazo	4,000 kWh/año	Banco Mundial, 2009
Consumo energético de la vivienda posterior al reemplazo	700 kWh/año	Banco Mundial, 2009
Vida útil de los equipos	15 años	Banco Mundial, 2009
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo del equipo de aire acondicionado	MXN \$ 6,100 / equipo	Banco Mundial, 2009
Costo del aislamiento térmico	MXN \$ 15,000 / equipo	Banco Mundial, 2009
Tarifa eléctrica	MXN \$ 0.642 / kWh	Datos del programa "Luz Sustentable"

SECTOR TRANSPORTE

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector transporte.

Medida 5.B.1. Programa de verificación vehicular obligatoria

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS – Vehículos de nuevo ingreso en el Estado		
Distancia recorrida al año	15,000 km	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO.
Emisiones de CO ₂ e	2.30 kg de CO ₂ e	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO.
Rendimiento vehicular que no pasaría la verificación	7.65 km / l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO.
Número de vehículos- nuevo ingreso a Yucatán	165 /día	Seduma, 2008
Vehículos nuevos Yucatán	36%	Seduma, 2008
Vehículos usados (importados/ reemplacados) Yucatán	64%	Seduma, 2008
Porcentaje supuesto de vehículos usados que serán negados el ingreso al Estado por incumplimiento de estándares	14%	Estimaciones en base a la Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Porcentaje vehículos que no podrían ingresar al Estado	8.91%	Estimaciones en base a la Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Emisiones por vehículo promedio/año	4,510 kg CO ₂ e/año	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
VARIABLES TÉCNICAS – Vehículos existentes en el Estado		
Distancia recorrida al año	15,000 km	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Distancia recorrida al día	41 km	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO

Emissiones de CO ₂ e	2.30 kg CO ₂ e /l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Emissiones de CO ₂ e al día por vehículo	12 kg CO ₂ e	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Rendimiento vehicular	7.65 km/l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Porcentaje de vehículos que formaran parte del programa	16%	Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Días al mes de no circulación	5 días	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Emissiones por vehículo promedio/año	4,510 kg CO ₂ e /año	Estimaciones en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión inicial para oficina institucional de seguimiento	MXN \$ 936,000	Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Alquiler oficina	MXN \$ 15,000	Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Tasa crecimiento alquiler oficina	3%/año	Estimación propia
Nóminas aproximadas anuales de 22 personas	MXN \$ 2,000,000	Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Sanción por no verificar	MXN \$ 900 / sanción	Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Vehículos sancionados	6%	Estimación propia

**Nota: La inversión considera únicamente la inversión institucional por parte de las autoridades Institucionales, y no la inversión en equipo y operaciones del programa de verificación. Se asume que dichos servicios serán prestados por una empresa particular concesionada.*

Es importante resaltar que la medida tiene dos vertientes. La primera en relación al parque vehicular ya existente en el estado, y la segunda enfocada a los vehículos de nuevo ingreso. Los datos y objetivos han sido alineados con aquellos descritos en la *Guía para Establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios* de la Semarnat, buscando utilizar fuentes de planes ya implementados en el país.

Medida 5.B.2. Clasificación de zonas de alta demanda de estacionamientos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Promedio distancia recorrida al año	15,000 km/año	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Promedio distancia recorrida al día	41 km	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Distancia que dejarían de circular por la medida	12 km / día	Estimaciones propias en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Promedio distancia recorrida al año por vehículos afectados por la medida.	10,620	Estimaciones propias en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Emissiones de CO _{2e}	2.30 kg de CO _{2e} /l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Rendimiento vehicular que no pasaría la verificación	< 7.65 km/l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Promedio de emisiones por vehículo/año	4,510 kg de CO _{2e} /año	Estimaciones propias en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO.
Promedio de emisiones por vehículo afectado por la medida/año	3,193 kg de CO _{2e} /año	Estimaciones propias en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO.
Porcentaje objetivo de vehículos afectados por la	10%	Estimaciones propias

medida

VARIABLES ECONÓMICAS

Inversión estudio preliminar de (mapeo, delimitación, etc.)	MXN \$ 200,000	Estimación propia
Inversión institucional	MXN \$ 936,000	Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Nómina anual aproximada de 11 personas	MXN \$ 1,000,000	Estimaciones propias en base la Guía para establecer programas de verificación vehicular en los estados y municipios, Semarnat, 2007
Sanción por estacionarse sin permiso	MXN \$ 500	Estimación propia
Vehículos sancionados	6%	Estimación propia

La clasificación de zonas de alta demanda hace referencia a la demanda específica de estacionamientos, como podría ser en zonas como el centro de Mérida. La medida busca reducir la distancia recorrida promedio al día en vehículo, promover el uso de transporte colectivo y no motorizado, y reducir las islas de calor. La distancia que dejarían de circular se ha calculado en base a estimaciones de la extensión del centro de Mérida, sin embargo es necesario definir primeramente las zonas para poder obtener la reducción en distancias potenciales bajo la medida.

Medida 5.B.4. Fomento de transporte no motorizado o del transporte colectivo

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Promedio distancia recorrida al año	7,300 km/año	Estimaciones en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Distancia recorrida al día	20 km	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO.
Distancia recorrida al día en viajes cortos	8 km	Estimación propia
Emissiones de CO ₂ e/l	2.30 kg de CO ₂ e/l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020,

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
		UNEP/IMCO.
Emissiones de CO ₂ e / día	6 kg de CO ₂ e / día	Estimación propia
Rendimiento vehicular	7.65 lm/lt	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Días al mes de no circulación	5	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Emissiones por vehículo promedio/año	2,195 kg de CO ₂ e/año	Estimación en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Emissiones por vehículo promedio/día	6 kg de CO ₂ e/día	Estimación en base al Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Objetivo al 2030 de uso de transporte no motorizado	10%	Estimación propia
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión inicial aproximada para un sistema tipo Eco-Bici (estudio preliminar bicicletas, ciclo-estaciones, equipo, y vehículos del programa.	MXN \$ 30,600,000	Estimación proporcional en base datos ECOBICI, Cd. de México
Operación y mantenimiento	MXN \$ 7,600,000	Estimación proporcional en base datos ECOBICI, Cd. de México
Costo de afiliación al programa por año.	MXN \$ 400	Estimación proporcional en base datos ECOBICI, Cd. de México

Los cálculos de la medida se enfocan en la implementación de un sistema que promueva el uso de transporte no motorizado como el implementado en el D.F. Se han definido objetivos en cuanto al número de vehículos que reducirán su recorrido promedio, al contar la población con otras alternativas para realizar trayectos cortos.

Medida 5.B.5 Sistema de transporte BRT

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Longitud de la Línea	12 km	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Autobuses estándar reemplazados x autobús articulado	2 buses	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Cantidad autobuses articulados por línea	10 buses	Estimaciones en base al estudio "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Vida útil autobús articulado	12 años	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Vida útil autobús estándar	12 años	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Kilometraje del autobús estándar	73,000 km/año	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Kilometraje del autobús articulado	250 km/día	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Factor del uso del autobús articulado	300 días/año	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Numero de chóferes por bus estándar	2	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Emissiones de CO _{2e} /l	2.3 kg de CO _{2e} /año	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Rendimiento autobús articulado	1.8 km/l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO
Rendimiento autobús estándar	2.3 km/l	Programa Especial de Cambio Climático para el periodo 2012-2020, UNEP/IMCO

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
Emisiones estándar	1,000 g de CO ₂ e /año	Estimaciones propias
Emisiones articulado	1,278 g de CO ₂ e /año	Estimaciones propias
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo infraestructura	US\$ 1,800,000	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Costo autobús articulado	US\$ 300,000	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Costo autobús estándar	US\$ 120,000	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Costo de mantenimiento del autobús articulado	US\$ 0.26 / km	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Salario chofer autobús articulado	US\$ 741 / mes	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Costo mantenimiento anual autobús estándar	US\$ 1,034/año/bus	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"
Salario chofer bus estándar	US\$ 556 / mes	Estudio del Banco Mundial: "México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)"

Es importante mencionar que la medida busca reemplazar unidades estándares con altas emisiones por unidades mucho más eficientes que reduzcan además de las emisiones, los costos operativos y los de mantenimiento. Para optimizar el sistema, adicionalmente al reemplazo de unidades estándares, se requiere definir un trayecto específico y de uso exclusivo para las unidades, que permita una circulación adecuada y que optimice el servicio. Es por ello, que la medida requiere de un análisis previo sobre la optimización de rutas en el Estado y su área metropolitana.

SECTOR AGROPECUARIO

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector agropecuario.

Medida 6.B.1. Microinstalaciones de biogás a partir de excretas de ganado porcino

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Volumen del sistema	8 m ³	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Vida útil	15 años	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Número de animales por sistema	4 unidades	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Sólidos producidos por animal	3,000 kg/año	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Producción de biogás	52 litros/kg excreta	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Porcentaje de metano	60%	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Factor de emisión del biogás	56 † CO ₂ /TJ	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Mix eléctrico	0.513 † CO ₂ /MWh	Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Yucatán, 2005
Densidad del gas	0.67 kg/m ³	American Petroleum Institute, 2009
PCI del metano	50.4 TJ/Gg	Directrices del IPCC, 2006
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión inicial	MXN \$ 11,600 / biodigestor	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Costo de mantenimiento y cambio de piezas	MXN \$ 130 / año	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio de la electricidad	MXN \$ 1,843.8	CFE. Consulta de archivos de costos totales de corto plazo incurridos horarios. Septiembre 2012. Nodo: Yucatán

Medida 6.B.2. Mejora de la cobertura vegetal en tierras de pastoreo

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Volumen de crecimiento de las especies arbóreas	3.58 m ³ /ha/año	Directrices del IPCC, 2006
Fracción de carbono en biomasa	0.47 t C/t m.s.	Directrices del IPCC, 2006
Densidad de la madera: <i>Erythrina poeppigiana</i>	0.245 t/m ³	Directrices del IPCC, 2006
Densidad de la madera: <i>Brosimum alicastrum</i>	0.690 t/m ³	Directrices del IPCC, 2006
Consumo de diésel para plantación	110 l/ha	Engormix (web, última consulta 2012)
Consumo de diésel para clareo	20 l/ha	Basoa Fundazioa (web, última consulta 2012)
Unidades de animales	1.5 unidades por ha	Basoa Fundazioa (web, última consulta 2012)
Producción de leche anual	4,524 l/cabeza	SIAP
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo de la plantación inicial	MXN \$ 3,022 /ha	Estimación propia basada datos obtenidos de la Sagarpa
Costo de la producción: línea de proyecto	MXN \$ 2 /l leche	Estimación propia basada datos obtenidos de la Sagarpa
Costo de la producción: línea base	MXN \$ 5 /l leche	Estimación propia
Precio de la leche	MXN \$ 5.36/l	SIAP

Medida 6.B.3. Fomento de los sistemas agroforestales

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Volumen de crecimiento de las especies	3.58 m ³ /ha/año	Directrices del IPCC, 2006
Fracción de carbono en biomasa:	0.47 t C/t m.s.	Directrices del IPCC, 2006
Densidad de la madera: <i>Cedrela odorata</i>	0.420 t/m ³	Directrices del IPCC, 2006
Consumo de diésel	73.5 l/ha	Basoa Fundazioa (web, última consulta 2012)
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo total de las plantaciones de cedro-cacahuete durante el periodo	MXN \$ 347,531.50 /ha	Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de
Costo del establecimiento de la	MXN \$ 11,079/ha	

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
plantación de cedro		plantaciones forestales comerciales en Tuxtla, Veracruz, México, 2007
Costo del manejo de la plantación de cedro durante el periodo	MXN \$ 184,408.04/ha	
Costo de la cosecha de la plantación de cedro durante el periodo	MXN \$ 131,121.46 \$/ha	
Costo del cultivo de cacahuate durante el periodo	MXN \$ 20,923 \$/ha	
Ingreso total de los cultivos cedro-cacahuate durante el periodo	MXN \$ 1,746,393.07 \$/ha	

Medida 6.B.4. Reducción del uso de fertilizantes

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Cantidad de fertilizante utilizado	183.79 kg/ha	Estimación propia basada en datos obtenidos del INEGI
Contenido de N en fertilizantes Nitrogenados	18%	Sagarpa
Mezcla fertilizante / abono natural	30% fertilizante sintético, 70% abono	Abonos minerales, tipos y uso, Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias, 2011
ACV fertilizante	1.96 kg CO ₂ e/kg fertilizante	SIMAPRO, base de datos Ecoinvent
EF 1	0.01 kg N ₂ O-N/año	Directrices del IPCC, 2006
EF 1 FR	0.003 kg N ₂ O-N/año	Directrices del IPCC, 2006
EF 4	0.01 kg N-N ₂ O/kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado	Directrices del IPCC, 2006
Frac Gasf	0.1 kg N volatilizado/kg de N aplicado	Directrices del IPCC, 2006
EF 5	0.01 kg N ₂ O-N/kg N lixiviación	Directrices del IPCC, 2006
Frac lixiviación	0.3 kg N lixiviado/kg N aplicado	Directrices del IPCC, 2006
VARIABLES ECONÓMICAS		
Precio del fertilizante	MXN \$ 9,600/t	Sagarpa, 2012
Costo de guía de sensibilización para puesta en marcha de la medida	MXN \$ 500,000	Estimación propia
Costo de la campaña de difusión	MXN \$ 500,000	Estimación propia

Debido a la tipología del sistema agrícola establecido en el Estado de Yucatán, se fomentará la implantación de esta medida orientándola sobretodo hacia los sectores hortícolas y frutícolas.

Medida 6.B.4. Cultivo de maíz con labranza cero

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Incorporación de materia orgánica estable al suelo	0.2 t/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Contenido de carbono en la materia orgánica	85%	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Uso del tractor sin proyecto	17 h/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Uso del tractor 1 ^{er} año proyecto	12.25 h/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Uso del tractor 2 ^a año y siguientes años proyecto	8 h/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Consumo de diésel por el tractor	8.21 l/hora	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Mano de obra sin proyecto	14.5 días/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Mano de obra 1 ^{er} año proyecto	10.6 días/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Mano de obra 2 ^a año y siguientes años proyecto	8.25 días/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Superficie cubierta por una máquina	810 ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Rendimiento del cultivo	3.2 t/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Incremento en el rendimiento a partir del 2 ^o año	0.1 ton/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo oportunidad	MXN \$ 1,807/ha/año	México: estudio sobre la

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
		disminución de las emisiones de carbono, 2009
Incremento de gasto por herbicida (1 ^{er} año proyecto)	MXN \$ 0/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Incremento de gasto por herbicida (2 ^a año y siguientes años proyecto)	MXN \$ 701.96/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Incremento de gasto por fertilizante (1 ^{er} año proyecto)	MXN \$ 0/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Incremento de gasto por fertilizante (2 ^a año y siguientes años proyecto)	MXN \$ 844.95/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Costos del tractor por hora excluyendo el diésel	MXN \$ 246.99/h	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Costo mano de obra	MXN \$ 143/día	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Costo de maquinaria adicional	MXN \$ 519,972	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Precio de venta del maíz	MXN \$ 3,367/t	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009
Costos por servicios técnicos	MXN \$ 481/ha/año	México: estudio sobre la disminución de las emisiones de carbono, 2009

La introducción de esta medida se plantea especialmente en zonas degradadas para incrementar la calidad del suelo y posibilitar la recuperación de dichas superficies. De este modo, la medida podría llegar a tener un doble impacto; por un lado, el incremento en la acumulación de carbono en el suelo, por otro lado, la reducción de la deforestación por la ausencia de deforestar para obtener más tierras agrícolas productivas.

Medida 6.B.4. Desarrollo de cultivos para la generación de biocarburantes

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Volumen de crecimiento de las especies arbóreas	4.64 m ³ /ha/año	Directrices del IPCC, 2006
Fración de carbono en biomasa	0.48 t C/t m.s.	Directrices del IPCC, 2006
Densidad de la madera: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	0.95 t/m ³	Directrices del IPCC, 2006
Rendimiento (t aceite crudo)	20%	Cultivo de la palma africana. Guía Técnica, 2006.
Toneladas de racimos de fruta fresca	16.3 t/ha/año	Cultivo de la palma africana. Guía Técnica, 2006.
Densidad del biodiésel	0.88 kg/l	Cultivo de la palma africana. Guía Técnica, 2006.
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costos del establecimiento del cultivo	MXN \$ 5,950/ha	Sagarpa, Bioenergéticos, 2012
Costos del mantenimiento del cultivo	MXN \$ 6,350/ha	Sagarpa, Bioenergéticos, 2012
Inversión inicial para planta de tratamiento	MXN \$ 11,800	Sagarpa, Bioenergéticos, 2012
Inversión inicial por compra de tierra	MXN \$ 1,040	Sagarpa, Bioenergéticos, 2012
Mantenimiento de la planta de tratamiento	MXN \$ 81,047/año	Sagarpa, Bioenergéticos, 2012
Precio de venta del biodiésel	MXN \$ 18.59/litro	Sagarpa, Bioenergéticos, 2012
Precio venta de la glicerina (subproducto)	MXN \$ 609/ha	Sagarpa, Bioenergéticos, 2012

SECTOR USCUS

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector de Usos del Suelo, Cambios de Usos del Suelo y Silvicultura.

Medida 7.B.1. Fomento de la reforestación.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Crecimiento medio anual (Swietenia macrophylla)	9 m ³ /ha /año	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Turno de corta	20 años	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Clareo	10-15 años	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Proporción bosque tropical húmedo	89%	Inventario de emisiones y absorciones del sector UTCUTS
Proporción bosque tropical seco	11%	Inventario de emisiones y absorciones del sector UTCUTS
Cantidad fertilizante 1: NPK(18:46:00)	50 kg/ha	Situación actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México
Cantidad fertilizante 2: Go Green (20:30:10)	2 kg/ha	Situación actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México
Consumo diésel para plantación	110 l/ha	http://www.basoa.org/fundazioa/
Consumo diésel para clareo	20 l/ha	http://www.basoa.org/fundazioa/
ACV fertilizante	1.96 kgCO ₂ eq/kg	SIMAPRO
VARIABLES ECONÓMICAS		
Precio de venta de la madera para escuadría (maderas comunes tropicales)	560 \$/m ³	Anuario estadístico de la producción forestal 2009 Conafor
Costo de arrendamiento de tierras	384 \$/ha/año	Situación actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México
Costo de plantación inicial	21,600 \$/ha	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Costo de mantenimiento	5,070 \$/ha/año	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Costo de fertilizante 1	400 \$/ha/año	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Costo de fertilizante 2	80 \$/ha	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Costo de clareo	960 \$/ha	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Costo de corta	5,000 \$/ha	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.

Las especies arbóreas a incluir en el marco de esta medida serán preferiblemente autóctonas del Estado de Yucatán.

Medida 7.B.2. Plantaciones en tierras deforestadas o degradadas.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Crecimiento anual (<i>Cedrela odorata</i>)	15 m ³ /ha/año	López, E., y Musálem, M. A. (2006)
Turno de corta	30 años	López, E., y Musálem, M. A. (2006)
Proporción bosque tropical húmedo	89%	Inventario de emisiones y absorciones del sector UTCUTS
Proporción bosque tropical seco	11%	Inventario de emisiones y absorciones del sector UTCUTS
NPK(17:17:17)	100 g/pie	López, E., y Musálem, M. A. (2006)
Consumo diésel para plantación	110 l/ha	http://www.basoa.org/fundazioa/
Consumo diésel para clareo	20 l/ha	http://www.basoa.org/fundazioa/
ACV fertilizante	1.96 kg CO ₂ e/kg	SIMAPRO
VARIABLES ECONÓMICAS		
Precio de venta de la madera para escuadría (maderas comunes tropicales)	560 \$/m ³ de madera en rollo	Anuario estadístico de la producción forestal 2009 Conafor
Costo de arrendamiento de tierras	384 \$/ha/año	Situación actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México
Establecimiento	22,158 \$/ha	López, E., y Musálem, M. A. (2006)
Mantenimiento	9,220.4 \$/ha/año	López, E., y Musálem, M. A. (2006)
Fertilizante 1	400 \$/ha/año	García, X., Rodríguez, B., e Islas, J.
Costo de corta	131,121.46 \$/ha	López, E., y Musálem, M. A. (2006)

Las especies arbóreas a incluir en el marco de esta medida serán preferiblemente autóctonas del Estado de Yucatán.

Medida 7.B.3. Figuras de protección para evitar la deforestación.

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Superficie Forestal de Yucatán	2,780,855 ha	INEGI, Serie IV
Superficie Protegida en Yucatán	445,130 ha	INEGI, Serie IV
Tasa de deforestación de Yucatán	9 %	Elaboración propia
VARIABLES ECONÓMICAS		
Costo oportunidad	408.28 \$/ha/año	México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)
Ingresos por el agroturismo	51.84 \$/ha/año	México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)
Costos de inversión	194.4 \$/ha/año	México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)
Costos de operación y mantenimiento	473.04 \$/ha/año	México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)
Costo de arrendamiento de tierras	384 \$/ha/año	Situación actual y Perspectivas de las plantaciones Forestales Comerciales en México

Las acciones asociadas con la lucha contra incendios pueden representar una reducción de emisiones de GEI debido a que se evita la combustión de la biomasa. Sin embargo, debido a que la ocurrencia o no de los incendios no depende únicamente de la implementación de la medida, ya que la mayor frecuencia de incendios puede asociarse a cuestiones climatológicas, no es posible realizar un análisis costo-eficiencia asociado a dichas acciones. No obstante, siempre es positivo incluir esta tipología de medidas en el marco de la gestión sostenible de las masas forestales.

SECTOR RESIDUOS

A continuación se presentan las hipótesis técnicas y económicas asumidas en el análisis de las opciones de reducción de emisiones del sector residuos.

Medida 8.B.1. Reciclaje de residuos urbanos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Cantidad de residuos tratados por la medida	20% sobre generados	Estimación propia en base a datos del Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Capacidad de una planta de tratamiento	109,500 t /año	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Cantidad papel y cartón	17.13 %	Seduma, 2008
Cantidad metales	3.82 %	Seduma, 2008
Cantidad vidrio	7.04 %	Seduma, 2008
Cantidad plástico	8.95 %	Seduma, 2008
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión inicial	MXN \$ 5,000,000 / Planta	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Costo de mantenimiento	MXN \$ 182 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio papel y cartón	MXN \$ 1,000 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio metales	MXN \$ 250 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio vidrio	MXN \$ 100 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio plástico	MXN \$ 2,000 / MWh	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011

Medida 8.B.2. Biodigestión de residuos sólidos urbanos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Cantidad de residuos tratados por la medida	20% sobre generados	Estimación propia en base a datos del Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Capacidad de una planta de tratamiento	73,000 t /año	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Cantidad de materia orgánica	44.78 %	Seduma, 2008

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
Composta producida	5,475 t / año	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Capacidad neta	1.8 MW	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Factor de la planta	80%	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Electricidad generada	12,643.6 MWh / año	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión inicial	MXN \$ 140,000,000 / Planta	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Costo de mantenimiento	MXN \$ 15.91 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio composta	MXN \$ 500 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio electricidad	MXN \$ 1,355 / MWh	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011

Medida 8.B.3. Compostaje de residuos sólidos orgánicos

VARIABLE	DATO	FUENTE DE INFORMACIÓN
VARIABLES TÉCNICAS		
Cantidad de residuos tratados por la medida	20% sobre generados	Estimación propia en base a datos del Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Capacidad de una planta de tratamiento	73,000 t /año	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Cantidad de materia orgánica	44.78 %	Seduma, 2008
Composta producida	14,710.23 t / año	Semarnat, 2006
VARIABLES ECONÓMICAS		
Inversión inicial	MXN \$ 74,700,000 / Planta	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Costo de mantenimiento	MXN \$ 10.91 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011
Precio composta	MXN \$ 500 / t	Instituto Mexicano para la Competitividad, 2011