



# Entendiendo la mitigación del cambio climático



COLECCIÓN  
ENTENDIENDO  
EL CAMBIO CLIMÁTICO

Dr. Wenceslao Carrera Doral  
Lic. Enrique R. Landa Burgos  
CUBAENERGIA



# Entendiendo la mitigación del cambio climático

**Dr. Wenceslao Carrera Doral**  
**Lic. Enrique R. Landa Burgos**  
CUBAENERGIA



COLECCIÓN  
**ENTENDIENDO  
EL CAMBIO CLIMÁTICO**

**Autores:**

Dr. Wenceslao Carrera Doral

wenceslao@cubaenergia.cu

Lic. Enrique R. Landa Burgos

elanda@cubaenergia.cu

**Diseño:**

Dina del Río Heredia

*El contenido de este material sólo refleja la opinión de los autores.*

**Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, citándola de forma siguiente:**

*Carrera, W. 2020: Entendiendo la mitigación del cambio climático. Serie Entendiendo el Cambio Climático. ISBN: 978-959-300-176-2. Editorial AMA.*

*Realizado con la contribución del Proyecto Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Proyecto GEF/PNUD.*

# Índice

---

## **Prólogo / 7**

### **Fundamentos científicos de la mitigación / 11**

El cambio climático / 11

El Efecto Invernadero / 12

Los gases de efecto invernadero (GEI) /13

El Potencial de Calentamiento Global y las emisiones agregadas de GEI / 15

### **Características de los principales GEI y procesos vinculados a sus emisiones y remociones / 19**

El dióxido de carbono / 20

El metano / 21

El óxido nitroso / 22

Los gases fluorados / 22

Concentración en la atmósfera de los principales GEI / 23

### **La relación entre las concentraciones de gases de efecto invernadero, el calentamiento global y el cambio climático / 27**

### **La mitigación del cambio climático y la respuesta de la comunidad internacional / 31**

La mitigación del cambio climático / 31

La comunidad internacional y el marco legal para la mitigación del cambio climático / 32

Brecha entre las emisiones previstas según los compromisos actuales y los niveles consistentes con los objetivos del Acuerdo de París / 34

Principales emisores de gases de efecto invernadero en el mundo / 39

---

---

### **Cuba y las políticas de mitigación / 43**

La mitigación del cambio climático en las prioridades de desarrollo del país / 43

El alto compromiso de Cuba con la comunidad internacional en el enfrentamiento al cambio climático / 45

### **Las emisiones de gases de efecto invernadero en Cuba / 49**

El Inventario Nacional de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) / 49

Las emisiones de gases de invernadero en Cuba en el año 2016 / 50

La serie histórica de las emisiones de Cuba 1990 - 2016 / 52

### **Medidas de mitigación que el país implementa como parte de su CND Actualizada / 57**

Tipos de contribuciones o medidas de mitigación / 57

Características de las contribuciones de mitigación contenidas en la CND de Cuba / 61

Breve descripción de las contribuciones de mitigación contenidas en la CND Actualizada de Cuba / 62

*Incremento hasta un 24% de la generación de electricidad en base a FRE en la matriz eléctrica de Cuba para el año 2030 / 63*

*Incremento de la eficiencia y el ahorro energéticos / 68*

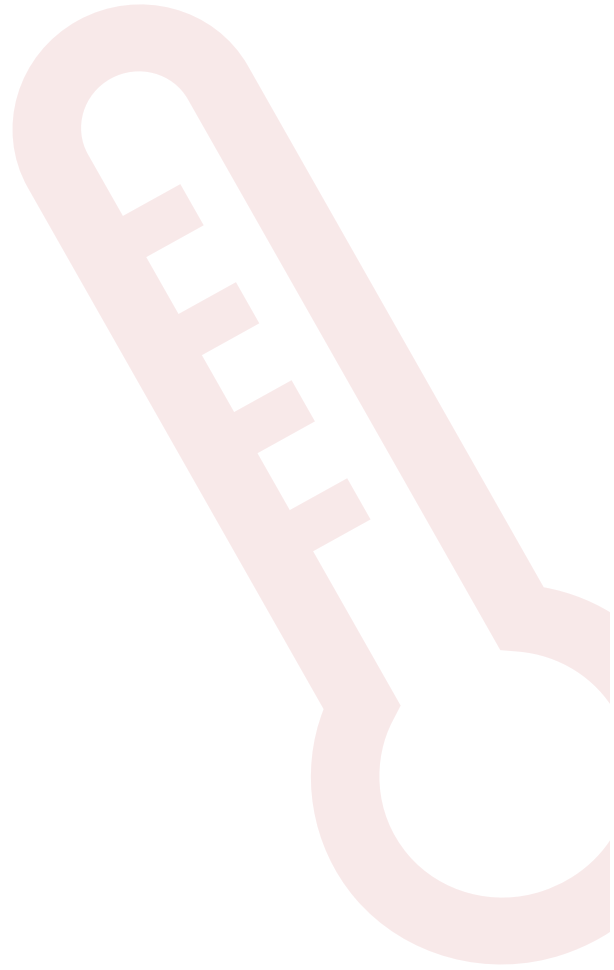
*Transporte terrestre menos intenso en carbono / 69*

*Incremento de la cobertura forestal del país hasta 33% en el año 2030 / 70*

*Reducción de emisiones de GEI en el sector porcino de Cuba / 71*

### **Referencias / 75**

---





# Prólogo



# Prólogo

---

Está demostrado científicamente que el cambio climático es la mayor de las amenazas medio ambientales que enfrenta la humanidad. Un reciente artículo publicado por la Revista *BioScience*<sup>1</sup>, declara que se producirá una emergencia ambiental debida a este fenómeno. Ese artículo, avalado por la firma de más 11 mil científicos de 153 países, indica que el cambio climático “provocará un sufrimiento humano no revelado”, si no se producen cambios profundos y duraderos en las emisiones de gases de efecto de invernadero.

A pesar de 40 años de negociaciones mundiales, el cambio climático transcurre de manera más acelerada que lo previsto por la comunidad científica. También es un hecho que el propósito de los Acuerdos de París de evitar transgredir la frontera de los 2 oC, parece ser una ilusión inalcanzable. Las alternativas para enfrentar la crisis continúan siendo la mitigación y la adaptación.

Para países como Cuba, la adaptación es la senda de mayor prioridad, tal y como se propone el Programa del Estado Cubano para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida). Nuestro país se ha mantenido en la vanguardia de los estudios sobre los impactos y las medidas de adaptación al cambio climático. Desde 1991 los resultados alcanzados han sido el sustento de las medidas de mitigación y adaptación que se implementan. Pero el camino aun es largo, pues se requieren mayores precisiones, nuevos métodos de análisis y un abordaje más integrador para responder a preguntas cada vez más complejas.

---

<sup>1</sup> William J Ripple, Christopher Wolf, Thomas M Newsome, Phoebe Barnard, William R Moomaw. **World Scientists' Warning of a Climate Emergency**. *BioScience*, 2019; DOI: 10.1093/biosci/biz088.

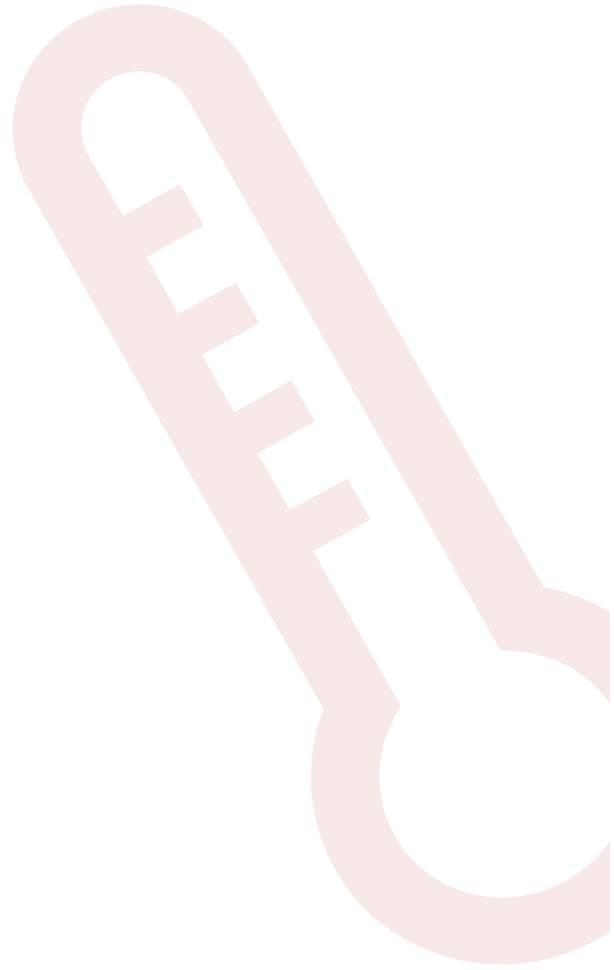


Pese a que la contribución del país a las emisiones globales de gases de efecto invernadero es mínima, y a la prioridad y el costo que para el país significa la adaptación, Cuba ha desarrollado y financiado sistemáticamente acciones de mitigación, las que en algunos casos han tenido un papel destacado, respecto a las tendencias internacionales. Para poder enfrentar de forma exitosa el diseño, la implementación y el control de las medidas de mitigación al cambio climático derivadas del Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio climático, así como incrementar la ambición en las sucesivas CND, es imprescindible entender mejor el fenómeno de la mitigación. Entender mejor el fenómeno no es una acción exclusiva de los científicos, significa que todos los actores de la sociedad deben comprender de qué se trata y cómo se debe responder.

Esta serie es una iniciativa del proyecto GEF/PNUD *“Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático”*, en la cual han participado reconocidos investigadores y especialistas. Es contribución al entendimiento de diferentes aspectos del cambio climático que en su mayoría son muy complejos.

**Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez**

Director Proyecto 3CN+1BUR





# **Fundamentos científicos de la mitigación**

# Fundamentos científicos de la mitigación

---

## EL CAMBIO CLIMÁTICO

La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) define que por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (CMNUCC, 1992). La Convención distingue entre ‘cambio climático’ atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y ‘variabilidad climática’ atribuida a causas naturales.

Las actividades humanas han ido aumentando sustancialmente las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y ese aumento intensifica el efecto invernadero natural, lo cual da, como resultado, un calentamiento adicional de la atmósfera y la superficie de la Tierra.

Es muy frecuente escuchar que algunas personas relacionan la ocurrencia de eventos extremos del tiempo meteorológico como indicadores del cambio climático (ejemplo, ocurrencia de un huracán fuerte, un tornado, una sequía prolongada, un frente muy frío). Sin embargo, muchos de esos eventos extremos son puntuales y transitorios. La evidencia del cambio climático se encuentra en eventos climáticos que comienzan a repetirse temporada tras temporada, o cambios graduales en parámetros que van transformado lenta y progresivamente el clima de una región.

- **En otras palabras, la certeza del cambio climático se tendrá cuando al revisar los datos climáticos se corrobora que efectivamente hubo cambios significativos en los valores de las variables climáticas respecto al comportamiento observado 30 o 50 años antes.**

## **EL EFECTO INVERNADERO**

La vida en la Tierra depende de la energía que recibe del Sol. La energía solar es liberada en forma de radiación solar, que es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. Estas radiaciones están compuestas por rayos de diferentes longitudes de onda: rayos gamma; rayos X; rayos ultravioletas (UV); luz visible y rayos infrarrojos. La mayor parte de los rayos gamma, rayos X y rayos UV que recibe la atmósfera, son atrapados por las capas altas que la componen. De esta forma, a la superficie terrestre sólo llega la energía transportada por los rayos UV (9%), la luz visible (41%) y los rayos infrarrojos (50%).

De la energía solar que llega al planeta, algo más del 30% es reflejada por la atmósfera o por la superficie terrestre. El resto de la energía es absorbida por la Tierra. Parte de esta energía es devuelta al exterior y otra es empleada para calentar el aire, el agua y la tierra.

Las radiaciones que llegan a la superficie terrestre son devueltas a la atmósfera en forma de radiaciones infrarrojas, que son absorbidas por gases contenidos en ella e irradiadas en todas las direcciones. Parte de esta radiación es reintegrada hacia la superficie y la atmósfera inferior, lo cual resulta en un incremento de la temperatura superficial media respecto a lo que habría en ausencia de los gases contenidos en la atmósfera. Este es el denominado Efecto Invernadero, que en forma esquemática se muestra en la Figura 1. A los gases responsables de este fenómeno se les ha definido como Gases de Efecto Invernadero (GEI).



*Figura 1. Representación esquemática del proceso de distribución de energía responsable del Efecto Invernadero.*

**El efecto invernadero ocurre de manera natural en la atmósfera de la Tierra y permite que exista la vida tal y como la conocemos; pues sin él, la temperatura promedio de la Tierra, que es 15°C, sería inferior a los -18°C. Si se producen variaciones en la concentración en la atmósfera de estos gases, que es lo que está ocurriendo de forma acelerada desde la era industrial (1750), se altera la temperatura del planeta.**

## **LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)**

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) define a los gases de efecto invernadero como el componente gaseoso de la atmósfera –ya sea de origen natural o antropogénico– que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad de los GEI es lo que da lugar al efecto invernadero (IPCC, 2013).

**Un gas de efecto invernadero (GEI) es un gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo.**

Los gases de efecto invernadero reciben su nombre porque, de manera semejante en que las paredes de vidrio elevan la temperatura interior de los invernaderos, conducen al aumento de la temperatura de la superficie de la tierra, al interactuar con la energía que proviene del Sol. Aunque la manera de atrapar el calor de un invernadero es fundamentalmente diferente a como funcionan los gases de efecto invernadero, la analogía ha perdurado y a su efecto se le denomina efecto invernadero.

Los GEI más importantes están regulados por la Convención Marco sobre Cambio Climático, y son los siguientes:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Gases fluorados: Clorofluorocarbonos (CFC), Hidrofluorocarbonos (HFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF<sub>6</sub>).

El vapor de agua es un potente gas de efecto invernadero, pero se considera como parte de una especie de circuito de retroalimentación y no una causa directa del cambio climático. Se libera gracias a la lluvia y a la nieve, y permanece poco tiempo en la atmósfera.

El efecto de cada gas sobre el cambio climático depende de tres factores principales:

- La concentración o cantidad del gas específico en la atmósfera. Se mide en partes por millón y depende del monto de las emisiones del gas a la atmósfera.
- El tiempo de permanencia del gas en la atmósfera. Cada uno de estos gases puede permanecer en la atmósfera durante diferentes períodos de tiempo, desde unos pocos años hasta miles de años. Todos estos gases permanecen en la atmósfera el tiempo suficiente para mezclarse bien; eso significa que la cantidad que se mide en la atmósfera es aproximadamente igual en todo el mundo, independientemente de la fuente de las emisiones.

- La fuerza con la que cada gas afecta a la atmósfera. Algunos gases son más efectivos que otros en el calentamiento del planeta en hacer más efectivo "el cristal del invernadero".

## EL POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL Y LAS EMISIONES AGREGADAS DE GEI

Para evaluar "con qué fuerza" un gas de efecto invernadero absorbe energía, se ha calculado el Potencial de Calentamiento Global (PCG).<sup>2</sup>

**El potencial de calentamiento global es una medida útil para comparar el impacto climático potencial de las emisiones de los diferentes GEI. Los gases con un PCG más alto absorben más energía, por kilogramo, que los que tienen un PCG más bajo y, por lo tanto, contribuyen más al calentamiento de la Tierra.**

En la Tabla 1. se presentan los PCG de los principales gases de efecto invernadero (IPCC, 1995).

**Tabla 1. Poder de Calentamiento Global de los Gases de Efecto Invernadero**

Gas de Efecto Invernadero	PCG (Horizonte de tiempo de 100 años)
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	21
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	310
Clorofluorocarbonos (CFC)	6500-9200
Hidrofluorocarbonos (HFC)	140-11700
Hexafluoruro de Azufre (SF <sub>6</sub> )	23900

De la tabla 1 se puede concluir que el impacto de la emisión de una tonelada de metano a la atmósfera es similar a la de la emisión de 21 toneladas de CO<sub>2</sub> y la de una tonelada de N<sub>2</sub>O es similar a la de 310 toneladas de CO<sub>2</sub>. El CO<sub>2</sub> actúa como gas

<sup>2</sup> GWP, Global Warming Potential, en inglés. Éste indicador se calcula para un tiempo promedio del gas en la atmósfera.



de referencia o de equivalencia. Aunque habitualmente se simplifica diciendo "carbono" o "dióxido de carbono", el hecho es que los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático y el calentamiento global son varios y muy diferentes entre sí.

● **Cuando se escuchan términos como emisiones de carbono, mercado de carbono, bonos de carbono, carbono neutralidad, entre otros, el término "carbono" se refiere, generalmente, a las emisiones de los gases de efecto invernadero estimados de forma agregada, o sea expresados en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq.)**

Por ejemplo, si a la atmósfera se liberan 2 t de CO<sub>2</sub>, 3 de CH<sub>4</sub> y 3 de N<sub>2</sub>O, entonces podemos estimar las emisiones de éstos gases de efecto invernadero de forma agregada, utilizando el PCG de cada uno de ellos, mediante la siguiente expresión:

$$E_{CO_2eq} = E_{CO_2} * PCG_{CO_2} + E_{CH_4} * PCG_{CH_4} + E_{N_2O} * PCG_{N_2O}$$

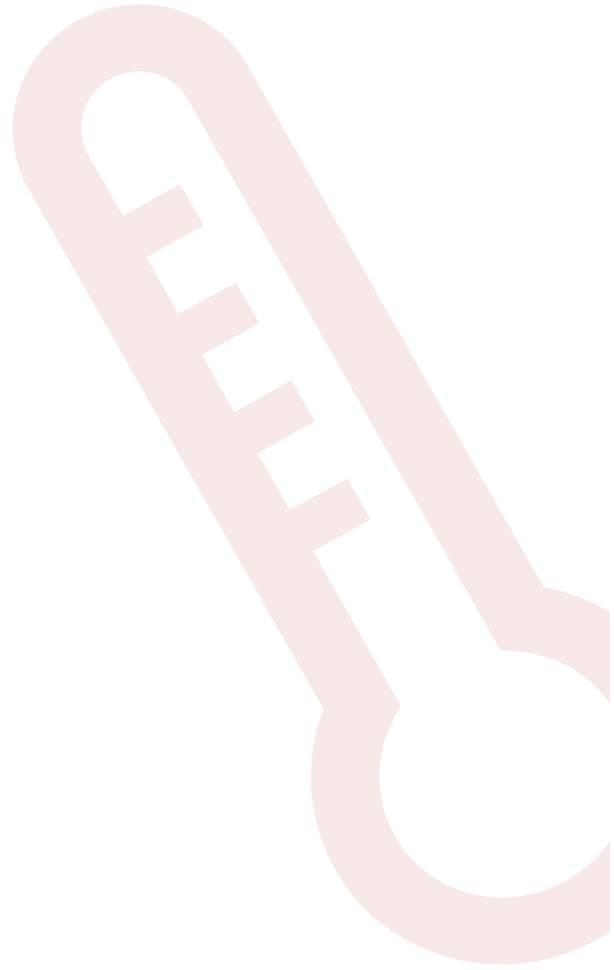
$$E_{CO_2eq} = 2*1 + 3*21 + 3*310 = 995 \text{ tCO}_2\text{eq}$$

Donde:

$E_{CO_2eq}$  – Emisiones agregadas o emisiones de dióxido de carbono equivalente.

$E_{CO_2}$ ;  $E_{CH_4}$ ;  $E_{N_2O}$  – Emisiones de dióxido de carbono, de metano y de óxido de nitrógeno, respectivamente.

$PCG_{CO_2}$ ;  $PCG_{CH_4}$ ;  $PCG_{N_2O}$  – Potencial de Calentamiento Global del dióxido de carbono, del metano y del óxido de nitrógeno, respectivamente.





# **Características de los principales GEI y procesos vinculados a sus emisiones y remociones**

# Características de los principales GEI y procesos vinculados a sus emisiones y remociones

---

Como se ha señalado los principales GEI son: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ); el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los gases fluorados. Los tres primeros son emitidos a la atmósfera como resultado de diferentes procesos naturales y también como consecuencia de la actividad del hombre. Los gases fluorados han sido producidos por el hombre para diferentes aplicaciones tecnológicas.

Los gases de efecto invernadero pueden ser eliminados de la atmósfera como consecuencia de:

- Un cambio físico. Por ejemplo, la condensación y la precipitación eliminan el vapor de agua de la atmósfera.
- Una reacción química dentro de la atmósfera. Por ejemplo, el metano se oxida por reacción con el radical hidroxilo natural,  $\text{OH}^-$  y se degrada a  $\text{CO}_2$  y vapor de agua.
- Un intercambio físico entre la atmósfera y otros componentes del planeta. Un ejemplo es la mezcla de gases atmosféricos en los océanos.
- Un cambio químico en la interfaz entre la atmósfera y otros componentes del planeta. Este es el caso del  $\text{CO}_2$ , que se reduce mediante la fotosíntesis de las plantas y que, tras disolverse en los océanos, reacciona para formar ácido carbónico e iones de bicarbonato y carbonato.

También se puede evitar que los GEI producidos sean emitidos a la atmósfera a través de métodos tecnológicos, como la captura y almacenamiento en formaciones geológicas.

● **A partir de la era industrial, las actividades humanas han añadido una mayor cantidad de gases de efecto invernadero a la atmósfera. De ahí que la vía principal para reducir la concentración de los GEI en la atmósfera sea disminuir su producción por las actividades del hombre, o sea implementar adecuadas medidas de mitigación.**

Veamos más en detalle las características de cada uno de los gases de efecto invernadero, las actividades que los generan y algunos procesos mediante los cuales son removidos de la atmósfera.

## EL DIÓXIDO DE CARBONO

El dióxido de carbono es el principal responsable del calentamiento global. Su tiempo de permanencia en la atmósfera es de entre 50 y 200 años y su contribución al efecto invernadero se estima que es del 76%, la más alta de todos los gases.

Este gas puede ingresar a la atmósfera a través de diferentes vías. Entre las más significativas se encuentran las siguientes:

- **Los procesos de combustión.** Durante la combustión, el carbono y el hidrógeno de los combustibles fósiles se convierten principalmente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), que liberan la energía química del combustible en forma de calor. En general, se utiliza este calor directamente, como en el caso de las calderas de vapor o para producir energía mecánica, como el caso del transporte o la generación de electricidad.

El sector energético suele ser el más importante de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero y, comúnmente, aporta más del 90% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el 75% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero de los países desarrollados. El CO<sub>2</sub> normalmente representa el 95% de las emisiones del sector energético. La combustión estacionaria normalmente representa un 70% de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector energético. Alrededor de la mitad de estas

emisiones se relaciona con la combustión de las industrias de la energía, principalmente de las centrales eléctricas y las refinerías. La combustión móvil (el tránsito terrestre y otro) provoca alrededor de un tercio de las emisiones del sector energético.

- **Los procesos industriales que utilizan materias primas carbonatadas en la producción y el uso de productos minerales industriales.** Un ejemplo de ello es la producción de cemento, donde el CO<sub>2</sub> se genera durante la producción de clínker, al calentar o calcinar la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), para producir cal (CaO) y CO<sub>2</sub> como productos derivados. Ejemplos de otros procesos donde se libera CO<sub>2</sub> es la producción de cal y vidrio.
- **Otras vías** pueden ser el cambio y uso de la tierra, así como las emisiones fugitivas en la cadena de exploración, explotación, procesamiento y distribución de combustibles.

El CO<sub>2</sub> se elimina de la atmósfera (o "secuestra") cuando lo absorben las plantas como parte del ciclo biológico del carbono y mediante la absorción del mismo por parte de los océanos. El hombre ha desarrollado tecnologías para la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> en formaciones geológicas, pero son aún métodos de empleo limitado, debido a su complejidad y altos costos.

El balance del CO<sub>2</sub>, o sea la diferencia entre las emisiones y absorciones de este gas, se inclina de forma sostenida hacia un incremento de sus concentraciones en la atmósfera.

## **EL METANO**

El metano es un potente gas de efecto invernadero, con tiempo de permanencia en la atmósfera de unos 12 años. Su Potencial de Calentamiento Global es 21 veces mayor que el dióxido de carbono. Se estima que el metano contribuye al 13% del calentamiento global.

Cerca del 40 % del metano que se emite a la atmósfera procede de fuentes naturales, que tienen su origen en las fermentaciones producidas por bacterias anaerobias especializadas, existentes

en zonas pantanosas, humedales y termitas; mientras que aproximadamente el 60 % proviene de actividades humanas, como la ganadería de rumiantes, el cultivo de arroz, los vertederos y la combustión de biomasa. El metano se emite también durante la producción y el transporte de carbón, gas natural y petróleo y por los escapes de depósitos naturales y conductos industriales. El metano desaparece de la atmósfera por reacción química, por ejemplo, ésta molécula se oxida por reacción con el radical hidroxilo natural, OH<sup>-</sup> y se degrada a CO<sub>2</sub> y vapor de agua.

### **EL ÓXIDO NITROSO**

El óxido nitroso tiene un Potencial de Calentamiento Global 310 veces superior al CO<sub>2</sub> y tiene un tiempo de permanencia en la atmósfera de 120 a 150 años. Su contribución al efecto invernadero se calcula en un 6%.

Las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) a la atmósfera provienen de fuentes naturales (en torno al 60 %) y de fuentes antropógenas (un 40 %). El óxido nitroso se emite durante actividades agrícolas e industriales, en la combustión de combustibles fósiles y residuos sólidos, y también durante el tratamiento de aguas residuales. Una de las fuentes que más producen este gas es el uso masivo de fertilizantes en la agricultura intensiva. También lo producen otras fuentes: centrales térmicas, tubos de escape de automóviles y motores de aviones, quema de biomasa y fabricación de nailon y ácido nítrico.

### **LOS GASES FLUORADOS**

Los gases fluorados comprenden una amplia gama, entre los que se cuentan los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre. Son gases de efecto invernadero sintéticos y potentes, que se emiten en diversos procesos industriales. Tienen múltiples usos: en sistemas de refrigeración, como componentes de aerosoles, producción de aluminio y aislantes eléctricos entre otros. En ocasiones, los gases fluorados se utilizan como sustitutos de sustancias que destruyen el ozono de la estratósfera.

Habitualmente se emiten en pequeñas cantidades, pero son gases de efecto invernadero potentes, una de sus moléculas puede tener un impacto hasta 15.000 veces superior a una molécula de CO<sub>2</sub>. Su contribución al efecto del calentamiento global ha alcanzado el 5%. Su tiempo de residencia en la atmósfera es largo, en torno a los 260 años, aunque los perfluorocarburos (PFC) tienen una duración de 50.000 años, y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) de 3.200 años.

Los principales sumideros naturales de los GEI son los océanos, los bosques, los humedales y los suelos. No obstante, el aumento de la temperatura del planeta puede revertir esta propiedad. Veamos el ejemplo de los océanos que constituyen el mayor sumidero de carbono del planeta. Ellos albergan grandes cantidades de gases de efecto invernadero en forma de depósitos de hidratos, compuestos de CO<sub>2</sub> o metano congelados, lo que impide que se filtren a la atmósfera. Pero el océano está calentándose con el aumento de las emisiones de carbono y los expertos sostienen (National Geographic, 2019) que la temperatura del agua marina que rodea algunos hidratos está a pocos grados de disolverlos. Si estas reservas de hidratos se derritieran, entonces los océanos se convertirían en emisores de carbono, lo que tendría consecuencias catastróficas para el cambio climático.

## **CONCENTRACIÓN EN LA ATMÓSFERA DE LOS PRINCIPALES GEI**

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) da seguimiento sistemático y documenta los cambios en los niveles de los GEI resultantes de la industrialización, el uso de energía procedente de fuentes fósiles, prácticas agrícolas más intensivas, el mayor uso de la tierra y la deforestación. Las medias mundiales representativas del contenido de gases en la atmósfera global las presentan periódicamente en un "Boletín de gases de efecto de invernadero"<sup>3</sup>.

En su informe resumen del año 2019, la OMM reportó, como se muestra a continuación, alarmantes incrementos de las con-

---

<sup>3</sup> Disponible en: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=5463](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5463)



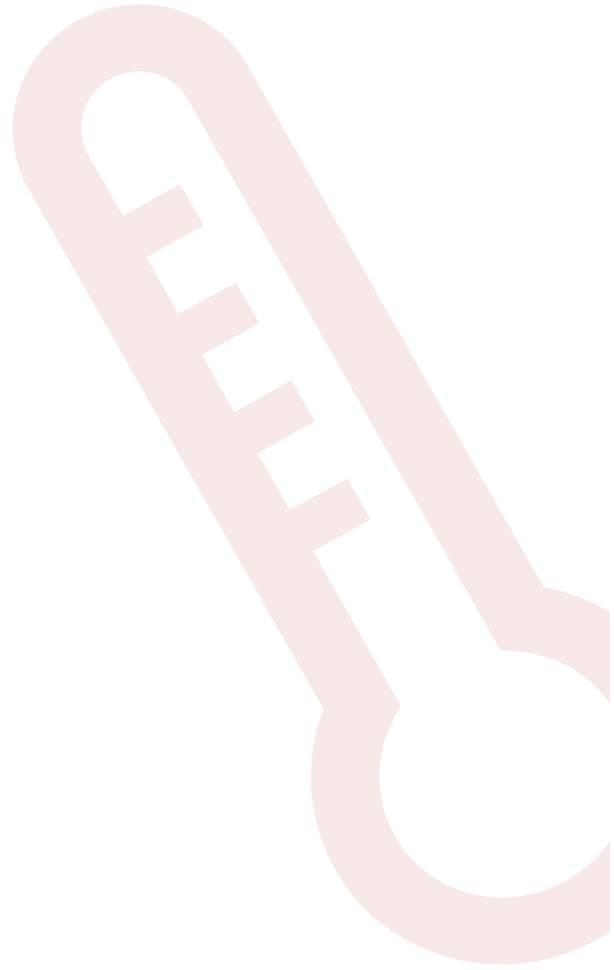
centraciones de los principales gases de efecto invernadero desde la época pre-industrial (OMM, 2020):

- La concentración de CO<sub>2</sub> alcanzó el valor de 407 partes por millón (ppm) en 2018, lo que representa un incremento de 147% con respecto a los niveles pre-industriales (o sea con respecto al año 1750).
- En cuanto al metano, la concentración atmosférica de éste gas se ha incrementado en un 259% desde 1750, alcanzando en el 2018 una concentración de 1,869 ppb (partes por billón).
- La concentración atmosférica del N<sub>2</sub>O se ha incrementado en un 123% desde 1750 y alcanzó un valor de 331 ppb (partes por billón) en el año 2018.

Según datos preliminares, las concentraciones de gases de efecto invernadero siguieron aumentando en 2019. Por ejemplo, en el caso del CO<sub>2</sub>, de no tomarse medidas drásticas para su reducción, la concentración en la atmósfera de éste gas podría continuar creciendo, y alcanzar valores en el año 2100 entre 486 ppm y 1,248 ppm, dependiendo del uso de los combustibles fósiles (IPCC, 2001).

La Organización Meteorológica Mundial hace hincapié en las señales físicas que nos alertan del cambio climático, como el aumento del contenido calorífico de los océanos y de la tierra, la aceleración de la subida del nivel del mar y la fusión de los hielos (OMM, 2020).

**El dióxido de carbono es el principal responsable del calentamiento global, su contribución al efecto invernadero se estima en 76%, la más alta de todos los gases, el metano contribuye en un 13%, el óxido nitroso en un 6% y los gases fluorados en un 5%. Las concentraciones de éstos gases se han elevado sustantivamente desde la era preindustrial: el CO<sub>2</sub> en 147%, el CH<sub>4</sub> en 259% y el N<sub>2</sub>O en 123%. Esta tendencia pone en peligro la vida en el planeta.**





●●●●●●●● **La relación entre las concentraciones de gases de efecto invernadero, el calentamiento global y el cambio climático**

# La relación entre las concentraciones de gases de efecto invernadero, el calentamiento global y el cambio climático

---

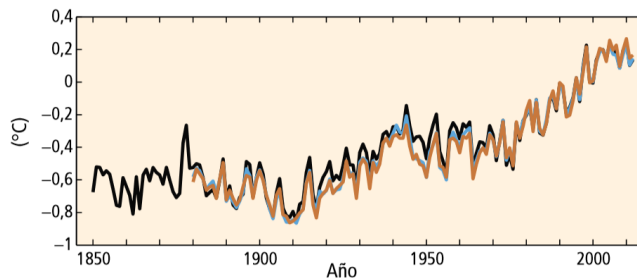
La relación entre las concentraciones de gases de efecto invernadero, el calentamiento global y el cambio climático han sido muy discutidas entre la comunidad científica. Por mayor complejidad ha pasado el entendimiento de éstos conceptos y sus interrelaciones en las negociaciones políticas a nivel internacional. Hoy en día, a pesar de todas las evidencias reunidas, de las conclusiones de la comunidad científica y del alto consenso político sobre el tema, existen políticos influyentes, que consideran que el cambio climático es "un invento chino". No obstante, se dispone de evidencias incuestionables de esa interrelación.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) fue establecido en 1988, para facilitar evaluaciones periódicas, sobre bases científicas comprobadas, del cambio climático, sus repercusiones y futuros riesgos; así como las opciones para adaptarse al mismo y atenuar sus efectos. El IPCC proporciona esa base científica a los gobiernos para la formulación de políticas relacionadas con el clima y sirven de apoyo para las negociaciones en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El IPCC basa su labor en la evaluación de diversas publicaciones científicas y elabora informes periódicos, con la participación de centenares de científicos expertos de todo el mundo; estos informes son sometidos a un riguroso proceso de redacción y examen exhaustivo.

El IPCC en su Quinto Informe concluye (IPCC, 2014):

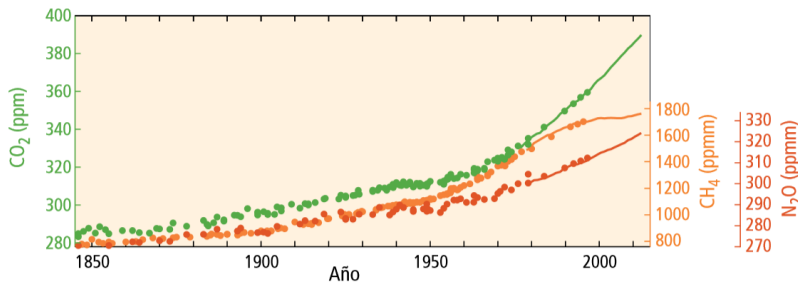
- La influencia humana en el sistema climático es clara, y las emisiones antropógenas recientes de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Los cambios climáticos recientes han tenido impactos generalizados en los sistemas humanos y naturales.
- El calentamiento en el sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado.
- Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero han aumentado desde la era preindustrial, en gran medida como resultado del crecimiento económico y demográfico, y actualmente son mayores que nunca. Como consecuencia, se han alcanzado unas concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso sin parangón en, por lo menos, los últimos 800 000 años. Los efectos de las emisiones, así como de otros factores antropógenos, se han detectado en todo el sistema climático y es sumamente probable que hayan sido la causa dominante del calentamiento observado a partir de la segunda mitad del siglo XX.

En las Figuras<sup>4</sup> 2 y 3 se muestra la compleja relación existente entre las observaciones del promedio global de la temperatura y el promedio global de concentraciones de gases de efecto invernadero en el período 1850 – 2010.



**Figura 2. Anomalía del promedio global de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas, combinadas.**

<sup>4</sup> Las figuras 2 y 3 son tomadas de la Figura RRP.1 del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IE5). Informe de síntesis Resumen para responsables de políticas



**Figura 3. Promedio global de concentraciones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, verde, CH<sub>4</sub>, naranja y N<sub>2</sub>O, rojo)**

En el informe compilado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2020), se hace hincapié en las señales físicas que nos alertan del cambio climático. La Declaración de la OMM sobre el estado del clima mundial en el 2019, confirma que ese año fue el segundo más cálido del que se tienen datos, desde que se realizan mediciones instrumentales. El quinquenio 2015-2019 comprende los cinco años más cálidos de los que se tiene constancia, y el período de 2010 a 2019 ha sido el decenio más cálido jamás registrado. A partir de los años ochenta, cada nuevo decenio ha sido más cálido que todos los anteriores desde 1850.

**Existen suficientes evidencias científicas que permiten concluir que las actividades humanas han determinado el incremento sustantivo de las emisiones de GEI desde la era preindustrial, que ello ha conllevado al incremento de la concentración de estos gases en la atmósfera y esto se ha detectado en todo el sistema climático, incrementando la temperatura del planeta y poniendo en grave peligro la existencia de la vida en la Tierra.**



# **La mitigación del cambio climático y la respuesta de la comunidad internacional**

# La mitigación del cambio climático y la respuesta de la comunidad internacional

---

## LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Se ha evidenciado que la principal causa del cambio climático y del calentamiento global, son las actividades humanas que conllevan al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero, la consecuente concentración de éstos en la atmósfera y la sostenida elevación de la temperatura del aire media global. Por otra parte, como se vio anteriormente, las emisiones crecientes de GEI conllevan a un desbalance hacia el aumento de la concentración de éstos en la atmósfera, por encima de su captura por procesos naturales, y esto conlleva a un aumento de la temperatura global. De ahí la necesidad de tomar medidas para disminuir la emisión de los GEI y/o incrementar su remoción, es decir mitigar el cambio climático.

**Mitigación del cambio climático es la intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.**

Las soluciones de mitigación tardarán décadas en contrarrestar el incremento de la temperatura, por lo que debemos adaptarnos al cambio climático que ya se está viviendo y que continuará afectándonos en el futuro. Por ello, también tenemos que tomar medidas de adaptación, o sea medidas que se basan en reducir la vulnerabilidad ante los efectos derivados del cambio climáti-



co. Lo que significa cambiar nuestro comportamiento, prácticas y sistemas para protegernos, proteger la economía y el entorno en que vivimos.

## **LA COMUNIDAD INTERNACIONAL Y EL MARCO LEGAL PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

Ante la realidad del cambio climático y la necesidad de su enfrentamiento, la comunidad internacional, en la Cumbre de Río de 1992, adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que entró en vigor en el año 1994.

La CMNUCC, en su Artículo 4, declaró como un objetivo expreso, la mitigación del cambio climático al establecer que *"Todas las partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán: formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático. Deben tenerse en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal<sup>5</sup> y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático"*.

Con la adopción del Protocolo de Kioto (PK) en 1997 y su entrada en vigor en el 2005 (primer período de implementación), se avanzó de forma significativa en los compromisos de mitigación, al establecerse compromisos vinculantes para los Países Anexo I<sup>6</sup>. En su Artículo 3, el Protocolo establece que los países Anexo I debían reducir sus emisiones en 5,2% con respecto a 1990, en el período 2008-2012. Se instrumentaba así un mecanismo concreto para la mitigación. Los países en vías de desa-

---

<sup>5</sup> Se refiere al instrumento legal para la protección de la Capa de Ozono.

<sup>6</sup> Se refiere a los países desarrollados y otras partes que adquieren compromisos particulares.

rollo (Países No Anexo I), en virtud del Artículo 12 del Protocolo de Kioto, podían participar a través de un mecanismo de mercado, mediante Proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Este mecanismo propiciaba la transferencia de tecnologías, financiamiento y recursos a los países en desarrollo y éstos transferían las reducciones de emisiones a los países Anexo I. El segundo período del PK se adopta en Doha en 2012, pero el mismo no entró en vigor.

En la 13 Conferencia de las Partes (COP 13) de la CMNUCC, efectuada en el 2007, se adopta el compromiso que los países en desarrollo informarían sus acciones de mitigación, denominadas entonces acciones nacionalmente apropiadas de mitigación (NAMA por sus siglas en inglés). Estos serían informes voluntarios, en correspondencia con las prioridades y circunstancias nacionales de los países, ejecutadas en el contexto del desarrollo sostenible. Estas acciones de mitigación debían ser apoyadas por los países desarrollados y facilitadas por tecnologías, financiamiento y creación de capacidad, bajo sistemas de medición, reporte y verificación (MRV).

El Acuerdo de París, adoptado en el 2015, establece metas más globales de mitigación y plantea que, para cumplir el objetivo a largo plazo, referente a la temperatura<sup>7</sup>, las Partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que los países en desarrollo tardarán más en lograrlo. A partir de ese momento, se deben reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones y la absorción antropógenas en la segunda mitad del siglo, sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

---

<sup>7</sup> Se refiere a: Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

El Acuerdo también establece la forma en que los países comunican sus compromisos e indica que cada Parte deberá preparar, comunicar y mantener las sucesivas Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) que tenga previsto efectuar. Las Partes procurarán adoptar medidas de mitigación internas, con el fin de alcanzar los objetivos de esas contribuciones.

A continuación, analizaremos cómo estos compromisos se corresponden con las necesidades reales de reducciones de emisiones para limitar el aumento de la temperatura media mundial, en correspondencia con los objetivos del Acuerdo de París.

### **BRECHA ENTRE LAS EMISIONES PREVISTAS SEGÚN LOS COMPROMISOS ACTUALES Y LOS NIVELES CONSISTENTES CON LOS OBJETIVOS DEL ACUERDO DE PARÍS**

Una de las preguntas más recurrentes respecto al tema radica en esclarecer si realmente se está en condiciones y a tiempo para lograr que el aumento de las temperaturas se mantengan por debajo de los umbrales establecidos en el Acuerdo de París. "Actualmente estamos muy lejos de cumplir los objetivos del Acuerdo de París de limitar el aumento de la temperatura a 1,5 o 2°C", expresó en marzo del 2020<sup>8</sup> el Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres. Veamos en detalle por qué esta aseveración del Sr. Guterres.

El Acuerdo de París establece su objetivo en su Artículo 2 y plantea *"reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y para ello: a) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático"*.

---

<sup>8</sup> Comunicado de prensa externo / 10 Mar, 2020

<https://unfccc.int/es/news/diversos-organismos-destacan-en-un-informe-las-crecientes-senales-y-consecuencias-del-cambio>

El IPCC elaboró un informe especial sobre los efectos que produciría un calentamiento global de 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2019). Entre las principales conclusiones del informe especial del IPCC, relativas a las trayectorias de emisiones, destacan las siguientes:

- Las actividades humanas han causado un calentamiento global de aproximadamente 1,0°C con respecto a los niveles preindustriales, con un rango probable de 0,8°C a 1,2°C.
- En las trayectorias de los modelos, en las que el calentamiento no sobrepasa 1,5°C o lo sobrepasa de forma reducida, las emisiones antropógenas globales netas de CO<sub>2</sub> disminuyen en un 45 %, aproximadamente desde el presente hasta el 2030, con respecto a los niveles de 2010 y son iguales a cero en torno a 2050. Para que el calentamiento global no rebase el límite de 2°C, se calcula que las emisiones de CO<sub>2</sub> tienen que reducirse aproximadamente en un 25% de aquí a 2030 en la mayoría de las trayectorias y ser iguales a cero en torno a 2070.
- Para que las trayectorias limiten el calentamiento global a 1,5°C, con sobrepaso nulo o reducido, se necesitarían transiciones rápidas y de gran alcance en los sistemas energético, terrestre, urbano y de infraestructuras (incluido el transporte y los edificios), e industrial. Tales transiciones en los sistemas no tienen precedentes en lo que a escala se refiere, pero no necesariamente en velocidad, e implican profundas reducciones en las emisiones en todos los sectores, un amplio conjunto de opciones de mitigación y un importante aumento en la escala de las inversiones en esas opciones.
- Todas las trayectorias que limitan el calentamiento global a 1,5°C con sobrepaso nulo o reducido, prevén que con el uso de la remoción de dióxido de carbono se remuevan del orden de 100-1.000 GtCO<sub>2</sub> durante el siglo XXI. La remoción de dióxido de carbono se utilizaría para compensar las emisiones residuales y, en la mayoría de los casos, para lograr emisiones negativas

netas y volver a un calentamiento global de 1,5°C tras llegar a un calentamiento máximo.

- Según las estimaciones del resultado de las emisiones globales derivadas de las actuales ambiciones de mitigación declaradas a nivel nacional y comunicadas con arreglo al Acuerdo de París, las emisiones globales de gases de efecto invernadero serían en 2030 de 52-58 GtCO<sub>2</sub>eq/año. Las trayectorias que reflejan esas ambiciones no limitarían el calentamiento global a 1,5°C.

Para limitar los riesgos de un calentamiento global de 1,5°C, en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza, es necesario que las transiciones en los sistemas puedan posibilitarse mediante un aumento de inversiones en adaptación y mitigación, instrumentos de política, la aceleración de la innovación tecnológica y cambios de comportamiento.

Por otra parte, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) elabora cada año un informe que evalúa la disparidad entre las emisiones previstas para 2030, según los compromisos actuales y los niveles consistentes con los objetivos de 1,5°C y 2°C, establecidos en el Acuerdo de París (Informe sobre la Brecha de Emisiones). Este informe del PNUMA viene a sumarse a las pruebas científicas aportadas por el Informe especial del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) sobre el calentamiento global de 1,5°C.

El Informe sobre la Brecha de Emisiones (PNUMA, 2019), elaborado en el año 2019, ratifica que, incluso implementando todos los compromisos comunicados por los países en sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas, en correspondencia con el Acuerdo de París, las temperaturas aumentarán 3,2°C a fines de siglo, lo que provocará impactos climáticos destructivos y de amplio alcance. Durante la última década, las emisiones de GEI aumentaron a un ritmo del 1,5% anual. Las emisiones totales de GEI en 2018<sup>9</sup> alcanzaron una cifra sin precedentes: 55,3 GtCO<sub>2</sub>eq.

---

<sup>9</sup> Engloban las que se derivan del cambio del uso de la tierra.

El informe de brecha realiza una evaluación de las trayectorias de las emisiones mundiales, en relación con las que se corresponden con restringir el calentamiento global a 2°C y 1,5°C. Algunos de los principales resultados sobre las emisiones globales de GEI y la brecha de emisiones, reportados en el informe, se muestran en la Figura 4 (PNUMA, 2019). En esta Figura:

La zona azul representa la trayectoria de emisiones de los GEI, si sólo se ejecutaran las políticas de mitigación vigentes en los países en el momento inicial de la trayectoria, lo que conllevaría a que las emisiones en el 2030 alcancen la cifra de 60 GtCO<sub>2</sub>eq.

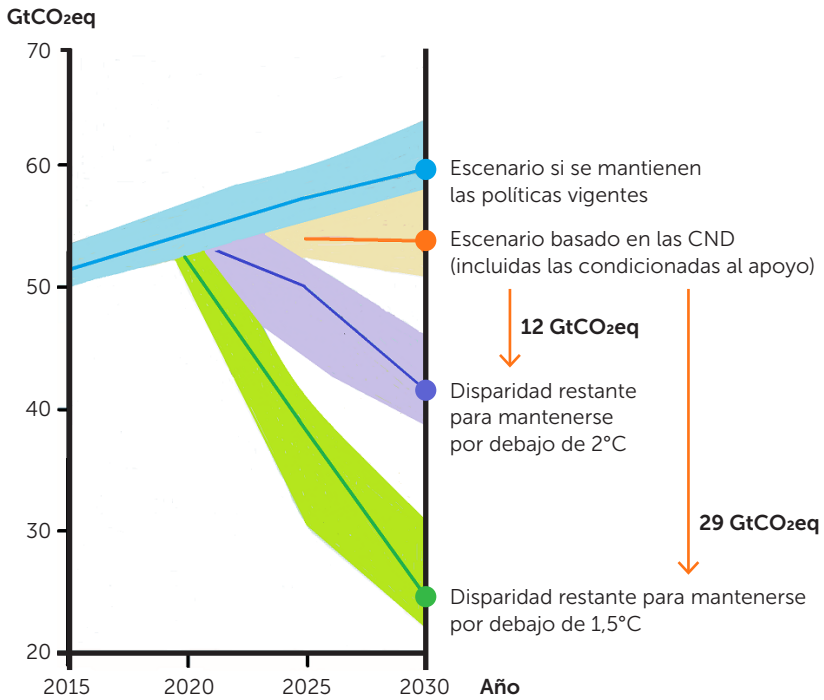
La zona naranja modela la trayectoria de las emisiones, basada en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas, comunicadas por los países, bajo el Acuerdo de París.

La zona morada muestra las trayectorias que deben mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de 2°C de aquí al 2100 y,

la zona verde muestra las trayectorias que deben mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de 1,5°C.

Existe una gran disparidad entre las emisiones mundiales totales que se esperan para 2030, en el marco de los escenarios basados en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) comunicadas por los países y las que se prevén, si se siguen trayectorias que acotan el calentamiento global entre 2 y 1,5°C.

Según las estimaciones, cumplir plenamente las CND propiciaría en 2030 una disparidad de 12 GtCO<sub>2</sub>eq. con respecto al escenario de 2°C. La disparidad en las emisiones entre las CND y la trayectoria de 1,5°C se sitúa en torno a las 29 GtCO<sub>2</sub>eq. Estos datos indican que es imprescindible que se incrementen significativamente las contribuciones de mitigación, en las CND en el 2020. El análisis realizado indica que, para mantenerse por debajo de los 2°C, la envergadura de las CND, deben ser tres veces superior y para alcanzar el objetivo de 1,5°C, las contribuciones tendrán que ser cinco veces más ambiciosas.



**Figura 4. Emisiones mundiales de gases de efecto invernadero según diversos escenarios y disparidad en las emisiones en 2030.**

● **Existe una gran disparidad entre las emisiones mundiales totales que se esperan para 2030 en el marco de los escenarios basados en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CND) y las que se prevén si se siguen trayectorias que acotan el calentamiento global entre 2 y 1,5°C, lo que podría conducir a que las temperaturas aumenten en 3,2°C a fines de siglo, lo que provocará impactos climáticos destructivos y de amplio alcance.**

## PRINCIPALES EMISORES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL MUNDO

En correspondencia con el Acuerdo de París, todos los países deben adoptar medidas de mitigación internas, con el fin de alcanzar los objetivos de las CND, y cada nueva CND representará una progresión con respecto a la anterior y reflejará la mayor ambición posible, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y sus capacidades respectivas, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.

Si bien los datos mundiales aportan una perspectiva útil para estar al tanto del crecimiento constante de las emisiones, es imprescindible estudiar las pautas de los mayores emisores para formarnos una idea más clara de las tendencias subyacentes. En las Figuras 5 y 6<sup>10</sup> se muestran los principales emisores en términos absolutos y per cápita (PNUMA, 2019)

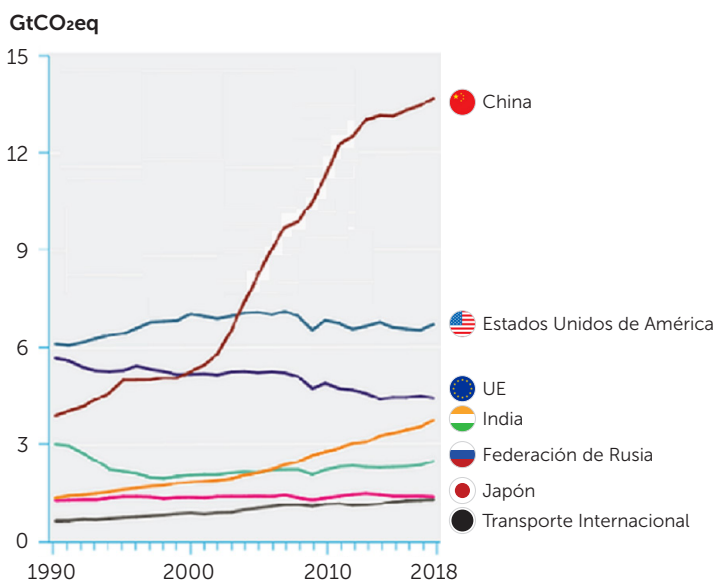
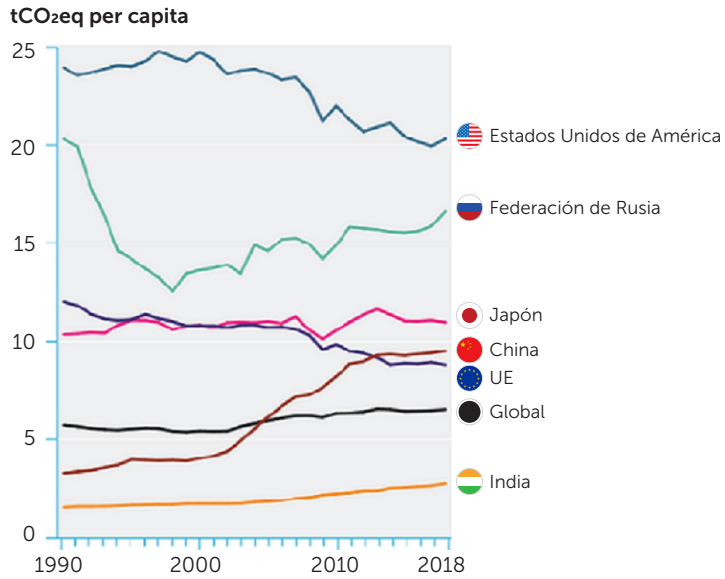


Figura 5. Principales emisores de gases de efecto invernadero en términos absolutos.

<sup>10</sup> La Figura fue adaptada a partir del Gráfico ES.2 del Informe (PNUMA, 2019)





**Figura 6. Principales emisores de gases de efecto invernadero en términos per cápita.**

Como se puede apreciar de las figuras, las clasificaciones de países varían notablemente cuando se comparan las emisiones totales y per cápita; por ejemplo, China aparece como el mayor emisor en términos absolutos, sin embargo, sus emisiones per cápita están en el mismo orden de magnitud que las de la Unión Europea y casi al mismo nivel que las del Japón. Los Estados Unidos está en segundo lugar en términos absolutos, pero sus emisiones per cápita son las mayores del mundo. Los miembros del G20 son responsables de casi el 75% de las emisiones mundiales de GEI, por lo que la adopción de medidas más contundentes en los países que integran este grupo, será determinante para los esfuerzos mundiales en mitigación y poder eliminar la disparidad en las emisiones en 2030.

Por supuesto que ese enfoque no minimiza la responsabilidad del resto de los países para comprometer sus mayores esfuerzos en mitigación. Cada vez más naciones se fijan el objetivo

político de ser carbono neutrales de aquí a 2050. No obstante, se reporta que solo unas cuantas estrategias a largo plazo han sido comunicadas a la CMNUCC, comprometiendo plazos para lograr la neutralidad en las emisiones\*, y ninguna de ellas procede de integrantes del G20 (PNUMA, 2019).

---

\* *Neutralidad de carbono* se refiere a conseguir emisiones de dióxido de carbono netas iguales a cero equilibrando la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera con una cantidad equivalente retirada de la atmósfera.



# **Cuba y las políticas de mitigación**

# Cuba y las políticas de mitigación

---

## LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS PRIORIDADES DE DESARROLLO DEL PAÍS

La sociedad cubana se encuentra en proceso de actualización de su modelo económico y social de desarrollo socialista.

El planteamiento programático del país para la determinación de su futuro se basa en la Visión de la Nación...“entendida como el estado o situación que se desea alcanzar, se define como soberana, independiente, socialista, democrática, próspera y sostenible” (PCC, 2017). Concretar la propuesta de Visión de la Nación requiere de un alto desarrollo económico y social, con crecimientos sostenidos de la economía, lo que demanda una profunda y sistemática transformación y modernización tecnológica de la infraestructura y la planta productiva del país.

La mitigación es apreciada en las políticas nacionales como una dimensión esencial del desarrollo, que contribuye a la modernización y al desarrollo tecnológico sobre bases de sostenibilidad, al fortalecimiento de sus capacidades, la mejora de la efectividad y eficiencia de los procesos, a un uso de tecnologías más eficientes, a una mejor gestión de los residuos, entre otros elementos importantes y transversales a toda la actividad económica del país.

¿Cuál ha sido la lógica que ha impulsado las acciones nacionales que contribuyen a la mitigación?

**a)** En primer término, el elemento económico, llevando a cabo éstas acciones, de tal forma, que se correspondan y contribuyan de forma efectiva y eficiente a los programas de desarrollo

del país, y no constituyan un peso adicional para el mismo. Un ejemplo importante, lo constituye la política de inversiones en las fuentes renovables de energía para la satisfacción de necesidades energéticas del país, al explotar fuentes autóctonas de energía, disminuir la dependencia de los combustibles fósiles y disminuir la factura de importación de éstos combustibles.

**b)** Al mismo tiempo, una política de reducción de emisiones va acompañada de importantes cobeneficios. Por ejemplo, a menores emisiones opera también un decrecimiento de la contaminación local, tan perjudicial para la salud y la economía en general.

**c)** Al promover acciones de mitigación se está invirtiendo en las tecnologías del futuro y creando ventajas comparativas en nuevos mercados. Tal es el caso al promover las energías limpias y la eficiencia energética, al crear las bases para la realización de bienes y servicios con bajo nivel de emisiones de carbono dentro y fuera del país.

**d)** Acciones y programas de mitigación coherentes con las prioridades de desarrollo nacional y alineadas con los compromisos internacionales que asume el país, debe tener un mayor respaldo de fuentes de financiamiento climático y de mercados de tecnologías bajas en carbono.

Un programa de desarrollo que lleve implícito la reducción de las emisiones contribuye a las metas globales de mitigación y a la solución del problema internacional del cambio climático, como aporte nacional y expresión de la solidaridad internacional y el respeto del país a estos compromisos.

**● El Programa Nacional de Desarrollo Económico y Social al 2030, introduce por primera vez en las políticas públicas del país, el concepto de un desarrollo menos intenso en emisiones de gases de efecto invernadero.**

El Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, conocido también como Tarea Vida, aprobado por el Gobierno en 2017, hace referencia particular a la mitigación. En la Tarea 8

del Plan de Estado se indica la implementación de la adaptación y la mitigación en 12 sectores claves del desarrollo (Figura 7): seguridad alimentaria, energía renovable, eficiencia energética, ordenamiento territorial y urbano, pesca, agropecuaria, salud, turismo, construcción, transporte, industria y manejo integral de los bosques.

---

### Sectores donde se acometen las principales acciones de adaptación y mitigación establecidas por la tarea 8 de la Tarea Vida

---



---

### EL ALTO COMPROMISO DE CUBA CON LA COMUNIDAD INTERNACIONAL EN EL ENFRENTAMIENTO AL CAMBIO CLIMÁTICO

La nueva Constitución de la República de Cuba, aprobada en 2019 por referendo popular, se refiere expresamente al cambio climático en el contexto de las relaciones internacionales y, conforme a su Artículo 16, Inciso f, *"promueve la protección y conservación del medio ambiente y el enfrentamiento al cambio climático, que amenaza la sobrevivencia de la especie humana, sobre la base del reconocimiento de responsabilidades comunes, pero diferenciadas; el establecimiento de un orden económico internacional justo y equitativo y la erradicación de los patrones irracionales de producción y consumo"*.

Cuba ha mostrado un alto compromiso con los esfuerzos globales para enfrentar el cambio climático y sus devastadores efectos. La contribución de Cuba a las emisiones globales de gases de

efecto invernadero es mínima y no rebasa el 0.1%<sup>11</sup>. No obstante, Cuba ha realizado esfuerzos importantes en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, ha desarrollado y financiado sistemáticamente acciones de mitigación asociadas al ahorro, el empleo de fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y la reforestación, las que en algunos casos han tenido un papel destacado, respecto a las tendencias internacionales.

La Revolución Energética, concebida y dirigida por el Comandante en Jefe Fidel Castro en la primera década de este siglo, aunque no concebida a tales fines, constituyó un gigantesco programa de mitigación, al tener como objetivo fundamental la disminución del consumo de energía en el país. Cuba fue uno de los primeros países en el mundo en iniciar el reemplazo de las bombillas incandescentes en 2005.

● **Cuba es parte de la CMNUCC, desde el cinco de marzo de 1994 y es Parte del Protocolo de Kioto desde julio de 2002. Firmó el Acuerdo de París el 22 de abril de 2016 y lo ratificó en enero de 2017. Al ser parte de estos instrumentos internacionales, Cuba adquiere las responsabilidades que derivan de lo dispuesto en ellos.**

Cuba presentó su propuesta de Contribución Nacionalmente Determinada bajo el Acuerdo de París en noviembre del 2015. En ella se incluyeron contribuciones en adaptación, reconocida como prioridad y contribuciones en mitigación. Pasados cinco años, el país decidió voluntariamente realizar un proceso de actualización de su CND, que concluyó con su comunicación a la CMNUCC en el 2020. Éste proceso se realizó bajo condiciones excepcionales impuestas por la Pandemia de la Covid-19, lo que ratifica el compromiso del país con la comunidad internacional en el enfrentamiento al cambio climático. En su CND Actualizada el país refleja un importante incremento de la ambición.

---

<sup>11</sup> Ver acápite *Las emisiones de gases de invernadero en Cuba en el año 2016* en la página 48.

El cumplimiento de las metas de desarrollo con la dimensión de mitigación del cambio climático entraña grandes retos asociados a elementos estructurales, científicos y tecnológicos. También se enfrenta a otros desafíos, entre los que destacan los económico-financieros, a lo cual se suma la aplicación y el recrudecimiento de la política de bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por el gobierno de Estados Unidos, recrudescida con la administración del Presidente Donald Trump.





**Las emisiones  
de gases de efecto  
invernadero  
en Cuba**

# Las emisiones de gases de efecto invernadero en Cuba

---

## EL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (INGEI)

Un inventario nacional de gases de efecto invernadero es un listado numérico exhaustivo de la contabilización de cada uno de los gases de efecto invernadero liberados hacia la atmósfera o absorbidos desde ella como resultado de las actividades humanas (antropogénicas) en un área y en un período específico, generalmente correspondiente a un año calendario. El inventario también proporciona información sobre las actividades que causan las emisiones y absorciones, así como sobre los métodos utilizados para hacer las estimaciones y los cálculos.

**El inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) nos dice la cantidad de cada uno de los gases de efecto invernadero liberados hacia la atmósfera o absorbidos desde ella como resultado de las actividades humanas por sectores, por lo que constituye un mecanismo imprescindible para trazar estrategias, políticas y acciones de mitigación y para realizar un seguimiento de las tendencias de las emisiones y de las reducciones de las emisiones.**

La contabilización de las emisiones y absorciones antropogénicas se realizan de conformidad con las metodologías y los sistemas de medición comunes evaluados por el IPCC y aprobados por la Conferencia de las Partes del Acuerdo de París. Para la estimación de las emisiones de GEI el IPCC proporciona a todos los países una serie de evaluaciones integrales del estado de los

conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.

Los inventarios nacionales se realizan para un año calendario en el cual se generan las emisiones. Según las Directrices del IPCC, se tomó el 1990 como año base a partir del cual se realizan los inventarios de las emisiones, eso quiere decir, que los países deben determinar sus emisiones a partir de ese año. En correspondencia con ello, los cálculos y estimaciones de las emisiones de GEI para la conformación del inventario se realizan bajo el enfoque metodológico consistente en combinar información sobre la medida en que tiene lugar una actividad humana, llamada datos de actividad (DA), con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por unidad de actividad, llamados factores de emisión (EF). Por lo tanto, la ecuación básica para el cálculo de las emisiones es la siguiente:

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad (DA)} * \text{Factor de emisión (FE)}$$

## **LAS EMISIONES DE GASES DE INVERNADERO EN CUBA EN EL AÑO 2016**

El INGEI en Cuba es compilado por un Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero, perteneciente al Instituto de Meteorología, apoyado por diferentes grupos técnicos sectoriales. El último INGEI elaborado en Cuba corresponde al año 2016 y se dispone de una serie temporal de 27 años desde 1990 al 2016.

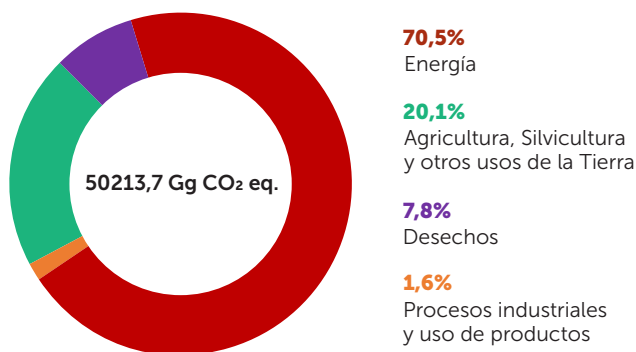
Los datos de actividad para el inventario en nuestro país se obtienen del Sistema Estadístico Nacional de la República de Cuba y los factores de emisión, en su mayoría se obtienen de los recomendados por el IPCC. Por ejemplo, en el sector energético, los consumos de combustibles constituirían los datos de actividad, mientras que la masa de dióxido de carbono emitido por unidad de masa de los combustibles consumida sería el factor de emisión.

Las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI se clasifican en cuatro sectores principales, que son grupos de procesos, fuentes y sumideros relacionados: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés); Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés); Desechos.

Veamos algunos de los resultados principales relativos a las emisiones de GEI derivados del INGEI del año 2016 en el país (CITMA, 2020).

Las emisiones agregadas totales brutas en 2016 se contabilizaron en 50,213.7 GgCO<sub>2</sub>eq. mientras que las absorciones de CO<sub>2</sub> fueron de 27,147.2 GgCO<sub>2</sub>eq., dando como resultado unas 23,066.5 GgCO<sub>2</sub>eq. de emisiones netas. Teniendo en cuenta que las emisiones globales de gases de efecto invernadero en el año 2016 fueron reportadas en alrededor de 51.9 GtCO<sub>2</sub>eq. (PNUMA, 2017) y las de Cuba para ese año se contabilizaron en 50,213.7 GgCO<sub>2</sub>eq. se puede apreciar que las emisiones de Cuba representan sólo el 0.097% de las emisiones globales para ese año.

En la Figura 8 se muestran las emisiones contabilizadas en el INGEI del 2016 por sectores. Como se puede apreciar de la figura, el 70.5% de las emisiones corresponden al sector Energía que, junto con las categorías del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, suman el 90.6%.



**Figura 8. Emisiones por sectores en el año 2016**

Fuente: INGEI 2016, ETGEI

En cuanto a los gases de efecto invernadero, el INGEI de 2016 reporta que al CO<sub>2</sub> corresponde el 63.5% del total de las emisiones, al CH<sub>4</sub> el 24.5% y al N<sub>2</sub>O el restante 12%. Si se incluyen las remociones de CO<sub>2</sub> en el sector AFOLU, o sea las absorciones que han tenido lugar en los bosques, entonces los valores porcentuales cambian, y el gas más emitido es el CH<sub>4</sub> con el 53.3%, seguido del N<sub>2</sub>O con el 26.2% y por último el CO<sub>2</sub> con el 20.5%.

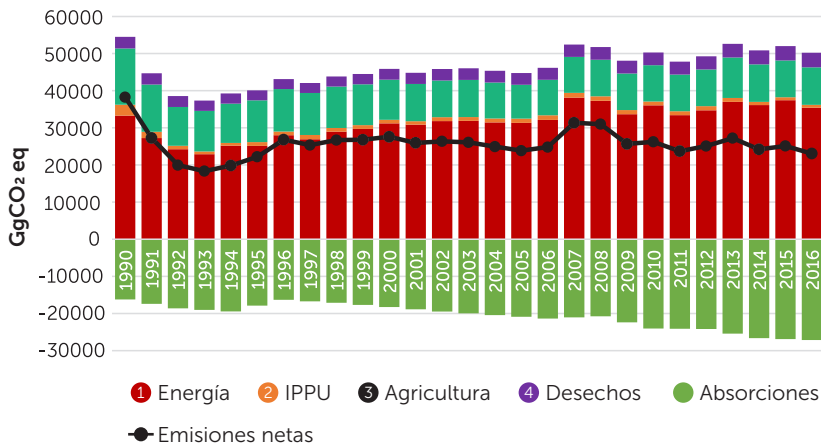
● **Las emisiones de Cuba representan sólo el 0.097% de las emisiones globales para el año 2016. De las emisiones del país para ese año el 70.5% de las emisiones corresponden al sector Energía que, junto con las categorías del sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, suman el 90.6%. En cuanto a los GEI las principales emisiones corresponden al CO<sub>2</sub> con el 63.5% del total de las emisiones, al CH<sub>4</sub> el 24.5% y al N<sub>2</sub>O el restante 12%. Las absorciones o remociones de CO<sub>2</sub> en los bosques cubanos son sustantivas, por lo que en las emisiones netas del país el gas más emitido es el CH<sub>4</sub> con el 53.3%, seguido del N<sub>2</sub>O con el 26.2% y por último el CO<sub>2</sub> con el 20.5%**

### LA SERIE HISTÓRICA DE LAS EMISIONES DE CUBA 1990 - 2016

En la Figura 9 se muestra la serie histórica de emisiones correspondiente a los años 1990-2016 por sectores, así como las absorciones y las emisiones netas en esos años.

La Figura 9 muestra que los sectores que más aportan al INGEI son sector de energía y AFOLU y es precisamente en estos sectores en los que se concentran los esfuerzos del país en la identificación e implementación de las medidas de mitigación.

Es necesario destacar que en el 2016 las emisiones netas del país representaron un 60,3% de las emisiones netas del año 1990. Esta disminución de las emisiones no fue el resultado de medidas de mitigación adoptadas de forma planificada por el país, sino de coyunturas económicas a las que se ha visto sometido. Los sucesos ocurridos a partir de finales de la década



**Balance de emisiones y absorciones de GEI (GgCO<sub>2</sub>eq.) por sectores<sup>13</sup> para el periodo 1990-2016**

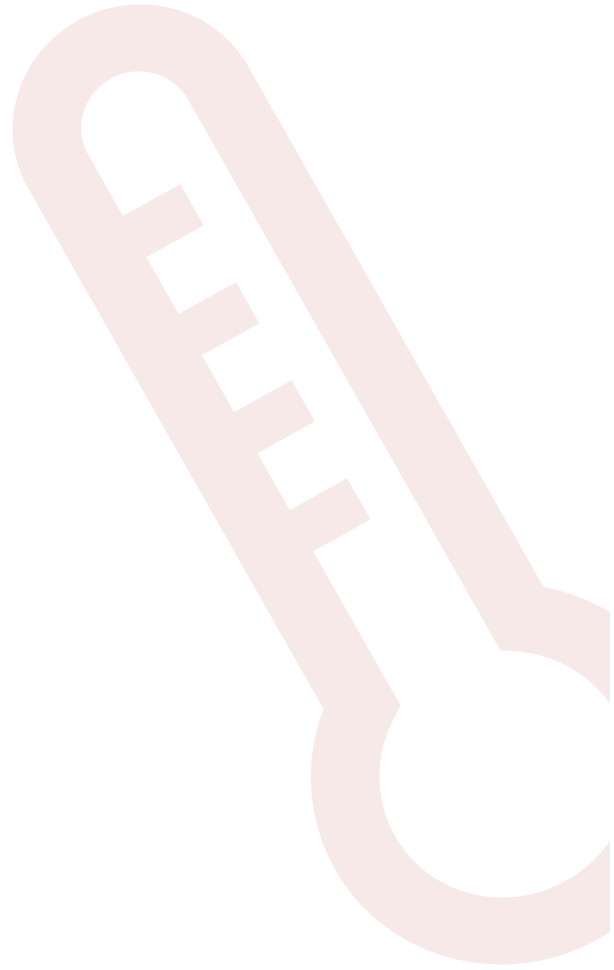
de los ochenta del pasado siglo, asociados a la desintegración del campo socialista y de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), y la desaparición del Consejo de Ayuda Mutua Económica (CAME), unidos a los daños y perjuicios causados por el recrudecimiento del bloqueo económico, comercial y financiero impuesto por el gobierno de Estados Unidos de América, repercutieron desfavorablemente en la economía del país. Las actividades transformativas de energía como la refinación de petróleo y la generación de electricidad decrecieron en alrededor de un 34 por ciento entre 1990 y 1993 (el PIB a precios constantes del 97). Se redujeron las importaciones de crudo y derivados en casi 10 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Tep), con impactos directos en el consumo de los sectores de uso final y el sector residencial.

Lo anterior repercutió fuertemente en las reducciones de las emisiones ocurridas en ese período. A partir de 1994 se logró detener el desplome de la economía y comenzar su recupera-


<sup>13</sup> Tomado del Primer IBA de la República de Cuba, 2020. Están incluidos los datos del sector FOLU.

ción gradual, lo que ha tenido lugar bajo las difíciles condiciones del bloqueo, la incierta situación económica internacional, las dificultades y deficiencias internas. Si bien es cierto que la estructura de la economía ha ido variando hacia un mayor peso del sector de los servicios menos consumidores de energía como el turismo y la industria médico farmacéutica, y que el país se ha planteado en su transformación productiva, concentrar el esfuerzo fundamental en actividades con mayor intensidad en el uso del conocimiento y de tecnologías de avanzada, se requiere de una recuperación de la infraestructura industrial que permita esa transformación.

● **Una tendencia a la disminución de las emisiones netas no se corresponde con los requerimientos de desarrollo sostenible del país, por lo que se espera un crecimiento de las emisiones y que el pico de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo en la segunda mitad del siglo.**







●●●●●●●● **Medidas de mitigación que el país implementa como parte de su **CND Actualizada****

# Medidas de mitigación que el país implementa como parte de su **CND Actualizada**

---

Para poder comprender mejor las acciones de mitigación que el país implementa como parte de su CND, veamos primero los principales tipos de contribuciones o acciones de mitigación que pueden ser desarrolladas por los países.

## **TIPOS DE CONTRIBUCIONES O MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

Cuando analizamos la letra del Acuerdo de París encontramos los siguientes planteamientos<sup>14</sup>:

- *Las Partes que son países desarrollados deberán seguir encabezando los esfuerzos y adoptando metas absolutas de reducción de las emisiones para el conjunto de la economía. Las Partes que son países en desarrollo deberían seguir aumentando sus esfuerzos de mitigación, y se las alienta a que, con el tiempo, adopten metas de reducción o limitación de las emisiones para el conjunto de la economía, a la luz de las diferentes circunstancias nacionales.*
- *Se prestará apoyo a las Partes que son países en desarrollo para la aplicación del presente artículo, (...), teniendo presente que un aumento del apoyo prestado permitirá a esas Partes acrecentar la ambición de sus medidas.*

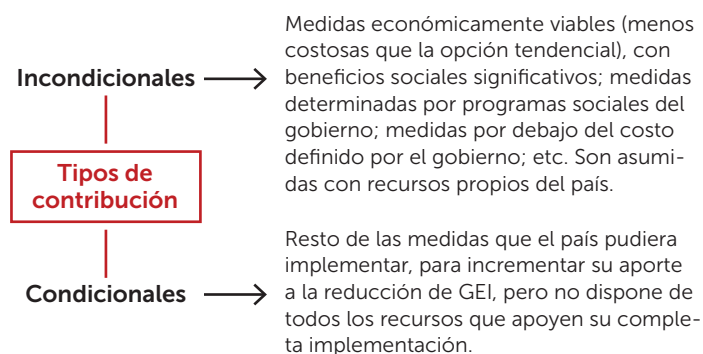
---

<sup>14</sup> Acuerdo de París, Artículo 4, Epígrafe 4.

Surgen algunas interrogantes: ¿A qué se refieren los conceptos de metas absolutas, metas para el conjunto de la economía?, ¿qué otros tipos de metas podrían existir?; ¿qué tipo de metas reciben apoyo, sólo las que presentan mayor ambición? etc. Las contribuciones o medidas de mitigación pueden ser clasificadas por diferentes criterios.

● **En correspondencia con las necesidades de apoyo que las contribuciones de mitigación requieren, éstas pueden ser clasificadas en contribuciones incondicionales o condicionales.**

En la Figura 10 se muestran las características de éstos dos tipos de contribuciones.



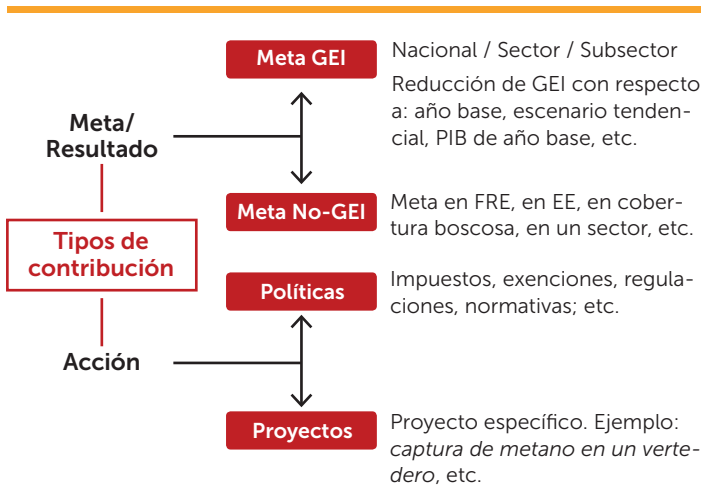
*Figura 10. Tipo de contribución según el apoyo requerido.*

Pero las contribuciones o medidas de mitigación también pueden ser clasificadas en correspondencia con el alcance de las mismas. En la Figura 11 se muestra un esquema de la clasificación de las contribuciones en correspondencia con su alcance.

● **Las contribuciones de mitigación pueden perseguir una meta o resultado relacionada directamente con la reducción de emisiones (meta GEI), o perseguir metas que sólo indirectamente conllevan a reducciones de emisiones (No-GEI).**

**Las medidas pueden ser a nivel de toda la economía, a nivel sectorial, territorial, o relacionadas sólo con ciertas políticas o proyectos.**

Las medidas pueden ser restringidas sólo a acciones a nivel de políticas o proyectos. Estas medidas, aunque también pueden conllevar a reducciones de emisiones importantes, pueden no mostrar en su formulación una clara relación con las reducciones de GEI a nivel de un territorio, sector o economía en su conjunto.



**Figura 11. Tipos de contribuciones de mitigación en correspondencia con su alcance<sup>15</sup>.**

En correspondencia con el Acuerdo de París, los países desarrollados deberán adoptar metas absolutas de reducción de las emisiones. En este caso la contribución de mitigación se expresa como una limitación del aumento de las emisiones de GEI (o como una reducción de las emisiones de GEI) en una cantidad determinada en comparación con las emisiones de GEI de un

<sup>15</sup> Elaboración propia a partir del trabajo *UNEP DTU PARTNESHIP Guidance note: Developing INDCs on mitigation*. S. Sharma, S. Desgain, D.

año base histórico. Un ejemplo de este tipo de contribución es el de la Unión Europea que se planteó a nivel de toda la economía una reducción del 40% de las emisiones para 2030 en comparación con los niveles de 1990.

Las contribuciones expresadas en término de reducción de emisiones (tipo GEI) también pueden ser planteadas en términos de:

- Reducción de emisiones (o limitación del aumento) de GEI en comparación con la proyección tendencial de las emisiones (o escenario sin acciones de mitigación) que se producirían en el año objetivo. Por lo tanto, se expresa como una contribución cuantitativa y relativa. Una buena parte de los países de la región de América Latina y el Caribe (12)<sup>16</sup>, en sus primeras CND, se acogió a este tipo de contribuciones, al declarar reducción de emisiones por debajo de su línea tendencial para el año meta 2030. Por ejemplo, México ha comunicado una reducción del 25% por debajo de las emisiones en el escenario tendencial para el año 2030.
- Reducción de la intensidad de las emisiones de GEI por unidad de PIB en una cantidad determinada en el año objetivo, en comparación con la intensidad de las emisiones de GEI por unidad de PIB en un año base. En la región de América Latina y el Caribe, Chile y Uruguay se han acogido a éste tipo de contribuciones.

Las contribuciones pueden ser expresadas como proyectos y programas. Éstas medidas son diseñadas e implementadas como acciones más puntuales, sectoriales o nacionales y tienen un impacto positivo directo o indirecto en términos de emisiones de GEI sectoriales o nacionales. Tres países de la región de América Latina y el Caribe plantean contribuciones de éste tipo, entre los que se encuentra nuestro país.

Por supuesto que pueden presentarse combinaciones de estos tipos de contribuciones. En correspondencia con el tipo de con-

---

<sup>16</sup> Los 12 países son: Costa Rica, Honduras, México, Barbados, Granada, Jamaica, Trinidad y Tobago, Colombia, Ecuador, Perú, Argentina y Paraguay.

tribución, para el proceso de diseño de las mismas es necesario disponer de: definición de año base y año meta; inventario nacional de emisiones y remociones de GEI para el año base y proyección para el año meta; estudio de referencia de las emisiones de GEI para los sectores relevantes durante el período hasta el año objetivo; identificación de las opciones de mitigación en los sectores; establecimiento de los escenarios tendencial y de mitigación; calcular las reducciones de emisiones por año hasta el año meta; estimación del impacto del objetivo no-GEI en las emisiones de GEI; estimación del costo de implementación de las opciones de mitigación; identificación de cobeneficios de desarrollo sostenible logrados a través de la implementación de las opciones de mitigación.

**Desde el propio diseño de una contribución de mitigación se requiere establecer un sistema de monitoreo, reporte y verificación (sistema MRV) en correspondencia con el sistema de transparencia reforzado bajo el Acuerdo de París.**

Estos son procesos complejos, que requieren recursos adicionales para el diseño, capacitación y entrenamiento de los especialistas involucrados en toda la cadena, implementación y establecimiento del sistema de mejora continua.

### **CARACTERÍSTICAS DE LAS CONTRIBUCIONES DE MITIGACIÓN CONTENIDAS EN LA CND DE CUBA**

La CND Actualizada de Cuba contiene cinco contribuciones de mitigación, del tipo acciones y políticas. El año objetivo o meta es el 2030 y el año base o de referencia se especifica para cada una de las 5 acciones.

En cuanto a la cobertura:

- Los sectores comprometidos son Energía y Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra;
- Los gases de efecto invernadero son: CO<sub>2</sub>; CH<sub>4</sub>; N<sub>2</sub>O

● **La Primera Contribución Nacionalmente Determinada de la República de Cuba, Actualizada en 2020, muestra un incremento significativo en la ambición de sus metas de mitigación con respecto a la comunicada en 2015, que se expresa en los siguientes elementos:**

- **Las metas se actualizan en correspondencia con el marco de políticas públicas adoptadas con posterioridad a 2015, que acoge las bases en las que el país proyecta un desarrollo resiliente y menos intenso en carbono.**
- **Se amplían las metas en mitigación que, en adición a lo expresado en 2015 respecto a las energías renovables y la eficiencia energética, contiene ahora contribuciones en transporte y bosques.**
- **Se presenta la información de las contribuciones con una mayor precisión técnica (transparencia).**

Las contribuciones son condicionales y su implementación dependerá del apoyo que se reciba en financiamiento, transferencia de tecnologías y fortalecimiento de capacidades.

En la Contribución se alerta que el país no cuenta aún con un sistema de Medición, Reporte y Verificación en correspondencia con el Marco de Transparencia Reforzado del Acuerdo de París, a fin de informar oportunamente sobre la marcha de la contribución; conforme a las reglas que finalmente se acuerden y en el contexto de las flexibilidades que son concedidas a los países insulares en desarrollo en el marco del Acuerdo de París. En este objetivo se trabaja en estos momentos por diferentes grupos de trabajo vinculados con las contribuciones.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS CONTRIBUCIONES DE MITIGACIÓN CONTENIDAS EN LA CND ACTUALIZADA DE CUBA**

La CND Actualizada de Cuba contiene cinco contribuciones de mitigación, cuya relación se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2. Relación de las contribuciones de mitigación contenidas en la CND de Cuba.**

No.	Contribución	Sector
1	Incremento hasta un 24% de la generación de electricidad en base a FRE en la matriz eléctrica de Cuba para el año 2030.	Energía (generación eléctrica)
2	Incremento de la eficiencia y el ahorro energéticos.	Energía (Otros sectores: comercial/institucional, residencial, agricultura)
3	Transporte terrestre menos intenso en carbono.	Energía (Combustión, fuentes móviles, transporte terrestre).
4	Incremento de la cobertura forestal del país hasta 33% en el año 2030	AFOLU (Forestal)
5	Reducción de emisiones de GEI en el sector porcino en Cuba.	AFOLU (Agricultura, ganadería)

Veamos el objetivo, alcance e impactos de cada una de estas contribuciones.

### **Incremento hasta un 24% de la generación de electricidad en base a FRE en la matriz eléctrica de Cuba para el año 2030**

Cuba produce cerca del 95 % de su energía eléctrica a partir del empleo de combustibles fósiles, con una alta dependencia de la importación, elevados costos de generación y una infraestructura tecnológica de altas emisiones de gases de efecto invernadero. Es por ello que la adopción de una contribución de mitigación, que conlleva al incremento significativo de la penetrabilidad de las FRE, para satisfacer demandas crecientes de electricidad, tiene una gran importancia desde el punto de vista de la soberanía energética, la mejora y la diversificación tecnológica, la disminución del impacto ambiental, además de la mejora esperada de los indicadores económico financieros de éstos proyectos de inversiones.

Esta es una contribución no-GEI, por cuanto su objetivo principal se formula en términos de lograr un 24 % de renovabilidad



de la matriz de generación eléctrica del país y no en términos de reducciones de emisiones. El año base de la contribución es el 2014, año en que se adoptó la Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (Período 2014 – 2030). El año meta es el 2030. Es una medida del sector de Energía y se refiere específicamente a la generación de electricidad.

En el año 2014 la generación eléctrica del país fue de 18,393 GWh, de ello sólo el 4.1% se generó en base a Fuentes Renovables de Energía (FRE). En ese entonces la estructura de generación de electricidad en base a FRE era: biomasa cañera – 3.4%; eólica+solar fotovoltaica+hidro – 0.7%. Para el año 2030 se ha estimado una generación eléctrica de 29,591 GWh. La contribución consiste en lograr una generación del 24 % de esa energía en el 2030 en base a FRE. Para ese entonces se espera que la estructura de generación eléctrica en base a FRE sea: biomasa cañera – 14%; eólica+solar fotovoltaica+hidro – 10%. El resto de la generación se basará en los combustibles fósiles (76%).

Dentro de las principales acciones que contiene la contribución está la instalación de una capacidad de unos 2,144 MW de potencia conectada a la red hasta el 2030 en base a FRE. El costo total estimado de implementación de la contribución se ha calculado en 7,723 millones de USD. El financiamiento para implementar el programa se prevé obtener de dos fuentes principales: créditos a largo plazo para cubrir, fundamentalmente, la importación de la tecnología (por un monto de 4,713 millones de USD), para lo que se requiere el apoyo internacional y por financiamiento propio (principalmente del presupuesto del Estado, 3,010 millones de USD). En base a los cálculos realizados se estima que la contribución evite la emisión de unos 30 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. a la atmósfera en el período 2014 - 2030.

Al analizar esta contribución, podríamos preguntarnos: ¿Se logra en el 2030 la reducción absoluta de las emisiones de GEI en la generación eléctrica en Cuba?

La respuesta es NO, no se logra la reducción absoluta de las emisiones de GEI y veamos por qué. Pero antes de fundamentar esta aseveración notemos los conceptos de escenario tendencial y escenario de mitigación.

### **Escenario tendencial**

En la literatura se puede encontrar indistintamente línea base, escenario tendencial o escenario BAU (conocido como BAU por sus siglas en inglés Business as usual). Un escenario tendencial es un escenario que parte de la situación actual de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de un sector específico o subsector (conocido como año base) y su comportamiento futuro, con un crecimiento tendencial en ausencia de acciones de mitigación del cambio climático.

El objetivo de la determinación del escenario tendencial es servir como una base para la identificación del potencial de reducción de emisiones, para el diseño de iniciativas que permitan aprovechar dicho potencial de abatimiento y para la evaluación de las acciones que se emprendan en este contexto. Esta línea tendencial de emisiones de GEI se construye a partir de las tecnologías instaladas, los niveles de actividad y los factores de emisión a nivel del sector o subsector.

En el caso de la contribución que nos ocupa, el escenario tendencial para satisfacer las necesidades de energía eléctrica hasta el año 2030 (crecimiento en ausencia de acciones adicionales de mitigación del cambio climático) se toma de tal forma que se mantiene constante el 4.1% anual de generación en base a FRE y el resto se genera en base a combustibles fósiles.

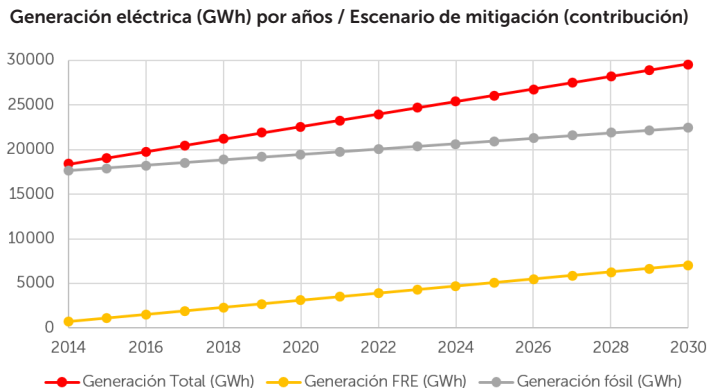
### **Escenario de mitigación**

El escenario de mitigación se refiere al que introduce las medidas de mitigación. En el caso que nos ocupa la generación en base a FRE se incrementan desde 4.1% en el 2014 hasta 24% en el 2030. El resto de la generación se produce en base a combustibles fósiles.

Volvamos ahora a la fundamentación de por qué no se logra la reducción absoluta de las emisiones de GEI en el subsector de generación eléctrica en Cuba hasta el 2030.

En el 2014, como ya se planteó, del total de electricidad generada, que fue 18,393 GWh, sólo el 4.1%, o sea 754 GWh se generó en base a Fuentes Renovables de Energía (FRE). El resto, 17,639 GWh fue generado en base a combustibles fósiles. En el 2030, se estima una generación de 29,591 GWh y de ello el 24% será en base a FRE, o sea unos 7,102 GWh. Los 22,489 GWh restantes deberán ser generados en base a combustibles fósiles.

Si asumiésemos una tendencia lineal del crecimiento, tanto del total de la generación como del crecimiento de la generación en base a FRE, para el escenario de mitigación tendríamos los resultados que se muestran en la Figura 12.



**Figura 12. Proyección de la generación eléctrica: total (rojo), basada en combustibles fósiles (gris), basada en FRE (amarillo); en el periodo 2014-2030 en el escenario de la contribución de mitigación.**

La generación en base a combustibles fósiles deberá incrementarse de 17,639 GWh en el 2014 a 22,489 GWh en el 2030, para satisfacer la demanda en ese año. Ello requerirá, manteniendo similar eficiencia de la tecnología, quemar más combustible fósil, con el correspondiente incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub>eq.

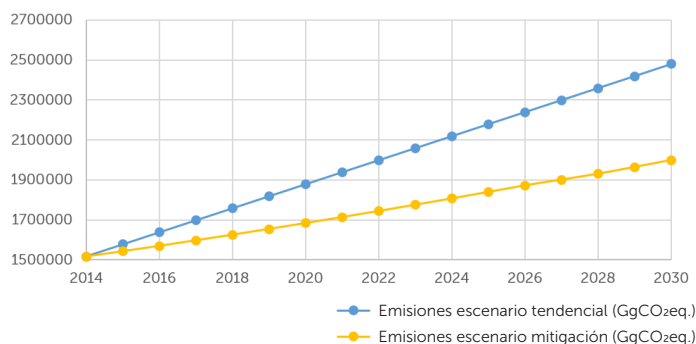
Ahora bien, ¿por qué aseveramos que la contribución evita la emisión de CO<sub>2</sub>eq. a la atmósfera?

Esa aseveración es cierta. Analicemos los gráficos que se muestran en la Figura 13, donde la línea azul representa el crecimiento de las emisiones en el escenario tendencial y la línea naranja representa el crecimiento de las emisiones en el escenario de mitigación. Los cálculos de las emisiones se han realizado por la fórmula:

$$\text{Emisiones} = \text{Datos de actividad (DA)} * \text{Factor de emisión (FE)}$$

Donde el dato de actividad, en nuestro caso, es la generación eléctrica (GWh) y el factor de emisión es Factor de Emisión de la red eléctrica (FE<sub>red</sub>)<sup>17</sup>.

#### Emisiones correspondientes a la generación eléctrica en el período 2014-2030



**Figura 13. Proyección de las emisiones de GEI en el escenario tendencial (azul), y en el escenario de mitigación (amarillo); en el período 2014-2030.**

<sup>17</sup> El FE<sub>red</sub> caracteriza las emisiones de GEI de la red por cada unidad de energía generada en la misma. Depende de las tecnologías de las unidades generadoras y de los combustibles que se utilizan. A medida que se incrementa la renovabilidad de la matriz de generación el factor de emisión de la red disminuye.

El área comprendida entre la línea azul y la línea amarilla, representa las emisiones evitadas en el escenario de mitigación con respecto al escenario tendencial. Esas son las emisiones evitadas en la acción de mitigación o proyecto, que es el tipo de contribución que el país ha asumido en ese caso.

### **Incremento de la eficiencia y el ahorro energéticos**

Esta contribución está encaminada a apoyar la implementación de la Política para el desarrollo prospectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (Período 2014 – 2030) y el Decreto Ley 345, vigente en el país. Es también una contribución no-GEI, por cuanto su objetivo va encaminado a la disminución del uso de combustibles fósiles con la introducción de tecnologías, equipos y dispositivos, que no consumen fósiles o elevan la eficiencia de su uso y no a la reducción directa de GEI. El año base de la contribución es el 2014 y el año meta es el 2030.

Ésta es una medida del sector de Energía y se refiere específicamente a la elevación de la eficiencia energética en diferentes sectores. La contribución prevé tener instalados para el 2030:

- 833,333 unidades de calentadores solares (equivalente a una superficie total de 1,000,000 m<sup>2</sup>) en los sectores residencial e industrial.
- 15 millones 250 mil unidades de luminarias LED en el sector residencial y público.
- 2 millones de cocinas eléctricas de inducción en sustitución de cocinas eléctricas de resistencia.
- 5,000 sistemas de bombeos solares en la ganadería.

En todos los casos se produce una disminución de consumo de combustibles fósiles, ya sea de forma directa al sustituir directamente éste tipo de combustibles con el uso de calentadores solares, sistemas de bombeo solares, o de forma indirecta al elevar la eficiencia del dispositivo y disminuir el consumo de electricidad, utilizando cocinas de inducción y luminarias LED.

Se prevé, además, entre los indicadores cualitativos, la implementación de los Sistemas de Gestión de la Energía por medio de los requisitos que establece la norma cubana e internacional NC ISO 5000, así como otras regulaciones para el uso eficiente de la energía, previstos en el Decreto Ley 345, vigente en el país.

Se estima que la contribución evite la emisión de unas 700 mil de toneladas de CO<sub>2</sub>eq. a la atmósfera en el período 2014 - 2030.

### **Transporte terrestre menos intenso en carbono**

El parque automotor en Cuba se caracteriza por: una elevada obsolescencia con más de 20 años de edad promedio de la mayoría de los vehículos existentes; bajos niveles de rendimiento, disponibilidad y seguridad, lo que afecta la calidad de los servicios públicos y productivos; encarecimiento de los costos de mantenimiento por dificultades para la adquisición de piezas de repuesto para vehículos que, en su mayoría, no se producen en el mundo por estar discontinuados; alta dependencia de la importación de diésel y de crudo para la producción de diésel y gasolina para su uso en el transporte automotor, lo que representa un elevado riesgo para el país, desde el punto de vista económico y estratégico; alto contenido de azufre en el diésel y la gasolina producidos en el país, que no es compatible con la mayoría de los equipos automotores de combustión interna que actualmente se fabrican en el mundo; elevada contaminación ambiental, fundamentalmente en las ciudades y existencia de robo de diésel y gasolina en una gran parte de los sectores de la economía.

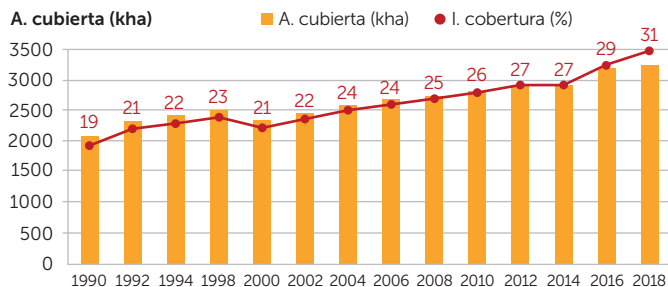
La electrificación de este sector es una alternativa estratégica, que contribuye con la seguridad e independencia energética del país al reducir su dependencia con el petróleo. Al mismo tiempo aumenta la eficiencia energética y la disponibilidad técnica de los medios de transporte, mejorando la calidad del transporte público de pasajeros y productivo. Permite además una disminución considerable en las emisiones de gases de efecto invernadero, un mejor uso de las Fuentes Renovables de Energía (FRE) y una operación más eficiente del Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

La contribución de mitigación del sector del transporte es del tipo no-GEI. Su objetivo radica en la reducción del consumo de combustibles fósiles en vehículos terrestres en un 50% en el año 2030. El año base es el 2018 y el año meta el 2030. La contribución prevé la introducción de más de 55 mil vehículos eléctricos y la instalación de unos 25 mil puntos o estaciones de recarga para el año 2030.

El costo total estimado de implementación de la contribución se ha calculado en 1,479 millones de USD. El financiamiento para implementar el programa se prevé obtener de dos fuentes principales: créditos a largo plazo, para cubrir, fundamentalmente, la importación de la tecnología (por un monto de 1,261 millones de USD) y por financiamiento propio (principalmente del presupuesto del estado, 218 millones de USD). Se estima que la contribución evite la emisión de un millón de toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

### Incremento de la cobertura forestal del país hasta 33% en el año 2030

En Cuba, el área cubierta de bosques (Figura 14) experimentó un crecimiento del 18.7% en 1990 al 31% en el año 2016 y en 2018 al 31.49%, lo que representa 3 millones 269 mil 490 hectáreas (MINAG, 2016). Tal crecimiento ha significado una incorporación promedio a la superficie boscosa del país de 30 mil hectáreas cada año.



**Figura 14. Área cubierta de bosques (Mha) y porcentaje de cobertura boscosa en Cuba.**

Durante el período 2010-2018 el aumento promedio del área cubierta por bosques artificiales establecidos (mayores de 3 años), empleando solo fuentes financieras nacionales, fue de 8,315 ha/a (INAF, 2019) y el Balance Neto de Emisiones 2016 del sector forestal reportó la remoción de 5.96 toneladas de carbono por hectárea por año por esos bosques.

En total en el periodo 2010-2018 fueron reforestadas 74,835 ha. Ello implicó una remoción de la atmósfera de 1,618.9 ktCO<sub>2</sub>. El área forestal de Cuba (área susceptible de ser cubierta por bosques) era al término de 2018 de 3,573,400 ha, de las que ya se encontraban cubiertas de bosques 3,269,400 ha y quedaban por cubrir 304,000 ha (DFFFS, 2019).

La contribución prevé incrementar el área cubierta de bosques en 165 mil ha en el período 2019 - 2030, llegando a una cobertura de 33% en el país. Con esfuerzo propio, el país puede incrementar el área cubierta en 80 mil ha para el 2030 (con un ritmo de reforestación igual al del periodo 2010-2018), lo que constituiría su contribución incondicional. Ello tendría un costo de 1,960 millones de USD y se removerían 115,7 millones de tCO<sub>2</sub> atmosférico en ese periodo.

El país, de recibir apoyo adicional, puede incrementar el ritmo de reforestación y lograr el incremento propuesto de 165 mil ha hasta el 2030. Para ello requiere, además de la inversión con recursos propios, de un apoyo adicional en financiamiento de 2,291 millones de USD. Esta variante permitiría aumentar en 165,000 ha el área cubierta de bosques artificiales establecidos entre 2019 y 2030, removiendo 169.9 millones de tCO<sub>2</sub> atmosférico en ese periodo.

Se requiere el apoyo en créditos a largo plazo por un monto de 2,291 millones de USD para la implementación de la contribución condicional.

### **Reducción de emisiones de GEI en el sector porcino de Cuba**

La carne de cerdo es, sin dudas, una de las bases proteicas fundamentales de la dieta de alimentación de la población cubana,



y su producción se extiende a todo lo largo y ancho del país, con una gran dispersión territorial y un fuerte impacto en la emisión de gases efecto invernadero y en las fuentes de recursos hídricos.

Un proyecto que busque la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, utilizando los residuales de la producción porcina en Cuba, promueve la captura y uso del biogás obtenido del tratamiento de las excretas, así como una drástica disminución de efluentes contaminantes que degradan suelos y cuerpos de agua. El componente fundamental de una iniciativa como esta, es la reducción de GEI y como beneficios asociados el ahorro de hidrocarburos para la generación eléctrica, con su consecuente impacto en la economía cubana, principalmente por el ahorro de divisas, además se tendrá otro impacto positivo, de igual o mayor importancia, que el anterior, en la conservación de suelos y recursos hídricos del país. La producción de energía provenientes de las excretas de los cerdos beneficiará directamente a los productores porcinos quienes verán importantes reducciones en la factura eléctrica mensual. Se calcula que para algunos productores se pueden dar reducciones de hasta el 70% en los costos de energía.

El proyecto deberá plantearse, además, fortalecer la industria cubana de fabricación de gomas, la industria de fabricación de enseres domésticos y de motobombas, involucrándolas en el proyecto como proveedoras de equipos que funcionan con base a el gas metano producido por los biodigestores. Con lo cual se da una respuesta concreta a la política nacional de sustitución de importaciones. Ese es, precisamente, el objetivo de la contribución de mitigación presentada por Cuba en su CND Actualizada: reducir los GEI en el sector porcino cubano, a través del tratamiento de las aguas residuales y el uso del biogás para la producción de calor y electricidad.

Es una contribución del tipo GEI, por cuanto se plantea directamente la reducción de las emisiones y en ese sentido se plantea incrementar las reducciones de emisiones de 114 mil tCO<sub>2</sub> en el año 2020 hasta 538 mil tCO<sub>2</sub> en el año 2030.

Para el diseño del proyecto se ha realizado una modelación actualizada del sector porcino cubano, desde el punto de vista de las necesidades de procesamiento de las aguas residuales, basándose en el crecimiento del número de cabezas que garantice el incremento anual de 10 mil t de carne de cerdo en pie hasta el año 2030, lo que se corresponde con el programa del Grupo Empresarial Ganadero. Las evaluaciones realizadas arrojan que la masa porcina se duplica, elevándose su número desde 1,1 millones hasta los 2,2 millones de unidades en el 2030, localizadas en unas 5,228 unidades porcinas de diferentes tamaños. El análisis muestra la necesidad de construir e instalar 18,534 biodigestores de diferentes tipos en el período 2020-2030.

La implementación del programa conlleva a una reducción de emisiones acumuladas en el período de implementación, estimada aproximadamente en 8 millones de tCO<sub>2</sub>. La ejecución del programa requiere fortalecer las capacidades nacionales: fabricación de láminas de goma a base de caucho EPDM, motobombas en base a biogás y equipamiento electrodoméstico (calentadores, cocinas, lámparas, etc.)

La implementación de la medida contribuirá sustantivamente a la disminución de vertimientos, así como una menor contaminación a las cuencas hidrográficas, mejorando las condiciones ambientales locales al disminuir los malos olores y la presencia de vectores, así como una reducción de metano en términos globales. En lo económico, los productores podrán disminuir sus gastos por consumo energético, pudiendo tener ingresos adicionales por venta de energía y de otro subproducto como el bioabono. En lo social, mejorará las condiciones de trabajo y de vida de los productores, principalmente de las mujeres, al mejorar las condiciones de cocción de los alimentos y de trabajo.

Para la implementación de esta contribución se requiere el apoyo en créditos a largo plazo por un monto de 95 millones de USD para la importación de la tecnología y donativos por un monto de 10 millones para el establecimiento del sistema de seguimiento y reporte del programa (sistema MRV) y fortalecimiento de capacidades. Se estima un costo con financiamiento propio por 230 millones de USD.



# Referencias



# Referencias

---

- CITMA. (2020). *Primer Informe Bienal de Actualización de la República de Cuba*.
- CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Artículo 1*. Obtenido de CMNUCC: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- DFFFS. (2019). *Proyecto de Política del Estado Cubano para el Desarrollo Forestal Sostenible y la Conservación de la Flora y la Fauna Silvestres Terrestres*. Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres. La Habana.
- INAF. (2019). *Balances Netos de Emisiones del Sector Forestal del periodo 2010-2018*. Base de datos en soporte digital. Instituto de Investigaciones Agro-Forestales. La Habana, Cuba.
- IPCC. (1995). *Second Assessment Report, Climate Change 1995. Intergovernmental Panel on Climate Change*. Obtenido de IPCC: <https://archive.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessment-en.pdf>
- IPCC. (2001). *Third Assessment Report, Climate Change 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change*. Obtenido de IPCC: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR\\_syrfull\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/TAR_syrfull_es.pdf)
- IPCC. (2013). *Glosario. Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Obtenido de IPCC: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)
- IPCC. (2014). *Cambio Climático 2014. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Obtenido de Panel Interguber-

namental de Cambio Climático: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

IPCC. (2019). *Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5°C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir*. Obtenido de IPCC: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)

MINAG. (2016). Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestre.

National Geographic. (2019). Todd Woody. *Los océanos albergan grandes cantidades de gases de efecto invernadero que podrían agravar el calentamiento*. Obtenido de: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/12/oceanos-albergan-grandes-cantidades-gases-efecto-invernadero>

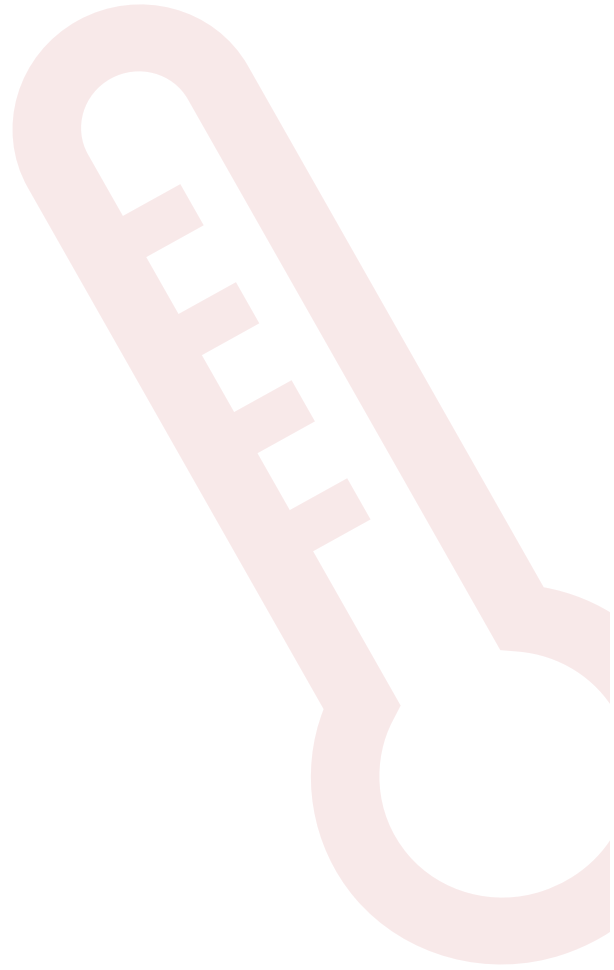
OMM. (2020). *Crecientes señales y consecuencias del cambio climático*. Obtenido de OMM: <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/diversos-organismos-destacan-en-un-informe-las-crecientes-se%C3%B1ales-y>

OMM. (2020). *Statement on the state of the global Climate in 2019. World Meteorological Organization. WMO - No. 1248.* Obtenido de OMM: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=10211](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211)

PCC. (2017). 7mo. Congreso del Partido Comunista de Cuba. La Habana.

PNUMA. (2017). *Informe sobre las brechas en emisiones 2017. Programa Medio Ambiente Naciones Unidas (PNUMA), Nairobi*. Obtenido de PNUMA: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22101/EGR\\_2017\\_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/22101/EGR_2017_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

PNUMA. (2019). *Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi*. Obtenido de PNUMA: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30797/EGR2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



## LISTADO DE ACRÓNIMOS

**AP:** Acuerdo de París

**AFOLU:** Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra

**CaCO<sub>3</sub>:** Carbonato de calcio

**CaO:** Cal

**CDN:** Contribución Nacionalmente Determinada

**CFC:** Clorofluorocarbonos

**CH<sub>4</sub>:** Metano

**CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono

**COP:** Conferencia de las Partes

**DA:** Datos de actividad

**DFFFS:** Dirección Forestal, Flora y Fauna Silvestres

**EPDM:** Láminas de goma a base de caucho

**FE:** Factor de Emisión

**FEred:** Factor de Emisión de la red eléctrica

**FRE:** Fuentes Renovables de Energía

**GEI:** Gases de Efecto Invernadero

**GtCO<sub>2</sub>eq:** Giga tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente

**GWh:** Giga watt hora

**ha:** Hectárea

**HFC:** Hidrofluorocarbonos

**INAF:** Instituto de Investigaciones Agro-Forestales

**INGEI:** Inventario Nacional de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero

**IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

**IPPU:** Procesos Industriales y Uso de Productos

**ISO:** Organización Internacional de Normalización

**ktCO<sub>2</sub>:** Kilo toneladas de CO<sub>2</sub>

**LED:** Diodo emisor de luz

**MINAG:** Ministerio de la Agricultura

**MDL:** Mecanismo de Desarrollo Limpio

**MRV:** Medición, reporte y verificación

**MW:** Mega watt

**NC:** Norma cubana

**NAMA:** Acciones nacionalmente apropiadas de mitigación

**N<sub>2</sub>O:** Óxido nitroso

**OMM:** Organización Meteorológica Mundial

**PCG:** Potencial de Calentamiento Global

**PFC:** Perfluorocarburos

**PK:** Protocolo de Kioto

**PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

**ppm:** Partes por millón

**ppb:** Partes por billón

**SEN:** Sistema Electroenergético Nacional

**SF<sub>6</sub>:** Hexafluoruro de Azufre

**tCO<sub>2</sub>:** Toneladas de CO<sub>2</sub>

**TWh:** Tera watt Hora

**USD:** Dólares de los EEUU



# Notas

---













COLECCIÓN  
**ENTENDIENDO  
EL CAMBIO CLIMÁTICO**



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

