



Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Initiative for Climate Action Transparency - ICAT

Deliverable title: Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Deliverable # 8

AUTHORS

David de los Angeles PEREZ MARTIN

Date: 30.06.2024

DISCLAIMER

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, photocopying, recording or otherwise, for commercial purposes without prior permission of UNOPS. Otherwise, material in this publication may be used, shared, copied, reproduced, printed and/or stored, provided that appropriate acknowledgement is given of UNOPS as the source. In all cases the material may not be altered or otherwise modified without the express permission of UNOPS.

PREPARED UNDER

The Initiative for Climate Action Transparency (ICAT), supported by Austria, Canada, Germany, Italy, the Children's Investment Fund Foundation and the ClimateWorks Foundation.

Supported by:



on the basis of a decision
by the German Bundestag



 Federal Ministry
Republic of Austria
Climate Action, Environment,
Energy, Mobility,
Innovation and Technology



Environment and
Climate Change Canada

Environnement et
Changement climatique Canada

The ICAT project is managed by the United Nations Office for Project Services (UNOPS).



Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

INTRODUCCIÓN.....	5
1. SECTOR AFOLU (AGRICULTURA Y UTCUTS).....	5
1.1 Cero labranza.....	5
1.2 Secado de tabaco.....	6
1.3 Reducción de CH ₄ en el cultivo de arroz.....	7
1.4 Reforestación con silvopastoreo.....	8
1.5 Reducción de la degradación de bosques.....	9
1.6 Otras opciones no evaluadas.....	9
1.6.1. Disminuir los fertilizantes químicos por bioabonos.....	9
1.6.2. Producción de biogás.....	10
1.6.3. Cambio en la alimentación en rumiantes.....	10
1.6.4. Otras opciones en el cultivo del arroz.....	10
2. SECTOR ENERGIA.....	11
2.1 Conversión autocarriles a eléctricos.....	11
2.2 Conversión de cochemotores a eléctricos.....	11
2.3 Camiones ligeros eléctricos.....	12
2.4 Incremento de la generación con paneles fotovoltaicos.....	12
2.5 Incremento de ambición en sustitución de lámparas fluorescentes por LED.....	13
2.6 Sustitución de sistemas de bombeo de agua eléctricos por solares fotovoltaicos....	13
2.7 Otras opciones no evaluadas.....	14
2.7.1. Mezclas de 10% de alcohol con gasolina.....	14
2.7.2. BRT (bus rapid transport).....	14
2.7.3. Nuevas restricciones a la importación de equipos.....	14
2.7.4. Cambios modales del transporte de carga y pasajeros.....	15
3. PROYECCION INVENTARIO GEI DE CON MAYOR AMBICIÓN AL 2035.....	15
3.1. Sector energía.....	17
3.2. Sector agricultura.....	18
3.3. Sector UTCUTS.....	19
3.4. Costos de implementación.....	19
CONCLUSIONES.....	19
RECOMENDACIONES.....	20

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas de la labranza/laboreo mínimo	6
Tabla 2. Características técnicas de la labranza/laboreo medio	6
Tabla 3. Características técnicas de las cámaras de secado de tabaco	7
Tabla 4. Características técnicas de la reducción de metano en el cultivo de arroz	7
Tabla 5. Características técnicas de la reforestación con silvopastoreo	8
Tabla 6. Características técnicas de la reducción de la degradación de bosques	9
Tabla 7. Características técnicas de la conversión de autocarriles a eléctricos	11
Tabla 8. Características técnicas de la conversión de cochemotores a eléctricos	11
Tabla 9. Características técnicas de los camiones ligeros eléctricos	12
Tabla 10. Características técnicas de los paneles solares	12
Tabla 11. Características técnicas de la sustitución de lámparas fluorescentes por LED	13
Tabla 12. Características técnicas de la sustitución de sistemas de bombeo eléctricos por solares fotovoltaicos	14
Tabla 13. Emisiones y reducción de emisiones con la aplicación de las acciones de mitigación (kt CO _{2eq}) en los diferentes escenarios	15
Tabla 14. Reducción de emisiones por sectores en el escenario de mayor ambición (kt CO _{2eq})	16
Tabla 15. Reducción de emisiones de GEI del sector Energía por subcategorías para periodo el 2016-2035, ktCO _{2eq} . Escenario WAM.	17
Tabla 16. Ahorro de combustibles por las medidas de mitigación de mayor ambición en el transporte, ktep	18
Tabla 17. Ahorro de electricidad de las medidas de mitigación de mayor ambición en energía, GWh	18
Tabla 18. Reducción de emisiones de GEI del sector Agricultura por medidas de mayor ambición para periodo el 2016-2035, ktCO _{2eq} . Escenario WAM.	18
Tabla 19. Ahorro de combustible por medidas de mayor ambición en la agricultura, ktep.	18
Tabla 20. Reducción de emisiones de GEI del sector UTCUTS por medidas de mayor ambición para periodo el 2016-2035, ktCO _{2eq} . Escenario WAM.	19

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de las emisiones de GEI para los escenarios WOM, WEM y WAM para el período 2016-2035.	16
Figura 2. Reducción de las emisiones sectoriales en el escenario WAM para el período 2016-2035	17

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

INTRODUCCIÓN

A partir de los debates y acuerdos del taller con las partes interesadas de los sectores Energía y AFOLU (Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo (por sus siglas en inglés)) que en lo adelante se refiere a Agricultura y UTCUTS (Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura) para discutir e identificar posibles medidas de mitigación adicionales para aumentar la ambición de las CND (Contribución Nacionalmente Determinada), cuyos resultados se presentaron en el Producto 2 de esta consultoría, se realiza la proyección del inventario de GEI (Gases de Efecto Invernadero) con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía, Agricultura y UTCUTS hasta el 2035 utilizando la versión 2.1 del GACMO y que se corresponde con el **Producto 3** de esta consultoría.

Se parte del escenario de mitigación (WEM) que incluye las medidas previstas en la CND de Cuba actualizada en el 2020. En este escenario de partida al utilizar la nueva versión GACMO 2.1, se incluyen las opciones de bombas solares que sustituyen eléctricas y diésel, aunque su aporte a la reducción de emisiones es pequeño por su poca cantidad y efecto que tienen las mismas.

En este escenario con mayor ambición el periodo se extiende al 2035 y la modelación se realiza hasta el 2040, por lo cual las tasas de crecimiento hasta el 2035 se extienden hasta el 2040 a falta de proyecciones oficiales publicadas.

A continuación, se describen las opciones/medidas de mitigación adicionales o con mayor ambición y se presentan sus características.

1. SECTOR AFOLU (AGRICULTURA Y UTCUTS)

1.1 *Cero labranza*

En el país lo que se realiza es labranza/laboreo mínimo y medio, pero se puede utilizar la opción del GACMO (Zero tillage) para evaluar estas opciones modificando las características de la ficha técnica del GACMO.

La reducción de emisiones se realiza por dejar de utilizar maquinaria agrícola para la labranza/laboreo del suelo en dependencia de cuanta se utiliza en el laboreo mínimo y medio.

Para el caso de labranza/laboreo mínimo, se asume a criterio de experto que el uso de maquinaria agrícola es mínimo porque una parte considerable del mismo se realiza con tracción animal por lo que el uso de la maquinaria se reduce a un 15% de la opción de referencia del GACMO. Por tanto, la reducción de las emisiones que genera esta opción es del 85%. Se asume que se llega en el 2035 a 300 000 ha con labranza/laboreo mínimo.

Para el caso de labranza/laboreo medio, se considera que el uso de maquinaria es de un 50% de la opción de referencia del GACMO y las reducciones de emisiones serían del 50%. Para evaluar esta opción también se utiliza la opción "Zero tillage" del GACMO. Se asume que se llega en el 2035 a 500 000 ha con labranza/laboreo medio.

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Será necesario contactar por parte del Ministerio de la Agricultura a los grupos empresariales para obtener y/o precisar las informaciones de costos, área que cubre el tractor, % de uso de maquinaria en cada opción de labranza/laboreo, así como las futuras hectáreas a lograr bajo cada opción, pues los valores que se utilizan en este estudio mayormente son a criterio de expertos y referencias internacionales.

Las características técnicas de la labranza/laboreo mínimo se muestran en la Tabla 1 y para la labranza/laboreo medio en la Tabla 2.

Tabla 1. Características técnicas de la labranza/laboreo mínimo

Opción de reducción: Labranza/laboreo mínimo		
Actividad	1000	ha/año
Fracción de uso del tractor	15%	de opción de referencia
Opción de referencia: Labranza/laboreo normal		
O&M	2%	de inversión
Actividad	1	tractor
Costo del tractor + Arado	25121	US\$
Fracción de uso del tractor para laboreo	15%	
Área que cubre el tractor	1000	ha/año

Tabla 2. Características técnicas de la labranza/laboreo medio

Opción de reducción: Labranza/laboreo medio		
Actividad	1000	ha/año
Fracción de uso del tractor	50%	de opción de referencia
Opción de referencia: Labranza/laboreo normal		
O&M	2%	de inversión
Actividad	1	tractor
Costo del tractor + Arado	25121	US\$
Fracción de uso del tractor para laboreo	15%	
Área que cubre el tractor	1000	ha/año
Uso de diesel	31,8	l/ha

1.2 *Secado de tabaco*

En dependencia del destino del tabaco una parte de la cura (secado) del tabaco negro en Cuba se hace al aire libre (curación natural) al sol ensartado y al sol en palo, en casas de curación. Otra parte se cura utilizando cámaras de curación con diésel. La opción de mitigación es que en lugar de un aparte del diésel se utilicen calentadores solares lo que disminuye el uso del primero un 40%. Los parámetros de temperatura, humedad y tiempo de curación del tabaco no pueden lograrse solo con calentadores solares. Por ello, es que se propone utilizar la combinación de calentadores solares y diésel sustituyendo el 40% del uso de diésel a partir de estudios realizados en el país.

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Para la evaluación de esta opción se utiliza la ficha “Tobacco curing” (100 t/year) ajustando sus características para sustituir el 40% del diésel de la opción de referencia.

Será necesario por los especialistas de la actividad precisar los datos correspondientes a costos tanto de la opción de mitigación como la de referencia, así como los del consumo de diésel.

Las características de esta opción se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Características técnicas de las cámaras de secado de tabaco

Opción de reducción: Cámara con calentadores solares y diésel		
Inversión	3231,7	US\$
O&M	1%	de inversión
Actividad	1	Casa de tabaco
Peso 1 lote de tabaco	3500	kg
Lotes en una casa de tabaco	20	Lotes por año
Secado 1 kg consume	2	kg de diésel*
Consumo anual de diésel	4852,96	GJ
Opción de referencia: Cámara de secado con diésel		
Inversión	1219,5	US\$
Peso 1 lote de tabaco	3500	kg
Lotes en una casa de tabaco	20	Lotes por año
Secado 1 kg consume	5	kg de diésel
Consumo anual de diésel	15165,5	GJ

* 40% del consumo de diésel de la opción de referencia

1.3 Reducción de CH₄ en el cultivo de arroz

Se utiliza la opción del GACMO “Reducción las emisiones de CH₄ (Metano) en el cultivo del arroz” (Rice crop CH₄ reduction) para evaluar esta medida de mitigación ajustando las características de la ficha ya que en el país el cultivo de arroz se realiza en doble cosecha al año, de ahí que se selecciona este caso dentro de la ficha y con aireación múltiple.

Las emisiones de CH₄ se reducen al disminuir los periodos de irrigación o aniego durante el cultivo del arroz.

Será necesario por los especialistas de la actividad precisar los datos correspondientes a costos tanto de la opción de mitigación como la de referencia, así como el factor de emisión para el caso del uso disminuido de agua. El factor de emisión de referencia es el promedio obtenido de las principales áreas de cultivo de arroz del país actualmente.

Las características de esta medida de mitigación se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Características técnicas de la reducción de metano en el cultivo de arroz

Periodo de cultivo	117.5	días/año
Área de cultivo de arroz	1000	ha
Opción de reducción: Cultivo de arroz con uso de agua disminuido		

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Costo de oportunidad	1,2	US\$/ton CO _{2-eg}
O&M	-	
Factor de escala (doble cosecha)	1,5	Aireación múltiple
Factor de emisión CH ₄ diario	0.4	kgCH ₄ /ha/día
Opción de referencia: Cultivo de arroz normal		
Factor de escala (doble cosecha)	2,88	
Factor de emisión CH ₄ diario	0,57	kgCH ₄ /ha/día

1.4 Reforestación con silvopastoreo

Para la evaluación de esta medida de mitigación se utiliza la opción del GACMO “Reforestation of 1000 ha with silvopasture” según las características técnicas que aparecen en la Tabla 5.

En el país con la colaboración internacional hay varios proyectos que tienen declaradas hectáreas bajo sistema silvopastoriles: El proyecto IRES (Resiliencia climática en los ecosistemas agrícolas de Cuba) tiene declarado como resultado 20 000 ha bajo sistema de silvopastoreo. El proyecto de desarrollo ganadero declara otras 3 000 ha bajo este esquema.

El principal problema en el país en cuanto al silvopastoreo es que la ley forestal actual no define estos sistemas entre los 3 sistemas de bosques que contempla. Se supone que se incluya como 4to sistema de bosques los sistemas silvopastoriles en la nueva ley forestal que se encuentra en elaboración, así como los sistemas agroforestales y las plantaciones de cacao y café (que tampoco entran en la dinámica forestal del país, el marabú tampoco forma parte del patrimonio, si se incluyen, después hay que hacer evaluaciones de superficie y de volumen. Por tanto, actualmente estos sistemas no se contabilizan y no van a las estadísticas oficiales del país, aunque todos capturan Carbono.

Se hace necesario definir qué áreas se van a considerar bajo silvopastoreo, cuantos árboles debe tener por ha para ser consideradas como sistemas bajo silvopastoreo, cuál es el sistema de silvopastoreo que hay que desarrollar o en cual clasifican porque hay varios: arboles dispersos en potreros, cercas vivas y surco de árboles entre pasturas.

Bajo el proyecto CBIT (Capacity Building Initiative for Transparency) se realizan análisis de cómo se van a definir los sistemas de silvopastoreo.

Será necesario por los especialistas de la actividad precisar los datos correspondientes a costos de la opción de mitigación, así como el volumen de ha a considerar en esta opción al 2035. Solo se asumen las ha bajo sistemas silvopastoriles que contemplan los proyectos en ejecución, pero podrías ser muchas más si entran estos sistemas en la nueva ley forestal y se contabilizan.

Tabla 5. Características técnicas de la reforestación con silvopastoreo

Opción de reducción: Reforestación con silvopastoreo		
Inversión	1350	US\$/ha
Beneficio anual	1380	US\$/ha
Densidad forestal	100	t materia seca/ha
Facción de Carbón en la materia seca	50%	

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Tiempo de crecimiento de los arboles	20	años
Opción de referencia: No reforestación		

1.5 Reducción de la degradación de bosques

La evaluación de la disminución de las emisiones de GEI a partir de la reducción de la degradación de los bosques que constituye esta nueva medida de mitigación se realiza utilizando la opción del GACMO “REDD: Avoided deforestation”. La opción tecnológica evita la degradación prevista en los bosques a través del manejo forestal sostenible. Se propone disminuir la degradación de los bosques del nivel 3 (de una escala de 5) que se encuentran actualmente, hasta un nivel 2 en 20 años.

El proyecto REDD+ en el país permite la creación de un sistema nacional de monitoreo forestal sólido, la interpretación de salvaguardas y directrices nacionales, la definición de niveles de referencia de emisiones forestales, y la adopción de un Plan de Acción Climática para el sector forestal que incluya perspectivas de género.

Será necesario por los especialistas de la actividad precisar los datos correspondientes a costos de la opción de mitigación.

Las características de esta opción de mitigación se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Características técnicas de la reducción de la degradación de bosques

Opción de reducción: Deforestación evitada		
Costo de oportunidad	2,2	US\$/tCO ₂
Posible deforestación futura	30000	ha
Densidad forestal	100	t materia seca/ha
Fracción de Carbono en la materia seca	50%	
Tiempo de crecimiento de los arboles	20	años
Carbono evitado	150000 0	tC
Opción de referencia: Deforestación		

1.6 Otras opciones no evaluadas

Durante el taller con las partes interesadas se identificaron otras opciones de mitigación. Sin embargo, no existen datos, estudios e informaciones que permitan hacer una evaluación de las mismas y quedan pendientes de análisis posteriores cuando se complete su información. Estas son:

1.6.1. Disminuir los fertilizantes químicos por bioabonos

En el país se utilizan tanto los fertilizantes en base a amonio como en base a nitratos.

Existen en el país 6,3 millones de m² de superficie agrícola de los cuales 2,765 millones de m² son cultivables, pero solo se fertilizan con químicos alrededor del 15% por ciento, mayormente en tabaco, papa y arroz.

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Se propone utilizar el concepto de “Fertilización integrada” lo cual implica que no se elimina el fertilizante químico sino se complementa con el uso de bioabonos por ejemplo el uso de Biofer reduce el uso de urea hasta al 40%. En esta opción se necesita conocer el factor de emisión por el uso de bioabonos.

El Programa nacional de conservación y mejoramiento de suelos promueve, entre otros, la producción de biofertilizantes para disminuir el uso de fertilizantes químicos.

Esta opción no tiene una que pueda ser utilizada de las existentes en el GACMO, pues la opción “Nitrification inhibitors” es la disminución de la tasa de conversión del fertilizante en base a amonio por base nitrato. Esto significa que la tasa de conversión de nitrato en óxido nitroso (o dinitrógeno) disminuye y las emisiones de óxido nitroso disminuyen. El inhibidor usado es la dicianidamida.

Para el caso de la acción nacional se propone disminuir los fertilizantes químicos y utilizar bioabonos: principalmente zeolita y humus de lombriz, pero no existen datos para modificar la opción del GACMO o proponer una nueva ficha para esta opción. No se conocen los costos de producción de los bioabonos, la capacidad de su producción y cuanto abono químico se puede sustituir por ellos para estimar la reducción de emisiones que esta sustitución conlleva.

1.6.2. Producción de biogás

El programa de desarrollo porcino se ha visto afectado considerablemente sobre todo por la falta de alimento animal y se está analizando un cambio de paradigma retomando el incremento de la producción con las producciones de piensos con insumos nacionales. La matriz de producción se centrará en las medianas y grandes granjas porcinas. La generación de electricidad a base de biogás no se abandona, pero solo se planifica en determinadas granjas estatales priorizando el autoabastecimiento. Se propone el uso de la codigestión con otras producciones ganaderas para aumentar la generación de biogás.

No existe información para evaluar este cambio como una medida de mitigación de mayor ambición, más bien hay que analizar si se puede cumplir el compromiso incluido en la CND actualizada en el 2020 en este aspecto.

1.6.3. Cambio en la alimentación en rumiantes

Aunque el programa de desarrollo ganadero prevé cambios en la alimentación a partir de sistemas alimentarios con plantas proteicas y oleaginosas que se han introducido en el país para la alimentación de los rumiantes: titonia, morera, tricantera y leucaena, no existen evaluaciones para estimar los potenciales de reducción de CH₄ de estas variedades de plantas y por tanto no es posible evaluar esta opción, aunque existe la opción del GACMO “Fat supplementation in ruminants diet” que pudiera utilizarse para ello de existir información.

1.6.4. Otras opciones en el cultivo del arroz

Entre ellas se encuentra la sustitución de diésel para bombeo de agua por bombeo fotovoltaico o a través del aniego por gravedad y la reducción del consumo del agua a partir de una mejor preparación del suelo para el cultivo del arroz, pero actualmente no existen estudios al respecto y por tanto datos para evaluarlas.

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

2. SECTOR ENERGIA

2.1 *Conversión autocarriles a eléctricos*

Por el peso e importancia que pueden tener los ferrocarriles tanto en la transportación de pasajeros como de carga al poder sustituir una parte importante del transporte especialmente del automotor al ser más eficiente, consumir menos combustible y por tanto contribuir en mayor medida a la mitigación del sector transporte, es que se requiere prestarle una mayor atención y prioridad.

Los 475 autocarriles existentes son de extrema importancia para el normal funcionamiento y explotación de las vías férreas ya que con ellas se realiza el mantenimiento y reparación de las vías. De ellos, 176 autocarriles pueden convertirse a eléctricos con baterías, lo que permite recuperar sus capacidades de explotación con un ahorro de gasolina.

Para la evaluación de esta opción se utiliza la opción del GACMO “Electric rail” ajustando las características de la misma a como aparecen en la Tabla 7.

Tabla 7. Características técnicas de la conversión de autocarriles a eléctricos

Actividad anual	0.00076	Millón trenkm/año
Opción de reducción: Autocarriles eléctricos		
Costo conversión	0,017	Millón US\$
O&M anual	85	US\$/trenkm
Consumo específico electricidad	0.084	kWh/trenkm
Opción de referencia: Autocarril de gasolina		
O&M anual	587	US\$/trenkm
Consumo específico gasolina	0,10	litros/trenkm
Consumo de gasolina	0,000076	Millón litros/año

2.2 *Conversión de cochemotores a eléctricos*

Existen 36 cochemotores a diésel que pueden convertirse a eléctrico con baterías. Para su evaluación se utiliza la opción “Electric rail” ajustando las características de la misma a como aparecen en la Tabla 8. Es posible la conversión de 11 cochemotores a eléctricos con baterías.

Tabla 8. Características técnicas de la conversión de cochemotores a eléctricos

Actividad anual	0,55	Millón trenkm/año
Opción de reducción: Conversión cochemotores a eléctricos		
Costo conversión cada uno	3,3	Millón US\$
O&M anual	1,5	US\$/trenkm
Consumo específico electricidad	1,5	kWh/trenkm
Opción de referencia: Cochemotor de diésel		
Costo de inversión	0,246	Millón US\$
O&M anual	1.230	US\$/trenkm
Consumo específico de diésel	2,9	litros/trenkm

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Consumo de diésel	1,6	Millón litros/año
-------------------	-----	-------------------

2.3 Camiones ligeros eléctricos

La política de vehículos eléctricos prevé la sustitución/introducción de camiones ligeros eléctricos sobre todo para el transporte de mercancía y prestación de servicios dentro de las ciudades. Esta opción existe en el GACMO “Electric light trucks” y se utilizó para la evaluación de esta medida de mitigación ajustando sus características a como aparecen en la Tabla 9.

Tabla 9. Características técnicas de los camiones ligeros eléctricos

Distancia anual	105.000	km
Actividad	1.000	Camiones
Opción de reducción: Camiones ligeros eléctricos		
Inversión en el vehículo	36.000	US\$
Costo 1 estación de carga	889	US\$
Número de estaciones de carga	20	Estaciones
Tamaño de la batería	50,2	kWh
Inversión en la batería	1000	US\$/kWh
O&M anual	0,5%	de inversión
Consumo eléctrico	4,30	km/kWh
Consumo eléctrico total	24.419	MWh
Rango	216	km
Opción de referencia: Camión ligero normal a diésel		
Inversión en el vehículo	29.500	US\$
O&M anual	1%	de inversión
Consumo de diésel	12,7	km/l
Consumo de diésel total	8,27	Millón de l

2.4 Incremento de la generación con paneles fotovoltaicos

Una mayor ambición se planifica con la introducción 2 000 MW nuevos de paneles solares hasta el 2035, aunque pudieran ser más, lo que actualmente no se ha definido. Una pequeña parte de ellos van con acumulación en baterías, lo que permite mayor flexibilidad en la operación del sistema electroenergético nacional y una mayor penetración.

Para la evaluación de esta medida se utiliza la opción del GACMO “Solar PVs, large grid, 1 MW”, sus características se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Características técnicas de los paneles solares

Opción de reducción: Paneles solares, 1 MW		
Tamaño	1,0	MW
Inversión	950	US\$/kW
Insolación diaria	8	horas
Factor de capacidad anual	2920	Horas completas

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Eficiencia	1	
O&M	1%	de inversión
Producción de electricidad	2920	MWh
	0,041	US\$/kWh
Opción de referencia: No paneles solares		
Producción de electricidad	2920	MWh

2.5 Incremento de ambición en sustitución de lámparas fluorescentes por LED

Se propone adicionalmente sustituir otros 5 millones de lámparas fluorescentes por LED hasta el 2035. Se utiliza opción del GACMO “Efficient domestic lighting with LEDs replacing CFLs (1000 bulbs)”. Sus características se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Características técnicas de la sustitución de lámparas fluorescentes por LED

Opción de reducción: LEDs		
Uso diario	6	horas
Importación anual de bulbos	1000	Bulbos
Precio del LED	5	US\$
Ahorro por cambio a LED	50%	Como lámpara fluorescente 40W
Ahorro por cambio a LED	19,7	MWh
Opción de referencia: Lámpara fluorescente		
Potencia de las lámparas reemplazadas	18,0	W
Vida útil lámpara fluorescente	6000	horas
Vida útil lámpara fluorescente	2,7	años
Número de reemplazos	5	
Precio lámpara fluorescente	2	US\$
Electricidad por la lámpara fluorescente en 2020	39	MWh

2.6 Sustitución de sistemas de bombeo de agua eléctricos por solares fotovoltaicos

Se propone como opción/medida de mitigación la sustitución de 1312 sistemas de bombeo eléctricos (dependientes de la red eléctrica y con equipos obsoletos e ineficientes) por nuevas bombas alimentadas por paneles solares de hasta 10 kW, lo que además incide en un mejor servicio a la población, lo cual se fundamenta en un programa prioritario del INRH (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos) en implementación actualmente. Se prevé en el futuro sustituir los sistemas de bombeo de hasta 20 kW y 30 kW, pero no hay proyecciones definidas en cuanto a cantidad actualmente y no se consideran en esta opción/medida por ahora.

Para evaluar esta medida se utiliza la nueva opción incluida en la versión 2.1 del GACMO “PV pump replacing Electric pump (1 pump)” con las características que se muestran en la Tabla 12.

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Tabla 12. Características técnicas de la sustitución de sistemas de bombeo eléctricos por solares fotovoltaicos

Opción de reducción: Bombas fotovoltaicas		
Inversión en bomba y motor	3.000	US\$
Inversión en panel fotovoltaico	1.500	US\$
Vida útil	20	Años
O&M anual	0,5%	de inversión
Potencia nominal	10	kW
Horas de bombeo por día	8	horas/día
Costo del panel	950	US\$/kW
Opción de referencia: Bomba eléctrica		
Inversión en bomba y motor	2.000	US\$
Inversión en conexión a la red	500	US\$
O&M anual	1%	de inversión
Potencia nominal	10	kW
Horas de bombeo por día	8	horas/día
Consumo de electricidad anual	43866,8	kWh/año

2.7 Otras opciones no evaluadas

En ausencia de informaciones y estudios no pudieron ser evaluadas las siguientes opciones:

2.7.1. Mezclas de 10% de alcohol con gasolina

Aunque existe una intención en el país al respecto, se hace necesario rescatar los estudios detallados realizados alrededor del 2004 sobre el tema y, además, realizar nuevas evaluaciones en la situación del parque vehicular actual (que es mucho más moderno) para ver si las tecnologías actuales admiten esa mezcla. Por otra parte, hay que evaluar la disponibilidad actual de alcohol con las zafas reducidas que se están teniendo, pues la prioridad del alcohol anteriormente era la producción de ron y el uso médico.

2.7.2. BRT (*bus rapid transport*)

Aunque fue una opción en su momento, actualmente ha dejado de serla por la importante infraestructura que se requiere para ellos, además de los elevados costos de inversión.

2.7.3. Nuevas restricciones a la importación de equipos

La nueva legislación restringe en mayor grado la importación de equipos, exigiendo p.e. refrigeradores y aires acondicionados con un mayor COP (Coefficient of Performance por sus siglas en inglés), bombas y cocinas de inducción más eficientes, etc. Todo ello hace que se eviten emisiones respecto a la importación según legislación anterior con menores exigencia,

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

pero todavía no se cuenta con suficiente información para poder cuantificar el impacto de esta medida.

2.7.4. Cambios modales del transporte de carga y pasajeros

Por el impacto que pudiera tener desde el punto de vista del ahorro de combustible y/o electricidad esta opción está ocurriendo en el país y se pretende que gane mayor peso por lo que sería importante evaluar su efecto en la correspondiente reducción de las emisiones de GEI.

Otras opciones formuladas durante los talleres pero que por falta de información no pudieron ser evaluadas son las siguientes:

- Conversión ferrobuses a eléctricos con baterías
- Introducción de paneles fotovoltaicos en las infraestructuras ferroviarias, sistemas de señalización, la recarga de las baterías en las opciones 2.1-2.3 electrificación de terminales y lanchas de transporte de pasajeros
- Evaluación de posible conexión del aeropuerto internacional José Martí por ferrocarril eléctrico con la capital

3. PROYECCION INVENTARIO GEI DE CON MAYOR AMBICIÓN AL 2035

A continuación, se muestran los resultados del inventario de GEI considerando las opciones/medidas de mitigación expuestas anteriormente y que representan una mayor ambición respecto a la CND de Cuba actualizada en el 2020.

En la tabla 13 y la figura 1 se muestran las emisiones de los escenarios sin medidas (WOM), con medidas de mitigación (WEM) y con mayor ambición (WAM) y las reducciones que las mismas representan. Se aprecia que la mayor reducción en las emisiones ocurre en el escenario WEM respecto al WOM, que al 2030 lo hacen en 32,5%. Sin embargo, en el escenario WAM lo hacen un 13.9% mayor, para un total respecto al WOM del 41,9%. En el 2035 las emisiones del escenario WAM serían 17,4% menores al escenario WEM.

Tabla 13. Emisiones y reducción de emisiones con la aplicación de las acciones de mitigación (kt CO_{2eq}) en los diferentes escenarios

	2016	2025	2030	2035
Emisiones WOM	23041,0	29987,8	35462,7	41692,1
Emisiones WEM	23041,0	23574,6	23937,3	30166,9
Emisiones evitadas (WOM-WEM)	0,0	6413,2	11525,4	11525,2
Emisiones WAM	23041,0	22431,2	20601,9	24922,8
Reducción de emisiones (WOM-WAM)	0,0	7556,5	14860,7	16769,3
Reducción de emisiones (WEM-WAM)	0,0	1143,4	3335,3	5244,1

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

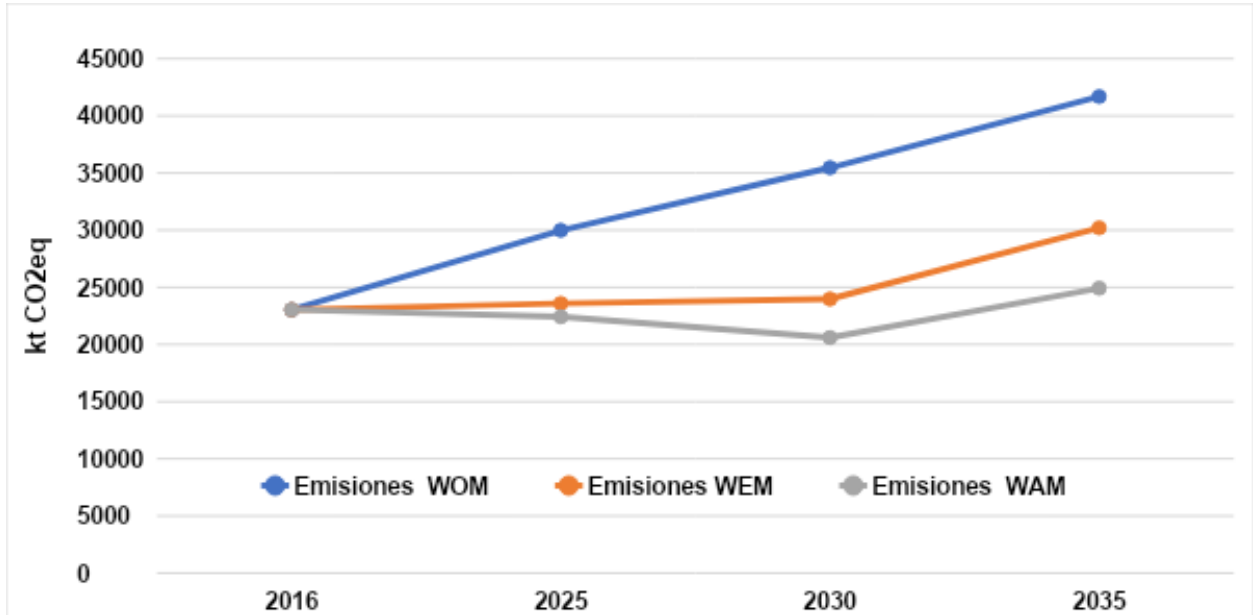


Figura 1. Comportamiento de las emisiones de GEI para los escenarios WOM, WEM y WAM para el período 2016-2035.

En la tabla 14 y figura 2 se muestran las reducciones desglosadas por los sectores en que se aplicaron medidas de mitigación con mayor ambición.

El sector Energía tiene un peso determinante (82,6%) en las reducciones totales dado que en dicho sector se aplican varias acciones de mitigación (incremento generación fotovoltaica, 3 medidas en transporte y una de eficiencia energética).

La agricultura y UTCUTS tienen un menor peso, 11,3% y 6,1% respectivamente.

Tabla 14. Reducción de emisiones por sectores en el escenario de mayor ambición (kt CO₂eq)

	2016	2025	2030	2035
Total	0	1143,4	3335,3	5244,1
Energía	0	1087,0	2740,5	4332,3
Agricultura	0	3,2	413,4	590,9
UTCUTS	0	53,2	181,5	320,8

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

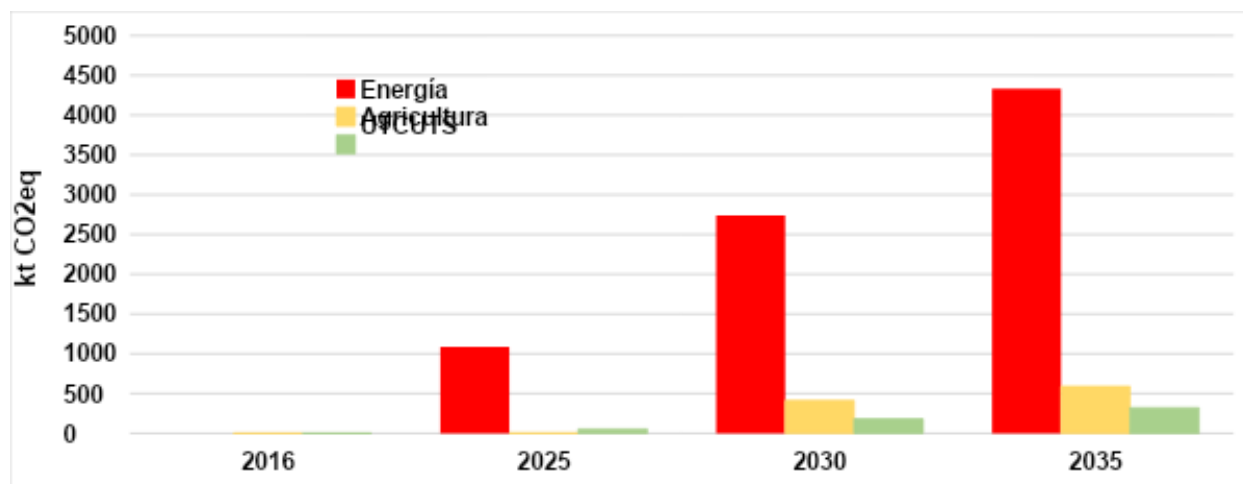


Figura 2. Reducción de las emisiones sectoriales en el escenario WAM para el período 2016-2035

A continuación, se muestra el comportamiento de las reducciones de emisiones de GEI por subcategorías para los sectores Energía, Agricultura y UTCUTS.

3.1. Sector energía

La reducción de las emisiones del sector Energía por las diferentes subcategorías del inventario se muestran en la tabla 15 y en la figura 3. Con relación al 2016 las reducciones de las emisiones de GEI del sector aumentan en 43,3% % en el 2035 por la introducción de opciones de mitigación de mayor ambición, correspondiendo en 96,8% a la importante introducción de paneles fotovoltaicos.

Tabla 15. Reducción de emisiones de GEI del sector Energía por subcategorías para periodo el 2016-2035, ktCO₂eq. Escenario WAM.

	2016	2025	2030	2035
TOTAL	0,0	1087,0	2740,5	4332,3
Generación de electricidad	0,0	1068,7	2697,4	4193,7
2000 MW solar FV	0,0	1068,7	2697,4	4193,7
Transporte	0,0	5,4	21,6	25,5
autocarriles eléctricos	0,0	3,55E-08	8,87E-08	1,35E-07
cochemotores eléctricos	0,0	1,0	1,8	2,2
camiones ligeros eléctricos	0,0	4,4	19,9	23,3
Residencial	0,0	0,0	0,0	85,1
5 millones lámparas LED	0,0	0,0	0,0	85,1
Servicios	0,0	12,8	21,4	28,1
bombeo solar para abasto de agua en comunidades	0,0	12,8	21,4	28,1

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

Estas reducciones de emisiones se deben a los ahorros en el uso de combustibles (autocarriles eléctricos, cochemotores eléctricos y camiones ligeros eléctricos como aparecen en la Tabla 16 y electricidad (lámparas LED y bombeo solar) en Tabla 17 que conllevan las medidas de mitigación de mayor ambición hasta el 2035.

Estos ahorros de 8200 tep y 137 GWh a que llegan estas medidas de mayor ambición en el sector energía son un elemento muy importante para los tomadores de decisión.

Tabla 16. Ahorro de combustibles por las medidas de mitigación de mayor ambición en el transporte, ktep

	2016	2025	2030	2035
TOTAL	0,0	1,7	7,0	8,2
autocarriles eléctricos	0,0	1,14E-08	2,86E-08	4,35E-08
cochemotores eléctricos	0,0	0,3	0,6	0,7
camiones ligeros eléctricos	0,0	1,4	6,4	7,5

Tabla 17. Ahorro de electricidad de las medidas de mitigación de mayor ambición en energía, GWh

	2016	2025	2030	2035
TOTAL	0,0	17,5	29,2	136,9
lámparas LED	0,0	0,0	0,0	98,55
bombeo solar	0,0	17,5	29,2	38,4

3.2. Sector agricultura

Las reducciones de emisiones de GEI por las medidas de mitigación de mayor ambición en el sector agricultura se muestran en la Tabla 18. El peso determinante en estas reducciones lo tiene el secado de tabaco por la cantidad de diésel que ahorra como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 18. Reducción de emisiones de GEI del sector Agricultura por medidas de mayor ambición para periodo el 2016-2035, ktCO_{2eq}. Escenario WAM.

	2016	2025	2030	2035
TOTAL	0,0	3,2	413,4	590,9
reducción de CH ₄ en cultivo del arroz	0,0	2,6	38,8	51,8
laboreo mínimo	0,0	0,1	14,6	21,9
laboreo medio	0,0	0,09	12,9	21,4
secado de tabaco	0,0	0,5	347,1	495,9

Tabla 19. Ahorro de combustible por medidas de mayor ambición en la agricultura, ktep.

	2016	2025	2030	2035
Total	0,0	0,2	120,8	173,9
laboreo mínimo	0,0	0,02	4,70	7,05

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

laboreo medio	0,0	0,03	4,15	6,91
secado de tabaco	0,0	0,2	112,0	160,0

3.3. Sector UTCUTS

Las reducciones de emisiones de GEI por las medidas de mitigación de mayor ambición en el sector UTCUTS se muestran en la Tabla 20.

Tabla 20. Reducción de emisiones de GEI del sector UTCUTS por medidas de mayor ambición para periodo el 2016-2035, ktCO_{2eq}. Escenario WAM.

	2016	2025	2030	2035
TOTAL	0,0	53	182	321
reducción de la degradación de los bosques	0,0	7,3	44,0	110,0
reforestación con silvopastoreo	0,0	45,8	137,5	210,8

3.4. Costos de implementación

La estimación de costos no se realiza pues sería muy preliminar, ya que una parte importante de los costos asumidos corresponde a criterios de expertos y/o referencias internacionales al no existir datos propios. Hay que tener en cuenta que las propuestas de medidas de mitigación de mayor ambición se encuentran en una fase muy temprana de elaboración y estudio por parte de los sectores, requiriéndose tiempo, recursos y personal para profundizar en su análisis, evaluación y estudio.

Sin embargo, bajo las premisas asumidas, el costo total de inversión de las opciones/medidas de mitigación de la CND actualizada en el 2020 y las de mayor ambición analizadas en este estudio asciende a 12 027 millones USD, según los cálculos del GACMO.

CONCLUSIONES

Se realizó una proyección del inventario de GEI considerando las opciones/medidas de mitigación de mayor ambición identificadas por los sectores en las que existía al menos información preliminar para ser evaluadas.

Se evaluó 5 opciones/medidas de mayor ambición en Agricultura y UTCUTS y 6 en Energía que hacen que las emisiones de GEI al 2035 sean 17,4% menores al escenario de mitigación de la CND actualizada en el 2020. Estas reducciones de emisiones de GEI en el 2035 alcanzan los 5,2 millones de tCO_{2eq}. En estas reducciones el peso determinante lo tiene el sector energía, siendo el responsable del 82,6% de estas reducciones.

Las reducciones de emisiones de las opciones/medidas de mitigación de mayor ambición se deben al ahorro de 182,1 miles de tep y de 136,9 GWh de electricidad en el 2035.

Los costos muy preliminares de implementación de las opciones/medidas de mitigación de la CND actualizada en el 2020 y las de mayor ambición evaluadas ascienden a 12 mil millones de US\$.

Proyección del inventario de GEI con aumento de ambición de las medidas de mitigación en Energía y AFOLU hasta el 2035

RECOMENDACIONES

- Sería conveniente disponer de la posibilidad de duplicar opciones de mitigación existentes en el GACMO para poder evaluar en un mismo escenario opciones iguales, pero con características diferentes. Por ejemplo, diferentes bombas solares que sustituyen bombas eléctricas, pero que tienen diferente potencia y parámetros o conversión de diferentes tipos de trenes (autocarriles y cochemotores) a eléctricos con baterías.
- Los sectores deben trabajar en precisar los datos de las opciones identificadas, tanto las preliminarmente evaluadas como en aquellas en que no ha sido posible hacerlo en este estudio por falta de información sobre ellas. Especial atención debe prestársele a definir y/o precisar costos tanto de las medidas de mitigación como las de referencia y los niveles de actividad a que se puede llegar.