

# Estudio de caso sobre desarrollo con bajas emisiones de carbono en Brasil

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE PAÍSES SOBRE CRECIMIENTO  
CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO

MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DEL DESARROLLO



# PROGRAMA DE ESTUDIOS DE PAÍSES SOBRE CRECIMIENTO CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO

## ÍNDICE

El compromiso nacional con un desarrollo con bajas emisiones de carbono	1
Objetivo y enfoque	2
El escenario de referencia	4
Análisis económico	17
Un escenario nacional con bajas emisiones de carbono	18
Financiamiento	21
Retos para la implementación	24
Abreviaturas y acrónimos	28

# Estudio de caso sobre desarrollo con emisiones bajas de carbono en Brasil

## EL COMPROMISO NACIONAL CON UN DESARROLLO CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO

**B**rasil demostró tempranamente su compromiso con la toma de acciones para confrontar el cambio climático en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, conocida también como Cumbre para la Tierra de Río de Janeiro. Actualmente, Brasil mantiene su firme compromiso con la ejecución de medidas voluntarias para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En 2008, Brasil puso en marcha el Plan Nacional sobre el Cambio Climático (PNMC), que prevé reducir la deforestación en un 70% para 2017, y adoptó una Política Nacional para el Cambio Climático en 2009 en la que establece objetivos voluntarios en materia de reducción de GEI (una reducción del 36,1% al 38,9% en relación a las emisiones proyectadas para el año 2020). El PNMC señala que los derechos de los pobres en materia de desarrollo no deben verse perjudicados por las medidas encaminadas a evitar las emisiones de GEI en el futuro.

Las emisiones de GEI de Brasil, el mayor país tropical del mundo, presentan un perfil único. La agricultura y la ganadería, que representan un 25% del producto interno bruto (PIB) nacional, han requerido una expansión constante de las tierras de cultivo y de pastos que ha provocado la transformación de la vegetación natural. En la actualidad, el cambio del uso del suelo, en particular la deforestación, es la principal fuente de emisiones de GEI del país. Los abundantes recursos naturales y el vasto territorio de Brasil han permitido el desarrollo de energías renovables con bajas emisiones de carbono. Históricamente, las grandes inversiones realizadas en energías renovables, como en energía hidroeléctrica, que constituye alrededor de 75% de la capacidad de generación instalada, y en etanol producido con caña de azúcar, que sustituye el 40% del consumo de gasolina, han reducido el contenido de carbono de la matriz energética de Brasil<sup>1</sup>, así como las emisiones generadas por el transporte.

Al mismo tiempo, es importante reconocer que es probable que Brasil se vea gravemente afectado por el cambio climático. Un fenómeno conocido como acronecrosis amazónica, junto con la deforestación a corto plazo provocada por los incendios, podría reducir las precipitaciones en las regiones centro-occidental y nororiental del país, lo que a su vez podría reducir las cosechas así como el agua necesaria para generar energía hidroeléctrica<sup>2</sup>. Se requieren urgentemente soluciones para reducir la vulnerabilidad de Brasil y para permitir su adaptación al cambio climático.

<sup>1</sup> Las emisiones generadas por combustibles fósiles son de aproximadamente 1,9 toneladas de CO<sub>2</sub> por año y per cápita, es decir, menos de una quinta parte de la media nacional de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

<sup>2</sup> "Assessment of the Risk of Amazon Dieback" (Evaluación del riesgo de muerte de la Amazonia), Banco Mundial, 2010.

## RECUADRO 1

### Puesta en marcha

El *Estudio de caso sobre desarrollo con bajas emisiones de carbono en Brasil* se inició hace dos años sobre la base de un estudio del Banco Mundial con la asistencia del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía (ESMAP). Este estudio apoya los esfuerzos integrados de Brasil para reducir las emisiones de GEI nacionales y mundiales, y para promover, al mismo tiempo, el desarrollo a largo plazo.

Se basa en los mejores conocimientos disponibles y se sustenta en un amplio proceso de consultas y en el estudio de la bibliografía existente. El estudio fue coordinado por Christophe de Gouvello, especialista principal en energía del Departamento de Desarrollo Sostenible de la Región de América Latina y el Caribe. El alcance del estudio se debatió con los Ministerios de Relaciones Exteriores, Medio Ambiente, y Ciencia y Tecnología, así como con representantes de los Ministerios de Finanzas, Planificación Agrícola, Transporte, Minas y Energía, Desarrollo, Industria y Comercio. Participaron (o fueron consultados) varios organismos públicos y centros de investigación, entre ellos, EMBRAPA, INT, EPE, CETESB, INPE, COPPE, UFMG, UNICAMP y USP.

Durante este trabajo se han encargado más de 15 informes técnicos y 4 informes de síntesis. Para permitir una rápida visión general de las cuestiones prioritarias, se presenta un análisis mediante cuadros y gráficos de fácil interpretación, y notas organizadas por capítulos de acuerdo con los cuatro principales sectores emisores: el uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales, incluida la deforestación; la producción y consumo de energía, en particular de electricidad, petróleo, gas y biocombustibles; los sistemas de transporte, y los desechos urbanos sólidos y líquidos.

Christopher de Gouvello (junio de 2010). *Brazil Low-Carbon Country Case Study* (Estudio de caso sobre desarrollo con emisiones bajas de carbono en Brasil). Banco Mundial.

## OBJETIVO Y ENFOQUE

En el *Estudio de caso sobre desarrollo con bajas emisiones de carbono en Brasil* se identifican oportunidades de reducir las emisiones de GEI y de estimular, al mismo tiempo, el desarrollo económico. Este estudio presenta aportaciones técnicas sobre cómo evaluar el potencial de mitigación y las condiciones para un desarrollo con bajas emisiones de carbono en sectores clave de la economía que emiten GEI.

De conformidad con los objetivos de desarrollo a largo plazo, el estudio (cuadro 1):

- Establece **un escenario de referencia** (*'reference scenario'*) mediante la previsión de la evolución futura de las emisiones de GEI de Brasil.
- Identifica y cuantifica las medidas que podrían adoptarse para reducir las emisiones y aumentar la captura de carbono.
- Evalúa los costos asociados a la implementación de medidas encaminadas a reducir las emisiones de carbono, identifica los posibles obstáculos para su ejecución, y explora medidas para superarlos.
- Elabora **un escenario de bajas emisiones de carbono** (*'low carbon scenario'*), que a su vez cumple las expectativas de desarrollo.
- Analiza los efectos macroeconómicos que tendría la transición del escenario de referencia a una trayectoria de menores emisiones de carbono (escenario de desarrollo con bajas emisiones de carbono), así como las necesidades de financiamiento adicionales asociadas a esta transición.

En la preparación de este estudio participaron directamente más de 30 expertos brasileños de reconocido prestigio, y se consultó a varias decenas más, entre ellos representantes gubernamentales, para reunir los mejores conocimientos

**Cuadro 1. Enfoque para el estudio de caso sobre desarrollo con bajas emisiones de carbono en Brasil**

PASO	USO DEL SUELO Y ACTIVIDADES FORESTALES	ENERGÍA	TRANSPORTE	DESECHOS
1. Elaboración del escenario de referencia 	Proyección del uso del suelo y del cambio del uso del suelo (de acuerdo con la proyección de biocombustibles líquidos y sólidos; desarrollo de modelo de uso de la tierra geoespacialmente explícito), la deforestación (adaptación de los modelos existentes) y las emisiones asociadas.	Proyección de la demanda de energía (de acuerdo con la demanda de otros sectores; uso de proyecciones basadas en modelos MAED); combinación optimizada en el suministro de energía (uso de proyecciones MESSAGE), y de las emisiones asociadas.	Proyección de la demanda de transporte regional y urbano, de las cuotas de los modos de transporte para transporte regional y urbano (uso de modelos mediante TRANSCAD), de la combinación de combustibles para los modos de transporte y de las emisiones (uso de la adaptación de modelos COPERT).	Proyección de la producción de desechos y efluentes, del potencial de contenido de carbono y metano (CH <sub>4</sub> ), de la combinación para la eliminación de desechos y efluentes, y de las emisiones asociadas.
2. Exploración de las opciones de mitigación y de captura de carbono 	Análisis de las opciones para reducir la presión de la deforestación y proteger los bosques, para reducir las emisiones de la agricultura y la ganadería, y secuestrar carbono; realizar un análisis económico (costo de reducción de emisiones) de las opciones propuestas.	Análisis de las opciones para gestionar la demanda y reducir la intensidad de carbono en la oferta; realizar un análisis económico (costo de reducción) de las opciones propuestas.	Análisis de las opciones para mejorar la eficiencia del transporte regional y aumentar los modos interurbanos con bajas emisiones de carbono, para mejorar la eficiencia del transporte urbano y aumentar los modos urbanos con bajas emisiones de carbono, y para pasar al uso de biocombustibles; realizar un análisis económico (costo de reducción de emisiones) de las opciones propuestas.	Análisis de las opciones para reducir la producción de desechos y efluentes y aumentar los modos de recolección y de eliminación con bajas emisiones de carbono; realizar un análisis (costo de reducción de emisiones) de las opciones propuestas.
3. Evaluación de la viabilidad de las opciones identificadas 	Identificación de los obstáculos que limitan o evitan la aplicación de las opciones analizadas, de los beneficios comunes medioambientales y económicos, y de las medidas para superar estos obstáculos.	Identificación de los obstáculos que limitan la implementación de las opciones analizadas para gestionar la demanda de energía y reducir las emisiones, de los beneficios comunes medioambientales y económicos, y de las medidas para superar estos obstáculos.	Identificación de los obstáculos que limitan la aplicación de modos de transportes regionales y urbanos eficientes y con bajas emisiones de carbono, de los beneficios comunes medioambientales y económicos, y de las medidas para superar estos obstáculos.	Identificación de los obstáculos que limitan la aplicación de la reducción de la producción de desechos y efluentes y de los modos de eliminación de desechos y efluentes con bajas emisiones de carbono, de los beneficios comunes medioambientales y económicos, y de las medidas para superar estos obstáculos.
4. Elaboración del escenario de bajas emisiones de carbono	Proyección de los nuevos usos de la tierra y cambios del uso de la tierra (incluidas las tierras adicionales necesarias para las opciones de reducción y captura de carbono), estimación de la reducción de la deforestación y proyección de la reducción de emisiones.	Revisión de la demanda de energía (incluida la nueva combinación de combustibles del transporte), definición de una nueva combinación de energías internamente congruente con bajas emisiones de carbono para el suministro de energía, y proyección de la reducción de emisiones.	Proyección de la nueva demanda de transporte (congruente con el nuevo uso de la tierra), de la nueva distribución modal para el transporte regional y urbano, de la nueva combinación de combustibles y de la reducción de emisiones.	Proyección de la nueva producción de desechos y efluentes, del nuevo potencial de contenido de carbono y metano (CH <sub>4</sub> ), de la nueva combinación de modos de eliminación de desechos y efluentes, y de la reducción de emisiones.

disponibles y evitar duplicaciones de esfuerzos. En conjunto, estas acciones sirvieron para seleccionar y analizar las cuatro áreas con gran potencial de reducción de las emisiones de carbono<sup>3</sup>.

- **Uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales**, incluida la deforestación
- **Producción y consumo de energía**, en particular de electricidad, y de petróleo y gas
- **Sistemas de transporte**
- **Gestión de desechos**, en concreto, desechos urbanos sólidos y líquidos

## EL ESCENARIO DE REFERENCIA

El escenario de referencia se basa en estas cuatro áreas y en los actuales planes gubernamentales, como el Plan Nacional de Energía 2030 (PNE 2030) y el Plan Nacional de Logística y Transporte del Ministerio de Minas y Energía, ambos iniciados en 2007, el Plan Gubernamental de Crecimiento Acelerado, y otras políticas y medidas publicadas hasta el momento en que se elaboró este escenario<sup>4</sup>. Cuando no fue posible disponer de planes publicados, el estudio elaboró sus propias hipótesis de referencia mediante el desarrollo o adaptación de modelos sectoriales que concuerdan con los objetivos establecidos en el PNE 2030. Las principales interfaces (por ejemplo, el cálculo de las tierras necesarias para la producción de biocombustibles sólidos y líquidos para transporte y energía) fueron elaboradas conjuntamente por los equipos que trabajan en estos ámbitos. El escenario de referencia no incluye todas las fuentes de emisiones del país y no constituye una simulación de los futuros inventarios nacionales de emisiones.

En el escenario de referencia, la deforestación continúa siendo el principal factor de las futuras emisiones de GEI de Brasil hasta 2030. Se prevé que las emisiones debidas a la deforestación se estabilizarán (en cerca de 400–500 MtCO<sub>2</sub> anuales) tras descender ligeramente entre 2009 y 2011. A medida que sigan creciendo los sectores de la energía, el transporte y la gestión de desechos, descenderá el porcentaje relativo de las emisiones generadas por la deforestación (del 40% al 30% entre 2008 y 2030). Las emisiones de algunos subsectores, como el transporte urbano, la generación térmica de electricidad y los procesos industriales, que dependen de los combustibles fósiles,

<sup>3</sup> Este estudio no incluye determinadas fuentes industriales de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) y otros GEI no contemplados en el Protocolo de Kioto. Sin un inventario reciente completo, no es posible determinar con precisión el porcentaje de otras fuentes en el balance de GEI nacional. Sin embargo, sobre la base de la Primera Comunicación Nacional de Brasil (1994), se prevé que las emisiones de estos gases no superarán un 5% del total de las emisiones de GEI contempladas en el Protocolo de Kioto. Al estimar las emisiones de la agricultura, no se tuvieron en cuenta todas las emisiones de ese sector; los cultivos incluidos en el cálculo de las emisiones del sector de uso del suelo, cambio en el uso del suelo y actividades forestales representan aproximadamente un 80% de la superficie total cultivable.

<sup>4</sup> Debido a la metodología empleada para elaborar el escenario de referencia, este difiere de las proyecciones de emisiones nacionales y sectoriales, que se basan principalmente en la extrapolación de tendencias anteriores, anunciadas oficialmente por el Gobierno brasileño en 2009 junto con el compromiso voluntario de reducción de emisiones, que se recogen en la ley 12187. La diferencia entre el escenario de referencia que se define en el presente estudio y la elaborada por el Gobierno brasileño sobre la base de tendencias anteriores refleja los efectos positivos que tuvieron en la reducción de emisiones las políticas ya adoptadas hasta el momento en que se preparó este escenario de referencia. Cabe señalar que el escenario de referencia se definió antes de la elaboración del PNMC y de la adopción de la ley 12187, la cual establece la Política Nacional para el Cambio Climático de Brasil y se fija un objetivo nacional voluntario de reducción de las emisiones de GEI.

<sup>5</sup> Entre 1970 y 2007, la Amazonia perdió aproximadamente un 18% de su cubierta forestal original, y en los últimos quince años, el Cerrado perdió un 20% de su superficie original, mientras que el bosque atlántico, que ya había sufrido una amplia deforestación, perdió un 8%.

<sup>6</sup> Tras alcanzar su nivel máximo de 27 000 km<sup>2</sup> en 2004, las tasas de deforestación han disminuido de manera considerable hasta llegar al nivel de 11 200 km<sup>2</sup> en 2007, el segundo más bajo registrado por el Programa de Cálculo de la Deforestación de la Amazonia (*Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia*).



registrarán un gran aumento hasta 2030, mientras que las emisiones que dependen de formas de energía con menos contenido de carbono (como por ejemplo, las de los vehículos que utilizan etanol o de las centrales hidroeléctricas) se mantendrán relativamente estables.

### **Uso del suelo y cambio del uso del suelo | *Hacia una nueva dinámica***

La deforestación es la mayor fuente de emisiones (aproximadamente un 40% en 2008), que ha reducido las reservas de carbono de Brasil en unos 6000 millones de toneladas en los últimos quince años, lo que equivale a dos terceras partes de las emisiones anuales a escala mundial<sup>5</sup>. Sin las medidas adoptadas recientemente para proteger los bosques, las emisiones serían muy superiores.<sup>6</sup> La deforestación en las regiones de Amazonia y Cerrado se ve impulsada por la expansión de la agricultura y la ganadería, la construcción de nuevas carreteras y la consiguiente inmigración, mientras que las fuerzas más amplias de los mercados nacionales e internacionales influyen sobre la demanda de carne y cultivos que, a su vez, contribuye a la deforestación.

La producción agrícola y ganadera genera un 25% de las emisiones brutas de Brasil. El uso de fertilizantes, la mineralización del nitrógeno en la tierra, el cultivo de arroz en los humedales, la quema de la caña de azúcar y el uso de equipos agrícolas que utilizan



combustibles fósiles contribuyen al incremento de las emisiones de la agricultura. Las emisiones de la ganadería proceden principalmente de los procesos digestivos del ganado vacuno.

### ***Modelos de uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales***

La futura demanda de suelo y el uso *del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales* se proyecta mediante dos modelos desarrollados en este estudio: el Modelo Brasileño de Uso de Suelo (BLUM, por sus siglas en inglés), un modelo econométrico que estima las asignaciones de suelo y mide los cambios del uso del suelo, y Simulate Brazil (SIM Brazil), un modelo de espacialización con referencias geográficas que estima el futuro uso del suelo en un período determinado para varios escenarios (recuadro 2).

### ***Proyección de las emisiones en el escenario de referencia***

En el escenario de referencia 2010–30 se estima que se necesitarán 17 millones de hectáreas de tierras adicionales. El suelo destinado a usos productivos aumenta un 7% (de 257 a 276 millones de hectáreas entre 2008 y 2030), y una cuarta parte de este crecimiento tiene lugar en la región de la Amazonia. En 2030, al igual que en 2008, el suelo de pastos ocupa la mayor parte de esta superficie (que pasa de 205 a 207 millones de hectáreas). La vegetación natural se transforma para uso productivo sobre todo en las regiones fronterizas, como la región de la Amazonia de los estados de Maranhão, Piauí, Tocantins y Bahía, para adaptarse a este crecimiento.

Las emisiones del sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales aumentarán hasta aproximadamente 895 MtCO<sub>2</sub>e anuales para 2030<sup>7</sup>. El cambio del uso del suelo debido a la deforestación provocará la emisión de 533 MtCO<sub>2</sub>e anuales para 2030. Las emisiones directas de la agricultura y la ganadería aumentarán durante este período (un promedio de 346 MtCO<sub>2</sub>e anuales hasta 2030). La captura de carbono compensa menos de un 1% de las emisiones brutas de las actividades del sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales.

### ***Gestión de las emisiones de la agricultura***

Una difusión acelerada del cultivo de cero labranza puede reducir las emisiones netas generadas por variaciones en el stock de carbono en el suelo, y el uso de equipos que emplean combustibles fósiles. El cultivo de cero labranza ayuda igualmente a controlar la temperatura del suelo, a mejorar su estructura, a aumentar su capacidad de captura de agua, a reducir la pérdida de suelos y a mejorar la retención de nutrientes por parte de las plantas. En el escenario de emisiones bajas de carbono, si para 2015 se lograra un cultivo de cero labranza al 100% en zonas propicias, se podría evitar la emisión de 356 MtCO<sub>2</sub>e en el período 2010–30 (gráfico 1).

### ***Reducción de las emisiones directas del ganado vacuno***

La adopción de sistemas más intensivos para la producción de carne, el empleo de mejoras genéticas y el mejoramiento de los forrajes para los herbívoros y la cría de reses genéticamente superiores con un ciclo de vida más breve podrían reducir las emisiones de metano de los procesos digestivos del ganado sin reducir la producción total de carne. Si se adoptaran estas medidas, las emisiones directas de la ganadería pasarían de 272 a 240 MtCO<sub>2</sub> anuales para 2030, valores que corresponden al escenario de referencia y al escenario de emisiones bajas de carbono, respectivamente (gráfico 2).

<sup>7</sup> Al calcular sus inventarios nacionales de carbono, algunos países toman en consideración la aportación del rebrote natural a la captura de carbono, por lo que, aunque este estudio no calcula esta aportación dentro del balance de carbono de las actividades del sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales, sería razonable añadir esta información con fines comparativos. Si se incluyera la captura de carbono producido por el rebrote natural de los bosques degradados, el potencial aumentaría en 109 Mt CO<sub>2</sub> al año, lo que reduciría las emisiones netas.

## RECUADRO 2

### Elaboración de modelos para el futuro uso del suelo y deforestación en Brasil

Para estudiar las opciones de reducción de las emisiones producidas por la deforestación es necesario efectuar una proyección de la deforestación futura. Para simular el futuro uso del suelo y los futuros cambios del uso del suelo en Brasil, el equipo del Estudio sobre Crecimiento con Bajas Emisiones de Carbono utilizó dos modelos en forma integrada:

- 1. Modelo económico:** el Modelo Brasileño de Uso del Suelo (BLUM), desarrollado por el Instituto de Negociaciones Comerciales Internacionales, es un proceso de elaboración de modelos económicos que estima la asignación de la superficie del país y mide el cambio del uso del suelo resultante de la dinámica de la oferta y la demanda de todos los principales productos que compiten por el suelo, como la soja, el maíz, el arroz, los frijoles, el algodón, la caña de azúcar, los pastos y los bosques destinados a producción.
- 2. Modelo de espacialización con referencias geográficas:** el modelo Simulate Brazil (SIM Brazil), desarrollado por el Centro de Teledetección de la Facultad de Cartografía de la Universidad de Minas Gerais, permite llevar a cabo una proyección espacial del futuro uso del suelo a lo largo del tiempo para todo el país de acuerdo con diferentes escenarios.

Ambos modelos fueron desarrollados para satisfacer las necesidades del presente estudio. El modelo SIM Brazil no modifica los datos del modelo económico BLUM para la proyección del uso del suelo, sino que encuentra un lugar para ellos teniendo en cuenta diversos criterios, como la aptitud para el uso agrícola, la distancia hasta una carretera, la atracción urbana, el costo del transporte hasta un puerto, la inclinación del terreno y la distancia hasta una zona convertida. El modelo SIM Brazil trabaja con un nivel de definición de 1 km<sup>2</sup>, lo que permite producir mapas dinámicos muy detallados. Su metodología puede describirse de la siguiente manera:

- Paso 1:** identificación de las zonas aptas para la expansión.
- Paso 2:** construcción de un modelo económico para prever la cantidad del cambio del uso del suelo dentro de cada actividad (deforestación, ganadería y agricultura).
- Paso 3:** creación de un modelo geográfico para la distribución espacial de las cantidades de suelo que requiera cada actividad al año, asignando así el lugar y la forma en que tendrán lugar los cambios del uso del suelo.
- Paso 4:** cálculo de las emisiones resultantes de los cambios en las existencias de carbono producidos por la conversión de vegetación y suelos naturales, así como de las emisiones directas de las actividades ganaderas y agrícolas.

Estos cálculos se efectúan dos veces, primero para el escenario de referencia y posteriormente para el escenario con reducción de emisiones ('low carbon scenario'). A continuación, la reducción de las emisiones obtenida con el segundo escenario puede compararse con las emisiones previstas en el escenario de referencia.

Adaptado de la publicación *Brazil Low Carbon Country Case Study* (Estudio de caso sobre desarrollo con bajas emisiones de carbono en Brasil), junio de 2010.

### Mejora de la captura de carbono

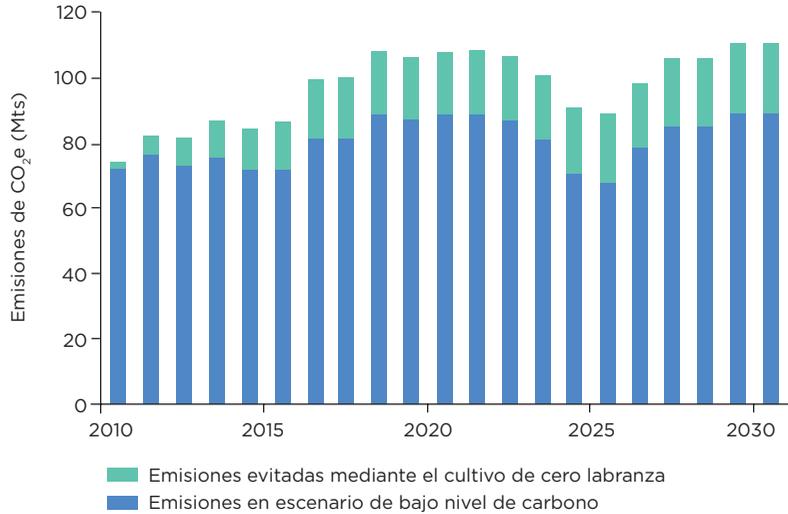
A través de medidas que:

- Permitan la *recuperación de los bosques naturales* mediante el cumplimiento de las medidas legales para su reconstitución obligatoria, establecidas en la ley para bosques ribereños y reservas legales<sup>8</sup>. Esta opción presenta un alto potencial de captura de carbono correspondiente a aproximadamente un promedio de 140 MtCO<sub>2</sub>e al año<sup>9</sup>.

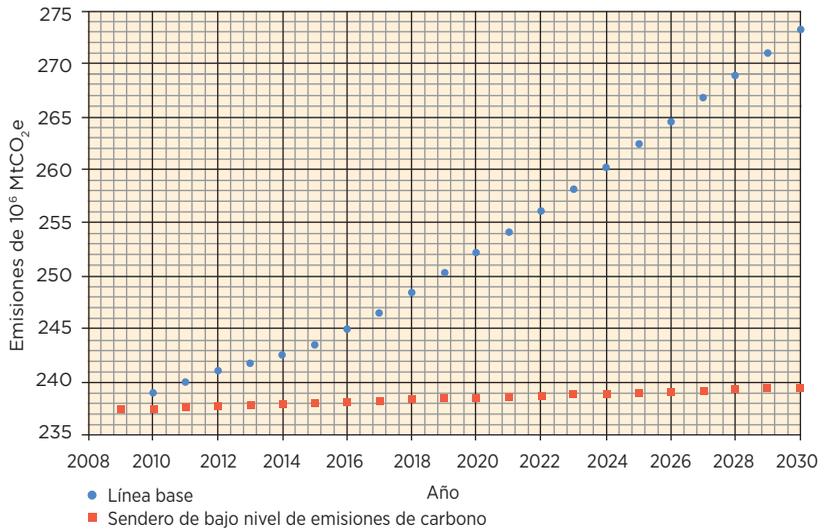
<sup>8</sup> En las zonas que disfruten de condiciones óptimas, la recuperación de bosques puede eliminar un promedio de 100 tC por hectárea en la región de la Amazonia. En la hipótesis de referencia se limita su aportación cuantitativa.

<sup>9</sup> Si se incluyera la captura de carbono producido por el rebrote natural de los bosques degradados, la captura potencial aumentaría, en promedio, 112 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

**Gráfico 1: Emisiones evitadas mediante el cultivo de cero labranza, escenario con emisiones bajas de carbono (2010-30)**



**Gráfico 2: Comparación de las emisiones de metano del ganado vacuno, 2008-30 (MtCO<sub>2</sub>e anuales)**



ii) *Crear bosques de producción* para la industria siderúrgica. Si para 2017 se sustituyera por completo el carbón vegetal no renovable y un 46% de la producción de hierro y acero utilizara carbón vegetal renovable para 2030, las emisiones secuestradas se elevarían a 377 MtCO<sub>2</sub> en 2030, es decir, 62 MtCO<sub>2</sub> más que en el escenario de referencia.

### ***Lucha contra la deforestación***

Brasil ha desarrollado políticas y proyectos para la protección de los bosques a fin de contrarrestar la creciente presión que sufren estos en la frontera de expansión, y cuenta con experiencia en actividades económicas compatibles con la sostenibilidad forestal. Sin embargo, para pasar a un escenario con bajas emisiones de carbono que

garantice el crecimiento de la agricultura y del sector cárnico, que son importantes para la economía brasileña, sería necesario adoptar medidas contra la causa principal de la deforestación, a saber, el aumento de la demanda de suelo para la agricultura y la ganadería.

### ***Reducción de la demanda de suelo mediante la mejora de la productividad ganadera***

En el escenario con emisiones bajas de carbono se necesitan 53 millones de hectáreas de tierras (incluidas más de 44 millones de hectáreas para recuperación forestal) a fin de absorber la demanda de tierras para actividades agrícolas y ganaderas. Esta cantidad aumenta a un total de 70 millones de hectáreas, es decir, más del doble de las tierras cultivadas con soja y caña de azúcar en 2008, si se tienen en cuenta las necesidades adicionales de tierra contempladas en el escenario de referencia (cuadro 2).

A fin de reducir drásticamente la deforestación, el presente estudio propone una doble estrategia:

- i) Eliminar las causas estructurales de la deforestación mediante un fuerte aumento de la productividad ganadera.
- ii) Proteger los bosques contra la tala ilegal.

*Reducción de las zonas de pastos.* Ya se han adoptado políticas, proyectos y programas de protección forestal. La eliminación de las causas estructurales de la deforestación requeriría un fuerte aumento de la productividad por hectárea. El aumento de la productividad ganadera podría liberar grandes cantidades de pastos. Esta opción resulta técnicamente viable, ya que la productividad ganadera de Brasil por lo general es baja y se podría aumentar el uso de corrales de engorde y de los sistemas mixtos de cultivos y cría de ganado. El uso de sistemas de producción más intensivos podría generar mayores rendimientos económicos y un beneficio para la economía del sector. La liberación y recuperación de los pastos degradados pueden adaptarse al escenario de crecimiento más ambicioso.

**Cuadro 2: Tierras adicionales necesarias previstas en el escenario de referencia y en el escenario con reducción de emisiones de carbono**

ESCENARIO	NECESIDAD DE SUELO ADICIONAL (2006-30)	
Escenario de referencia: volumen adicional de suelo necesario para la expansión de las actividades agrícolas y ganaderas	Expansión de la producción agrícola y ganadera para satisfacer las necesidades previstas para 2030	16,8 millones de hectáreas
Escenario con emisiones bajas de carbono: volumen adicional de tierras necesario para medidas de mitigación	Eliminación del carbón no renovable en 2017 y una participación del 46% del carbón vegetal renovable en la producción de hierro y acero en 2030	2,7 millones de hectáreas
	Expansión del cultivo de caña de azúcar para aumentar la sustitución de gasolina por etanol al 80% en el mercado interno y satisfacer un 10% de la demanda mundial estimada, para lograr una mezcla de gasolina con etanol al 20% a escala mundial en 2030	6,4 millones de hectáreas
	Restauración de los daños medioambientales de las "reservas legales" de bosques, que se calculan en 44,3 millones de hectáreas en 2030	44,3 millones de hectáreas
<b>Total</b>		<b>70,4 millones de hectáreas</b>



En el escenario con bajas emisiones de carbono es posible reducir la demanda en unas 138 millones de hectáreas para 2030 mediante las siguientes medidas para aumentar la productividad ganadera:

- Promover la recuperación de los pastos degradados.
- Estimular la adopción de sistemas productivos provistos de corrales para el período final de engorde.
- Incentivar la adopción de sistemas mixtos de cultivos y cría de ganado.

*Consolidación de las medidas de protección forestal.* Sin embargo, los resultados del modelo indican que la disminución de la demanda adicional de productos agrícolas y ganaderos puede ser insuficiente para eliminar la compleja dinámica que conduce actualmente a la tala de bosques, ya sea en zonas forestales protegidas o en zonas en que todavía se permite la deforestación de manera legal. Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de adoptar medidas complementarias para frenar este proceso, al menos en las zonas en que la deforestación es ilegal, a fin de alcanzar de este modo el objetivo fijado en el PNMC de detener totalmente la deforestación ilegal. Ya se han puesto en práctica numerosas medidas a través de la aplicación del Plan de Acción para la Prevención y el Control de la Deforestación en la Amazonia Legal, el cual aumenta la capacidad para hacer cumplir y consolidar las políticas de conservación de la selva tropical amazónica.

La eficiencia de esta estrategia quedó demostrada en el período 2004–2007, cuando una serie de nuevas acciones de protección forestal, junto con una ligera contracción del sector ganadero y de las zonas de pastos<sup>10</sup> permitieron reducir la deforestación en un 60% (de 27 000 a 11 200 km<sup>2</sup>). Esta rápida reducción se debe al descenso de la expansión marginal de las tierras destinadas a la agricultura y la ganadería<sup>11</sup> y a la conversión de vegetación natural. Sin embargo, si se descuidaran estos esfuerzos, las emisiones se reanudarían de inmediato.

Se prevé que una amplia implementación de esta estrategia reduciría la deforestación en un 68% en 2030 respecto a los niveles proyectados en el escenario de referencia; la reducción en el bosque atlántico sería de aproximadamente un 90%, mientras que en la región de Amazonia y Cerrado sería del 68% y del 64%, respectivamente (gráfico 3).

De este modo, el resultado sería una emisión neta de GEI de 331 MtCO<sub>2</sub> al año de las actividades en el sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales en 2030, en lugar de 816 MtCO<sub>2</sub>e al año, cifra observada en 2008 y que se mantiene en el escenario de referencia.

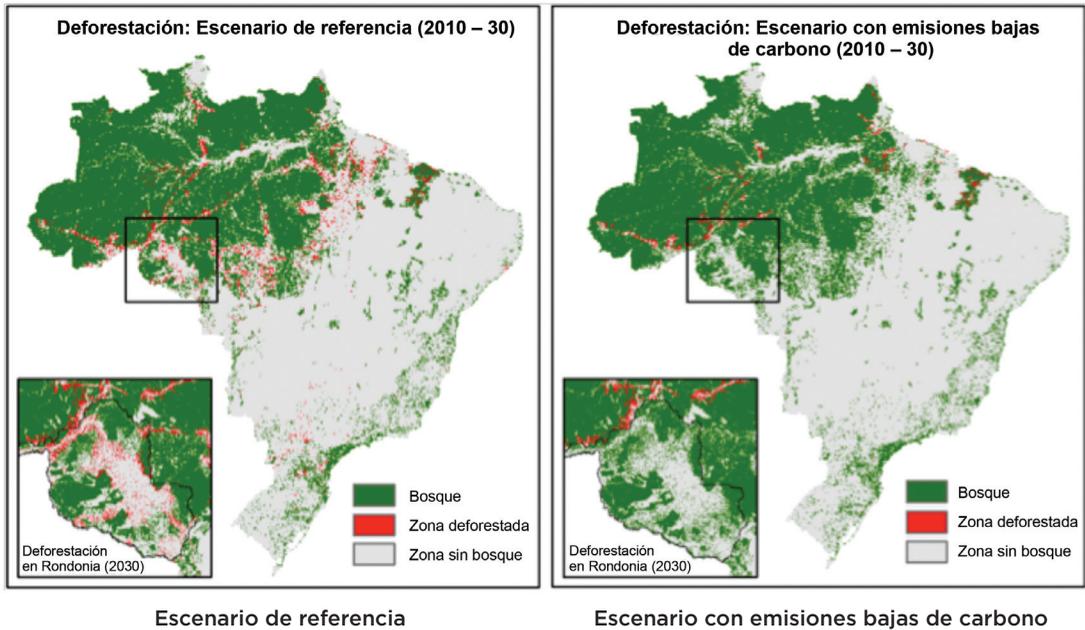
## **Energía | Mantenimiento de una matriz de energías verdes**

La producción y el consumo de energía, sin incluir el sector del transporte, generaron aproximadamente un 20% de las emisiones de GEI de Brasil en 2010, sobre todo gracias a la amplia proporción que representan las energías renovables (en particular la hidroeléctrica) en el mix nacional de energías. La intensidad de las emisiones de GEI del sector energético resulta comparativamente reducida según los estándares internacionales, pues la emisión promedio anual per cápita del sector energético fue de 1,77 tCO<sub>2</sub> en 2005, en comparación con un promedio anual global per cápita de 4,22 tCO<sub>2</sub> y un promedio per cápita de 11,02 tCO<sub>2</sub> entre los países miembros de la OCDE (gráfico 3). Como consecuencia de ello, resulta más difícil reducir las emisiones del sector energético de Brasil que en la mayoría de los demás países.

<sup>10</sup> En el período 2005–2007 se registró la primera disminución en el tamaño de la cabaña ganadera (de 207 a 201 millones de cabezas) tras diez años de aumento, junto con una ligera contracción de las zonas de pastos (de 210 a 207 millones de hectáreas).

<sup>11</sup> A diferencia de otros sectores cuyas emisiones por consumo de energía generalmente son proporcionales al *tamaño total* de las actividades del sector, las emisiones procedentes de la deforestación están relacionadas únicamente con la expansión *marginal* de las actividades agrícolas y ganaderas.

**Gráfico 3: Comparación de la deforestación acumulada | Escenario de referencia y escenario de bajas emisiones de carbono (2007-30)**



***Aumento de las emisiones del sector energético en un 97% en el escenario de referencia***

La mayor parte de las emisiones y del potencial de mitigación dependen de la tecnología que utilice la industria, que sigue empleando mayoritariamente combustibles fósiles. Mientras que el PNE 2030 parte del supuesto de un mayor uso de las fuentes de energías renovables en el período 2010–30, las emisiones del sector energético aumentan un 97% hasta alcanzar los 458 MtCO<sub>2</sub> en 2030 (sin incluir los combustibles destinados al sector del transporte) en el escenario de referencia (gráfico 4). Las emisiones acumuladas de GEI del sector energético se estiman en 7600 MtCO<sub>2</sub> a lo largo de estos 20 años.

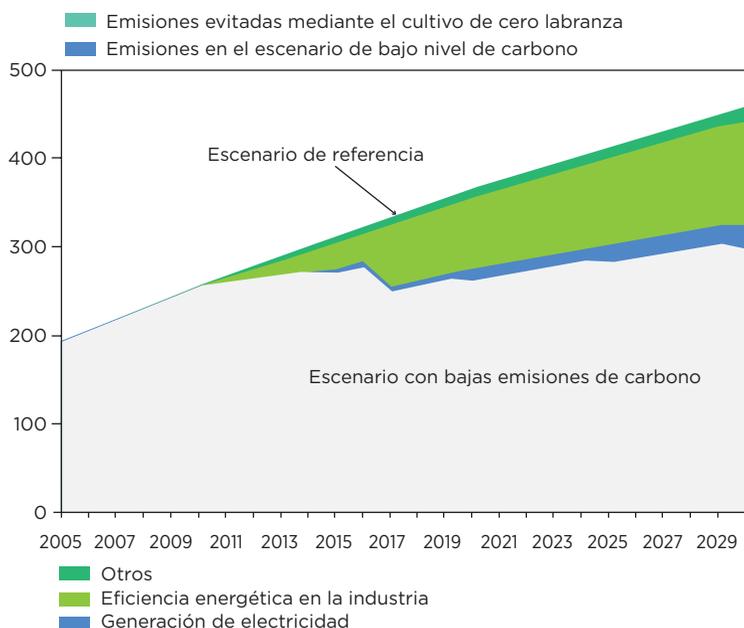
***Posibilidades limitadas de reducir las emisiones en el escenario de emisiones bajas de carbono***

El sector energético de Brasil podría reducir sus emisiones anuales en un 35% en 2030<sup>12</sup> respecto al escenario de referencia, y el sector industrial adoptaría la mayor parte de las medidas tendientes a ese fin, a saber:

- *Medidas internas:* aumento de la eficiencia energética y sustitución de combustibles en la industria, refinación y licuefacción de gases, generación de energía eólica, cogeneración a partir del bagazo y equipos de alta eficiencia. En el escenario de referencia, la mayor parte del gran potencial hidroeléctrico de Brasil habrá sido explotado para 2030, y en el escenario con reducción de emisiones no se toman en consideración las oportunidades de expansión de la hidroelectricidad.
- *Medidas en el exterior:* complementariedad hidroeléctrica para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los sectores energéticos de Brasil y de Venezuela, y exportación a gran escala de etanol para reducir las emisiones provocadas por los combustibles fósiles del sector del transporte en todo el mundo.

<sup>12</sup> En 2030, las emisiones anuales se reducirían de 458 a 297 millones tCO<sub>2</sub> (sin incluir las del transporte) o de 735 a 480 millones tCO<sub>2</sub> (con las del transporte), es decir, una reducción anual similar a las emisiones de Argentina en 2000.

#### Gráfico 4: Escenario de referencia para el sector energético y potencial de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético entre 2005 y 2030, escenario de referencia (PNE 2030)



Aun así, las emisiones del sector energético previstas en el escenario con reducción de emisiones continúan siendo un 28% más altas en 2030 respecto a 2008.

#### **Incremento de las exportaciones de etanol**

Si aumentara sus exportaciones de etanol, Brasil podría satisfacer la creciente demanda internacional de combustibles para vehículos con bajas emisiones de carbono y obtener beneficios económicos para Brasil y sus socios comerciales, así como reducir las emisiones de GEI. Esta oportunidad podría aprovecharse mediante la reducción o la eliminación de barreras comerciales y subsidios en muchos países. En este estudio se adoptó un objetivo de exportación de 70 000 millones de litros para 2030; es decir, 57 000 millones de litros más que en el escenario de referencia del PNE 2030 y algo más del 2% del consumo mundial de gasolina estimado para ese año. Este objetivo tendría como consecuencia una reducción de las emisiones de GEI de 73 MtCO<sub>2</sub> al año en 2030, lo que equivale a 667 MtCO<sub>2</sub> en el período 2010–30. En 2030 se necesitarían 6,4 millones de hectáreas de suelo adicionales para plantaciones de caña de azúcar (de 12,7 a 19,1 millones de hectáreas)<sup>13</sup>. Si la producción de etanol no supera el ritmo de aplicación de la doble estrategia propuesta para liberar pastos y proteger los bosques, el suelo adicional para la expansión de la caña de azúcar no provocará deforestación.

#### **Transporte | Cambio de modos de transporte y cambio de combustibles**

En Brasil, el sector del transporte presenta una menor cantidad de carbono que en la mayoría de los demás países debido al amplio uso del etanol como combustible para vehículos. Debido a ello, las posibilidades de reducir las emisiones parecen relativamente limitadas. Por este motivo, en el estudio se realizó una simulación de las emisiones de este sector que resultarían de sustituir los biocombustibles

<sup>13</sup> Las medidas propuestas para disminuir la deforestación en la hipótesis con reducción de las emisiones tenían en cuenta las tierras adicionales necesarias para plantar caña de azúcar, para que la exportación de etanol no implicara fuga de carbono.

**Cuadro 3: Potencial de reducción de las emisiones del sector energético (2010–30)**

OPCIONES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE CARBONO	REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES 2010–30	
	(MtCO <sub>2</sub> )	%
<b>Demanda</b>	<b>1407</b>	<b>77</b>
<b>Electricidad</b>	<b>28</b>	<b>2</b>
Calefacción solar	3	0
Aire acondicionado	3	0
Aire acondicionado (“Sello de PROCEL”)	0	
Refrigeradores	10	1
Refrigeradores (poblaciones con bajos ingresos)	6	0
Motores	2	0
Alumbrado residencial	3	0
Alumbrado industrial	1	0
Alumbrado comercial	2	0
<b>Combustibles fósiles</b>	<b>1378</b>	<b>75</b>
Optimización de la combustión de los combustibles	105	6
Sistemas de recuperación del calor	19	1
Recuperación de vapor	37	2
Recuperación de calor en hornos	283	15
Nuevos procesos	135	7
Otras medidas para aumentar la eficiencia energética	18	
Energía solar térmica	26	1
Reciclaje	75	4
Sustitución por gas natural (incluidos los gasoductos)	44	
Sustitución por biomasa	69	4
Sustitución de biomasa no renovable por carbón de plantaciones de árboles	567	31
<b>Oferta</b>	<b>423</b>	<b>23</b>
<b>Generación de electricidad</b>	<b>177</b>	<b>10</b>
Generación de energía eólica	19	1
Cogeneración de biomasa	158	9
<b>Petróleo y gas</b>	<b>246</b>	<b>13</b>
Licuefacción de gases	128	7
Refinado		
Mejora del consumo de energía en las refinerías ya existentes (integración de energía térmica)	52	3
Mejora del consumo de energía en las refinerías ya existentes (reducción de las incrustaciones)	7	0
Mejora del consumo de energía en las refinerías ya existentes (control avanzado)	7	0
Optimización del diseño de refinerías nuevas	52	3
<b>Total</b>	<b>1830</b>	<b>100</b>

por combustibles fósiles (principalmente gasolina). En ese caso, las emisiones en el escenario de referencia aumentarían un 50% en 2030 (gráfico 7).

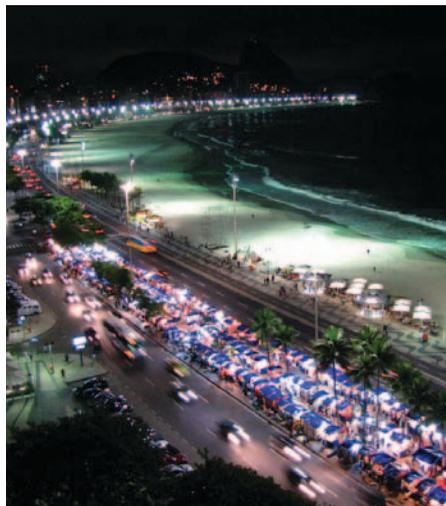
A pesar de la baja intensidad de las emisiones del sector del transporte de Brasil, este sector utiliza aún más de la mitad de los combustibles fósiles que consume el país.

Las emisiones del sector del transporte fueron de 149 MtCO<sub>2</sub>e en 2008 (un 12% de las emisiones nacionales), y un 51% estaba relacionado con el transporte urbano y el aumento en el uso de vehículos privados, la congestión del tráfico y los sistemas de transporte colectivo ineficientes. No obstante, se prevé que el aumento en el uso de vehículos capaces de funcionar con diferentes combustibles y el paso de la gasolina al bioetanol estabilizarán las emisiones de GEI de los vehículos ligeros en los próximos 25 años, a pesar del aumento previsto del número de kilómetros recorridos (gráfico 5).

En el escenario con emisiones bajas de carbono se estima que las emisiones del sector del transporte serán de 174 MtCO<sub>2</sub> al año en 2030 (en lugar de las 245 MtCO<sub>2</sub> anuales en el mismo año contempladas en el escenario de referencia, gráfico 7). El total de emisiones evitadas en el período 2010–30 es de casi 524 MtCO<sub>2</sub>, lo que

equivale aproximadamente a la suma de las emisiones del Uruguay y El Salvador. Las emisiones podrían reducirse por medio de las siguientes opciones de mitigación:

- *Opciones urbanas.* Los estímulos para utilizar los autobuses de tránsito rápido (ATR) y el metro, y la implantación de medidas de gestión del tráfico, pueden reducir las emisiones en un 26% en 2030 (gráfico 6); sin embargo, los problemas que plantean las políticas, la coordinación y la financiación de opciones de transporte colectivo que requieren grandes inversiones de capital a menudo evitan o retrasan su implantación. La descentralización de la administración (más de 5000 municipios supervisan los sistemas de tránsito y transporte) dificultan la movilización de recursos.
- *Opciones regionales.* Los cambios de las modalidades de transporte de pasajeros y mercancías, como la ampliación de los trenes de alta velocidad para pasajeros entre São Paulo y Río de Janeiro para sustituir el uso de aviones, automóviles y autobuses, o el aumento del transporte ferroviario y vías navegables para mercancías, podría reducir las emisiones en aproximadamente un 9% en 2030. Las inadecuadas infraestructuras para un trasbordo intermodal eficiente y la falta de coordinación entre las instituciones públicas constituyen obstáculos para ello.
- *Combustibles.* Con el aumento del consumo de combustibles basados en el bioetanol en detrimento de la gasolina del 60% contemplado en el escenario de referencia al 80% en 2030 podría obtenerse más de una tercera parte de la reducción total de emisiones prevista para el sector del transporte en este período (casi 176 MtCO<sub>2</sub>). El principal reto consiste en que las señales de los precios de mercado se ajusten a este objetivo, para lo cual se necesitaría un mecanismo financiero adecuado que absorbiera los cambios bruscos de los precios y mantuviera el atractivo del etanol para los propietarios de vehículos.

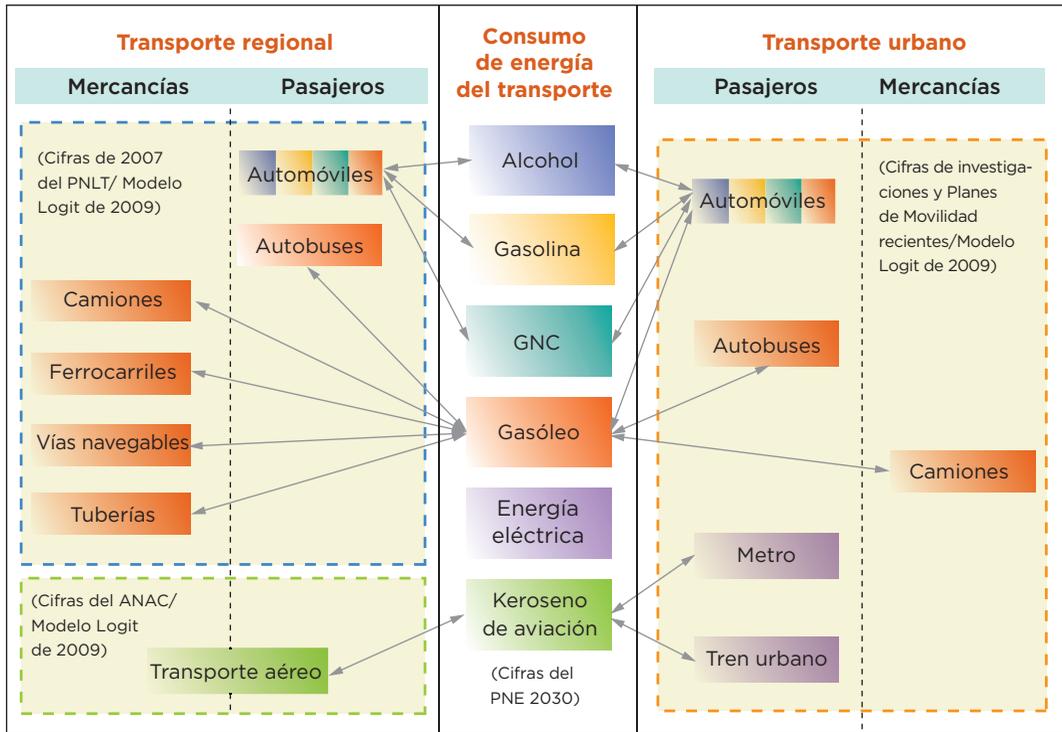


## Gestión de desechos | Recursos financieros

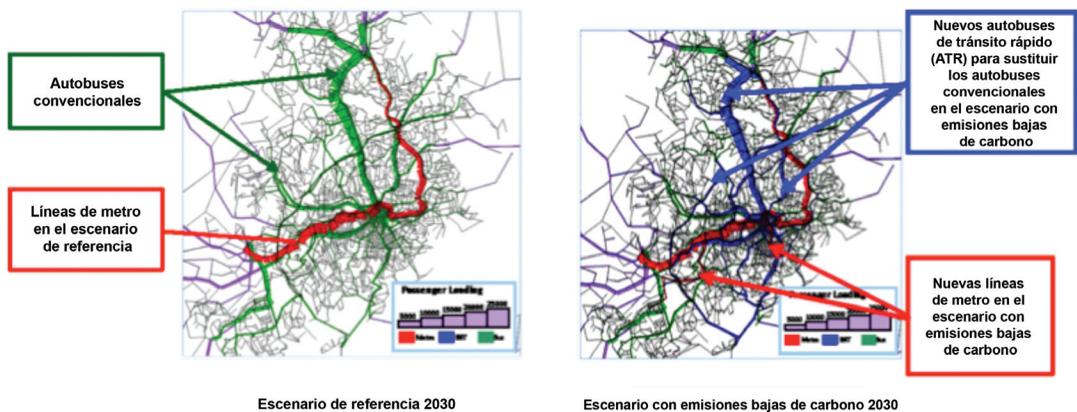
Las emisiones del sector de la gestión de desechos de Brasil se elevaron a 62 MtCO<sub>2</sub>e en 2008 (un 4,7% de las emisiones nacionales). En el escenario de referencia se prevé que las emisiones de GEI aumentarán a 99 MtCO<sub>2</sub>e anuales en 2030, ya que un mayor número de personas gozará de los servicios de recogida de desechos sólidos y líquidos como resultado de los planes gubernamentales de universalización de los servicios básicos de saneamiento. En el escenario con emisiones bajas de carbono, las emisiones anuales podrían reducirse en un 80% en 2030 (a 19 MtCO<sub>2</sub>e al año, lo que equivale a las emisiones anuales del Paraguay), con lo que se evitaría la emisión de 1317 MtCO<sub>2</sub> en el período 2010–30. El escenario con emisiones bajas de carbono prevé las siguientes medidas:

- Aprovechar los incentivos del mercado del carbono, a través del Mecanismo para un Desarrollo Limpio, para estimular la participación en proyectos destinados a destruir los gases de vertederos.
- Desarrollar las capacidades municipales para la planificación a largo plazo y el desarrollo de proyectos; dar a conocer y utilizar las estructuras legales, así como los reglamentos y procedimientos vigentes, y mejorar el acceso a los recursos financieros.
- Crear consorcios intermunicipales y regionales que se ocupen del tratamiento de los desechos.
- Desarrollar alianzas entre el sector público y el privado mediante la adjudicación de contratos a largo plazo.

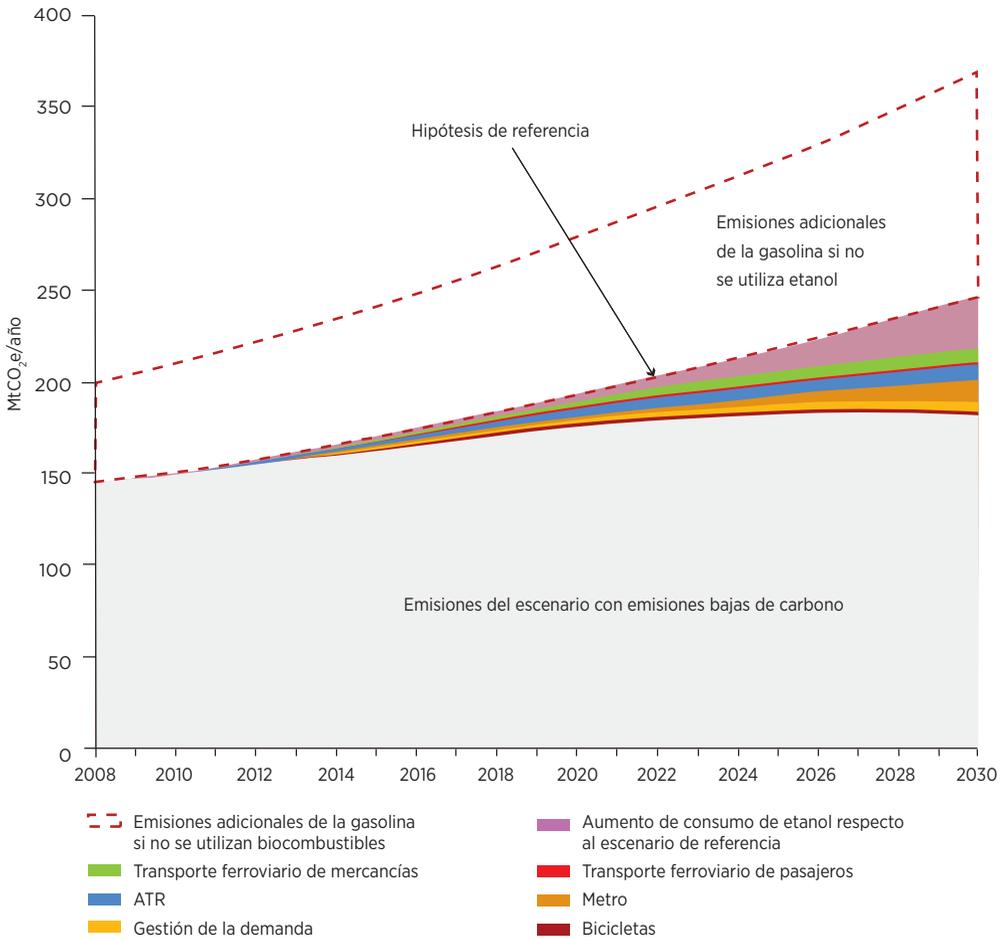
**Gráfico 5: Vínculos entre el transporte regional y urbano y el consumo de combustible**



**Gráfico 6: Ejemplo de transición modal para transporte urbano. Belo Horizonte, Brasil**



**Gráfico 7: Potencial de reducción de las emisiones del sector del transporte y comparación entre las emisiones del escenario de referencia, el escenario con emisiones bajas de carbono y el escenario de “combustibles fósiles”, 2008-30**



## ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico examinó las condiciones financieras en las que se podrían implantar y priorizar las medidas de mitigación y de captura de carbono propuestas. Se efectuaron dos análisis económicos complementarios:

- Una *evaluación macroeconómica* de las opciones consideradas desde la perspectiva del sector social y del sector privado;
- Una *evaluación macroeconómica* de los efectos que tendrían estas opciones, ya sea por separado o conjuntamente, en la economía nacional por medio de un modelo insumo-producto.

El enfoque social planteó una comparación entre la eficacia en función de los costos de las medidas de mitigación y de captura de carbono para la sociedad en general, y calculó el costo marginal de reducción de emisiones (CMR) de cada medida empleando para ello una tasa social de descuento del 8%. Los resultados se ordenaron por valor ascendente y se integraron en un único gráfico, conocido como curva del

CMR, a fin de poder efectuar una rápida comparación entre los costos correspondientes y los volúmenes de las emisiones de GEI (gráfico 8). El estudio priorizó y seleccionó opciones de mitigación y de captura de carbono para el escenario con emisiones bajas de carbono para Brasil en el período 2010–30. Se utilizaron los siguientes criterios: el CMR, que representa la perspectiva social que se adopta en la mayoría de los ejercicios de planificación gubernamental, no debía exceder US\$50, salvo en las opciones con grandes beneficios comunes y efectos macroeconómicos positivos (que se observan a menudo en los sectores del transporte y los desechos).

Desde la perspectiva del sector privado se estudiaron las condiciones en que las medidas propuestas resultarían atractivas para los promotores de distintos proyectos. Se estimó el incentivo económico mínimo —es decir, el “precio de equilibrio del carbono”— que debería ofrecerse para que la medida de mitigación propuesta resultase atractiva en función de las tasas de rendimiento previstas de los operadores económicos actuales de cada sector, observadas por las principales entidades financieras de Brasil. Las tasas de rendimiento necesarias para el sector privado son generalmente más altas que la tasa de descuento social y, por consiguiente, el precio de equilibrio del carbono es superior al CMR. En algunos casos, el CMR es negativo y el precio de equilibrio del carbono es positivo (por ejemplo, la cogeneración a partir de caña de azúcar, las medidas para evitar la deforestación, la sustitución de combustibles por gas natural, el alumbrado y los motores eléctricos, o la licuefacción de gases), lo que ayuda a entender por qué no se aplican automáticamente las medidas que presentan un CMR negativo. La mayoría de las opciones de mitigación y de captura de carbono presuponen un incentivo para resultar atractivas, con la excepción de las medidas en materia de eficiencia energética.

El volumen total de incentivos necesarios para el período 2010–30 es de US\$445 000 millones, es decir, un promedio de US\$21 000 millones por año. De esta cantidad, en el período 2010–30 sería necesario destinar unos US\$34 000 millones o US\$1600 millones anuales (US\$6 por tCO<sub>2</sub>)<sup>14</sup> a las medidas encaminadas a reducir la deforestación (gráfico 8). En el escenario con emisiones bajas de carbono, un potencial de reducción de las emisiones de más de 9000 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (80%) requiere un incentivo de US\$6 por tCO<sub>2</sub>e o menos (gráfico 9). Los incentivos económicos pueden canalizarse a través de diversos medios, como la venta de certificados de carbono, subsidios de capital para tecnologías con bajas emisiones de carbono, condiciones de financiación de inversiones y descuentos tributarios, entre otros.

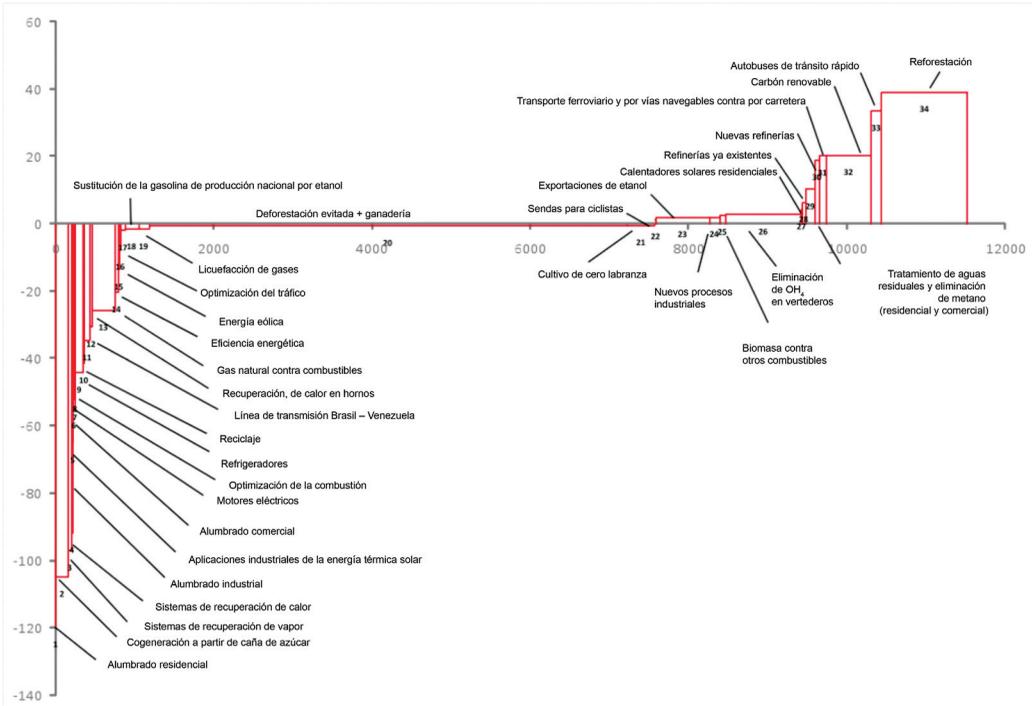
Se utilizó un modelo insumo-producto simple para estimar los efectos macroeconómicos individuales y colectivos de las medidas de mitigación y de captura de carbono, y se compararon el escenario con emisiones bajas de carbono y el escenario de referencia. Si bien los resultados indican únicamente la magnitud de los efectos, la simulación basada en el modelo de insumo-producto señala que no se prevé que las inversiones contempladas en el escenario con emisiones bajas de carbono tengan un efecto negativo en el crecimiento económico. En el período 2010–30 podría esperarse un ligero aumento del PIB (0,5% anual) y del empleo (un promedio del 1,13% al año) debido a los efectos no anticipados en toda la economía derivados de las inversiones para reducir las emisiones de carbono.

## UN ESCENARIO NACIONAL CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO

El *Estudio de caso sobre desarrollo con bajas emisiones de carbono en Brasil* elabora un escenario nacional con bajas emisiones de carbono mediante una integración congruente de los escenarios de bajas emisiones de cada uno de los cuatro sectores descritos y teniendo en cuenta el análisis macroeconómico. Los métodos y resultados fueron presentados y debatidos en varias ocasiones con diversos representantes gubernamentales a fin de facilitar la coordinación intersectorial y la transparencia (recuadro 3).

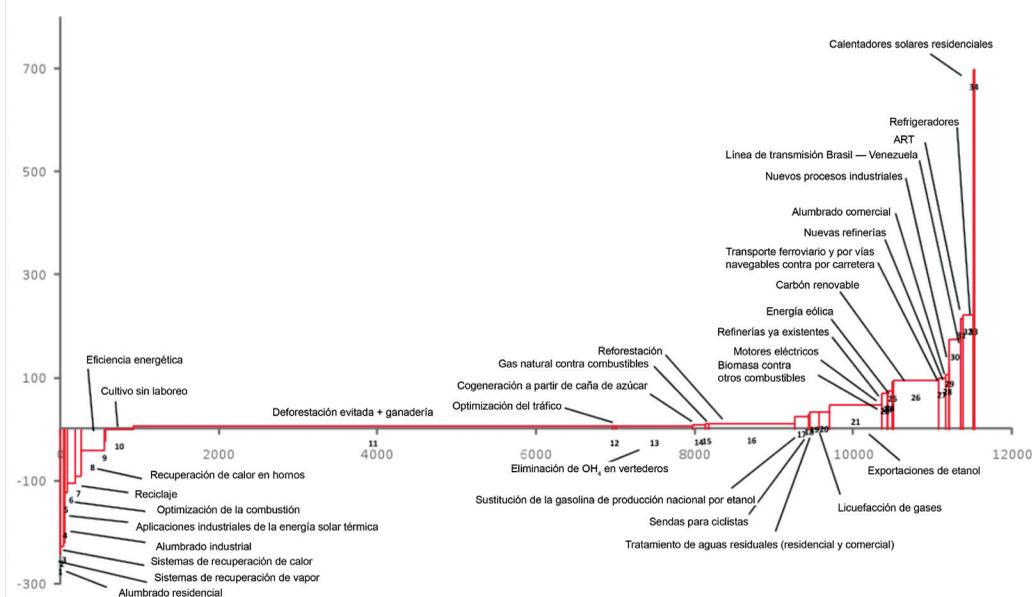
<sup>14</sup> Incluye el costo de la protección de los bosques por un valor de US\$24 000 millones para el período 2010–30.

**Gráfico 8: Curvas de costo marginal de reducción correspondientes a las medidas de mitigación con un CMR inferior a US\$50 por tCO<sub>2</sub>e (tasa de descuento social del 8%)**



Nota: Los precios previstos para el petróleo son los que figuran en el PNE 2030 (un promedio de US\$45 por barril), que son más bajos que los precios actuales (US\$70 por barril), por lo que se requiere un análisis de sensibilidad, en particular para las opciones que evitan el uso de petróleo y gas (por ejemplo, sustitución de la gasolina por bioetanol).

**Gráfico 9: Precio de equilibrio del carbono de las medidas de mitigación y de captura de carbono con un CMR inferior a US\$50**



## RECUADRO 3

### Brasil: Colaboración en el ámbito público

Las actividades iniciales para informar e involucrar a los actores interesados incluyeron una serie de consultas y tres reuniones sobre organización.

**Serie de consultas: de febrero a marzo de 2007.** Se celebraron debates intensivos con unas 60 personas del sector público, el sector privado, el mundo académico y ONG para explicar, ensayar y ajustar el concepto del estudio. Se formaron comités de interesados para trazar el proceso del estudio, incluida la identificación de la información y de las herramientas técnicas más avanzadas, la preparación de un inventario de conocimientos locales actuales, el establecimiento de prioridades para la inversión de recursos y la descripción de los recursos humanos (tanto nacionales como dentro de la comunidad del desarrollo). Se identificaron igualmente los planes oficiales gubernamentales en la materia, así como los sectores con un importante potencial de mitigación (eje para el estudio y límite del proyecto), y dónde se necesitaban estudios complementarios a la luz de la información disponible en esos momentos (información adicional).

**Primera reunión: septiembre de 2007.** En esta reunión se elaboraron los fundamentos del estudio. La reunión tuvo una duración de tres días y en ella participaron entre 60 y 70 personas, incluidos representantes de ONG, diez ministerios gubernamentales y representantes del mundo académico. En ella se determinó que el Gobierno se identificaría con el estudio, se reforzaron las asociaciones con los Ministerio de Relaciones Exteriores, de Ciencia y Tecnología, y de Medio Ambiente, y se estableció que el estudio sería un proceso interactivo que tendría lugar en la esfera pública de Brasil. Durante la reunión, los expertos locales presentaron sus opiniones acerca del diseño del estudio.

**Segunda reunión: abril de 2008.** En un acto de un día de duración, en el que participaron los principales expertos locales, se realizó una presentación al comité especial encargado de elaborar el plan nacional sobre el cambio climático. En esta reunión se recibieron importantes comentarios y se debatió igualmente sobre la inclusión de un escenario sobre el contexto legal, a saber, ¿qué beneficios en materia de mitigación del cambio climático se obtendrían si se aplicara toda la legislación en la materia? Se encargó al equipo que entregara los primeros resultados al comité para que este diese su opinión al respecto.

**Tercera reunión: marzo de 2009.** Se presentaron los resultados obtenidos hasta entonces a representantes de diez ministerios.

**Serie de consultas: de octubre de 2009 a marzo de 2010.** Se llevó a cabo un amplio debate de los pormenores técnicos, los resultados finales y las recomendaciones con representantes de varios ministerios y organismos, que permitió a las autoridades públicas comprenderlos mejor, así como mejorar significativamente las conclusiones.

Adaptado de: *Low Carbon Growth Country Studies—Getting Started: Experience from Six Countries* (Estudios de países sobre crecimiento con bajas emisiones de carbono: Puesta en marcha: Experiencia de seis países). Nota informativa 001/09. Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía.

Este escenario nacional con emisiones bajas de carbono no explora todas las opciones de mitigación posibles ni representa una combinación recomendada. En cambio, estimula el resultado combinado de todas las medidas priorizadas que se examinan en el presente estudio. Debe considerarse como un menú de opciones y no como una recomendación prescriptiva, ya que la economía política puede presentar importantes diferencias entre un sector y otro, o una región y otra, lo que podría provocar que algunas opciones de mitigación que parecen, a primera vista, más costosas sean más fáciles de aprovechar que otras que inicialmente parecían más atractivas desde una óptica económica.

El escenario nacional con reducción de emisiones que se presenta a continuación reduce las emisiones brutas estimadas de GEI en un 37% a lo largo del período

**Cuadro 4: Distribución de las emisiones por sectores en el escenario de referencia y el escenario con emisiones bajas de carbono, 2008–30**

	ESCENARIO DE REFERENCIA, 2008		ESCENARIO DE REFERENCIA, 2030		ESCENARIO CON EMISIONES BAJAS DE CARBONO, 2030	
	(MtCO <sub>2</sub> e)	%	(MtCO <sub>2</sub> e)	%	(MtCO <sub>2</sub> e)	%
Energía	232	18	458	27	297	29
Transporte	149	12	245	14	174	17
Desechos	62	5	99	6	18	2
Deforestación	536	42	533	31	196	19
Ganadería	237	18	272	16	249	24
Agricultura	72	6	111	6	89	9
<b>Total</b>	<b>1 288</b>	<b>100</b>	<b>1 718</b>	<b>100</b>	<b>1 023</b>	<b>100</b>
Captura de carbono	-29	(2)	-21	(1)	-213	(21)

de proyección 2010–30 respecto al escenario de referencia<sup>15</sup>, con lo que se evitaría la emisión de más de 11 100 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e. Las emisiones brutas previstas para 2030 son un 40% más bajas en el escenario con emisiones bajas de carbono (1023 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e anuales) que en el escenario de referencia (1718 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e anuales) y un 20% más bajas que el total de emisiones en 2008 (1288 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e anuales; cuadro 4; gráfico 10).

Se observó que las medidas encaminadas a reducir la deforestación y a aumentar la captura de carbono son las más efectivas para reducir las emisiones en el escenario con emisiones bajas de carbono. La deforestación podría reducirse en más del 80% para 2017 respecto al promedio del período 1996–2005, lo que aseguraría que Brasil cumpliera su reciente compromiso voluntario de reducir tanto la deforestación como las emisiones nacionales. La creación de plantaciones forestales y la recuperación de las reservas legales podría secuestrar el equivalente al 16% de las emisiones del escenario de referencia en 2030 (213 MtCO<sub>2</sub>e anuales)<sup>16</sup>.

En los sectores de la energía y el transporte resulta más difícil reducir las emisiones debido a que ya se encuentran por debajo de los niveles internacionales. Debido a ello, el porcentaje relativo de estos sectores en las emisiones nacionales aumenta más en el escenario con emisiones bajas de carbono que en el escenario de referencia (gráfico 11).

## FINANCIAMIENTO

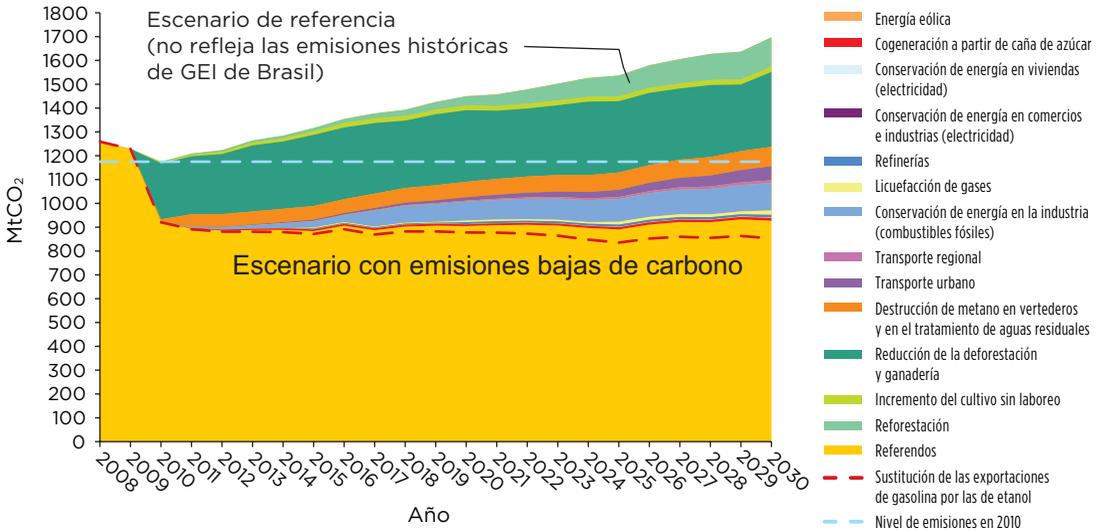
Aparte de los incentivos financieros anteriormente expuestos, la inversión necesaria para utilizar las opciones de reducción de emisiones de carbono equivaldría a más del doble de las inversiones previstas en el escenario de referencia, es decir, US\$725 000 millones en términos reales en comparación con US\$336 000 millones a lo largo del período 2010–30. De esta cantidad, el sector energético necesitaría US\$344 000 millones; el sector de uso del suelo y cambio del uso del suelo requeriría US\$157 000 millones, y serían necesarios US\$141 000 millones para el transporte y US\$84 000 millones para la gestión de desechos (cuadro 5). En total, esta cifra representa un promedio de US\$20 000 millones para inversiones anuales adicionales, que equivale a menos del 10% de las inversiones nacionales en 2008 (aproximadamente un 19% del PIB<sup>17</sup>), a menos de la mitad de los US\$42 000 millones en préstamos que el Banco Brasileño de Desarrollo desembolsó en 2008, y a dos terceras partes de los US\$30 000 millones de la inversión extranjera directa en 2008.

<sup>15</sup> Véase la nota 4.

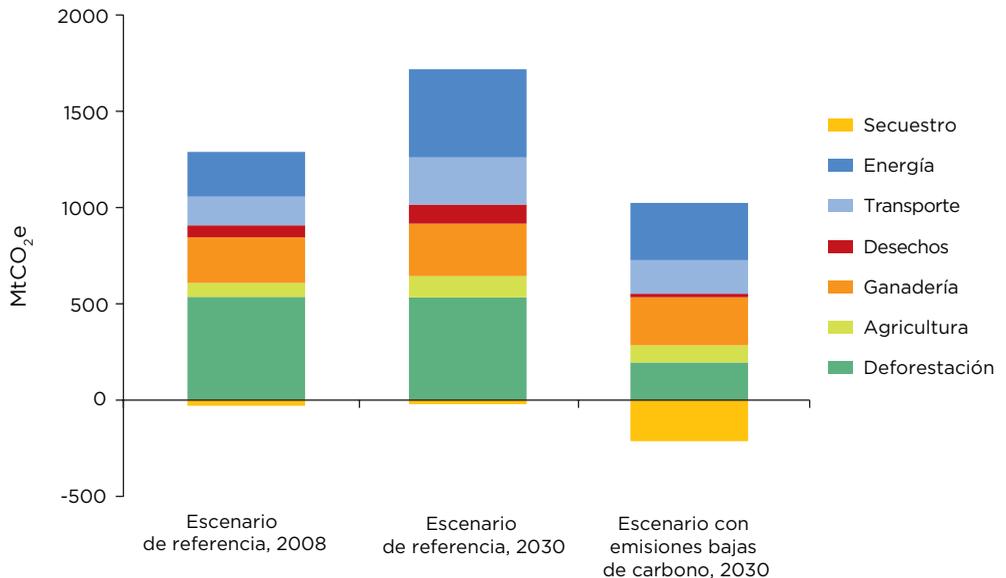
<sup>16</sup> Si se incluyera la captura de carbono producida por el rebrote natural de los bosques degradados, la captura potencial aumentaría, en promedio, 112 MtCO<sub>2</sub> al año, lo que reduciría las emisiones netas.

<sup>17</sup> Con un PIB de US\$1573 billones según el *World Factbook* de la CIA.

**Gráfico 10: Iniciativas para la mitigación de GEI en el escenario con emisiones bajas de carbono, 2008-30**



**Gráfico 11: Comparación de las emisiones brutas por sectores en el escenario de referencia y en el escenario con emisiones bajas de carbono, 2008-30**



Se necesitarán inversiones públicas y privadas para hacer realidad tanto el escenario de referencia como el escenario con emisiones bajas de carbono. En ambos escenarios, los sectores del transporte y de la gestión de desechos requieren inversiones del sector privado superiores a las actuales, en tanto que el sector energético sigue beneficiándose de una importante participación del sector público. En el caso del sector de uso del suelo, será necesaria la intervención del sector público para reducir las emisiones provocadas por la deforestación, si bien en forma de fondos especiales, como el Fondo para la Amazonia, y para el cumplimiento de la ley, mientras que el aumento de la productividad ganadera dependerá de un mayor acceso al financiamiento tanto del sector público como del privado. Para promover la restauración de los bosques en cumplimiento de

**Cuadro 5: Comparación de las necesidades de inversión por sectores del escenario de referencia y el escenario con emisiones bajas de carbono, 2010–30**

SECTOR/MEDIDA DE REDUCCIÓN	POTENCIAL DE REDUCCIÓN (MtCO <sub>2</sub> e)	POTENCIAL DE REDUCCIÓN ANUAL (MtCO <sub>2</sub> e)	INVERSIÓN – ESCENARIO DE REFERENCIA (MILES DE MILLONES DE DÓLARES ESTADOUNIDENSES)	INVERSIÓN – ESCENARIO CON EMISIONES BAJAS DE CARBONO (MILES DE MILLONES DE DÓLARES ESTADOUNIDENSES)	DIFERENCIAL DE INVERSIÓN EN LA REDUCCIÓN DE EMISIONES (MILES DE MILLONES DE DÓLARES ESTADOUNIDENSES)	DIFERENCIAL ANUAL (MILES DE MILLONES DE DÓLARES ESTADOUNIDENSES)
<b>Uso del suelo y cambio del uso del suelo</b>						
Reforestación	1085	52	-	54,140	54,140	2,578
Incremento del cultivo de cero labranza	355	17	0,215	0,153	(0,062)	(0,003)
Deforestación evitada más ganadería	6041	288	41,845	102,420	60,575	2,885
<b>Total del sector de uso del suelo y cambio del uso del suelo</b>	<b>7481</b>	<b>356</b>	<b>42,060</b>	<b>156,713</b>	<b>114,653</b>	<b>5,460</b>
<b>Energía</b>						
<i>Generación de electricidad</i>						
Línea de transmisión (Brasil-Venezuela)	28	1	1,676	0,455	(1,221)	(0,058)
Cogeneración a partir de caña de azúcar	158	8	16,756	52,264	35,508	1,691
Energía eólica	19	1	4,287	12,898	8,611	0,410
<i>Conservación de electricidad</i>						
Calentadores solares residenciales	3	0	3,439	4,605	1,166	0,056
Alumbrado residencial	3	0	0,903	1,197	0,294	0,014
Refrigeradores (aire acondicionado)	10	0	42,734	48,785	6,051	0,288
Alumbrado comercial	1	0	0,265	0,748	0,483	0,023
Motores eléctricos	2	0	3,399	4,601	1,202	0,057
Alumbrado industrial	1	0	0,108	0,286	0,178	0,008
Reciclaje	75	4	-	0,249	0,249	0,012
<i>Producción de combustibles fósiles</i>						
Licuefacción de gases	128	6	2,310	6,986	4,676	0,223
Nuevas refinerías	52	2	116,753	120,908	4,155	0,198
Refinerías ya existentes (integración de energía)	52	2	-	4,028	4,028	0,192
Refinerías ya existentes (control de incrustaciones)	7	0	-	-	-	-
Refinerías ya existentes (controles avanzados)	7	0	-	1,492	1,492	0,071
<i>Conservación de combustibles fósiles</i>						
Optimización de la combustión	105	5	-	2,215	2,215	0,105
Sistemas de recuperación de calor	19	1	-	0,323	0,323	0,015
Sistemas de recuperación de vapor	37	2	-	0,819	0,819	0,039
Sistemas de recuperación de calor en hornos	283	13	-	8,074	8,074	0,384
Nuevos procesos industriales	135	6	-	37,995	37,995	1,809
Otras medidas de eficiencia energética	18	1	-	0,827	0,827	0,039
<i>Sustitución de combustibles fósiles</i>						
Energía solar térmica	26	1	-	1,482	1,482	0,071
Sustitución de carbón no renovable por carbón renovable	567	27	-	8,794	8,794	0,419
Sustitución de otros combustibles por gas natural	44	2	-	4,088	4,088	0,195
Sustitución de las exportaciones de gasolina por las de etanol	667	32	3,817	19,680	15,863	0,755
<b>Total del sector energético</b>	<b>2447</b>	<b>117</b>	<b>196,447</b>	<b>343,799</b>	<b>147,352</b>	<b>7,017</b>
<b>Transporte</b>						
<i>Regional</i>						
Sustitución de la gasolina de producción nacional por etanol	176	8	9,992	20,158	10,166	0,484
Inversión en vías ferroviarias y navegables contra carreteras	63	3	32,074	41,707	9,633	0,459
Tren de alta velocidad (São Paulo-Rio de Janeiro)	12	1	-	28,759	28,759	1,369
<i>Urbano</i>						
Metro y autobuses de tránsito rápido (ART)	174	8	6,562	49,182	42,620	2,030
Optimización del tráfico	45	2	-	1,050	1,050	0,050
Inversión en sendas para ciclistas	17	1	-	0,303	0,303	0,014
<b>Total del sector del transporte</b>	<b>487</b>	<b>23</b>	<b>48,628</b>	<b>141,159</b>	<b>92,531</b>	<b>4,406</b>
<b>Gestión de desechos</b>						
Dstrucción de metano en vertederos	963	46	1,984	5,687	3,703	0,176
Tratamiento de aguas residuales y destrucción de metano (residencial y comercial)	116	6	40,075	41,678	1,603	0,076
Tratamiento de aguas residuales y destrucción de metano (industrial)	238	11	7,314	36,569	29,255	1,393
<b>Total del sector de gestión de desechos</b>	<b>1317</b>	<b>63</b>	<b>49,373</b>	<b>83,934</b>	<b>34,561</b>	<b>1,646</b>
<b>Total</b>	<b>11 732</b>	<b>559</b>	<b>336,508</b>	<b>725,605</b>	<b>389,097</b>	<b>18,528</b>

Nota: No incluye aire acondicionado ni ATR solos.

la Ley de Reservas Legales será necesario que el sector público aplique mejor la legislación así como una posible mayor participación del sector privado.

Se necesitarían incentivos para movilizar las inversiones del sector privado en torno a medidas dirigidas a reducir las emisiones de carbono. En promedio, el sector del transporte necesita la mayor cantidad de incentivos anuales (aproximadamente US\$9000 millones) en comparación con el sector energético (US\$7000 millones), el sector de los desechos (US\$3000 millones) y el sector de uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales (US\$2000 millones; gráficos 12 y 13). La mayoría de las medidas de eficiencia energética no necesitarían incentivos adicionales. Se requerirían instrumentos de financiamiento específicos y nuevas fuentes de financiamiento para aplicar con éxito las medidas de reducción de las emisiones de carbono.

## RETOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación del escenario nacional con emisiones bajas de carbono se enfrenta a diversos problemas.

**Uso del suelo y cambio del uso del suelo.** Es necesario prestar especial atención a cuatro problemas y sectores principales:

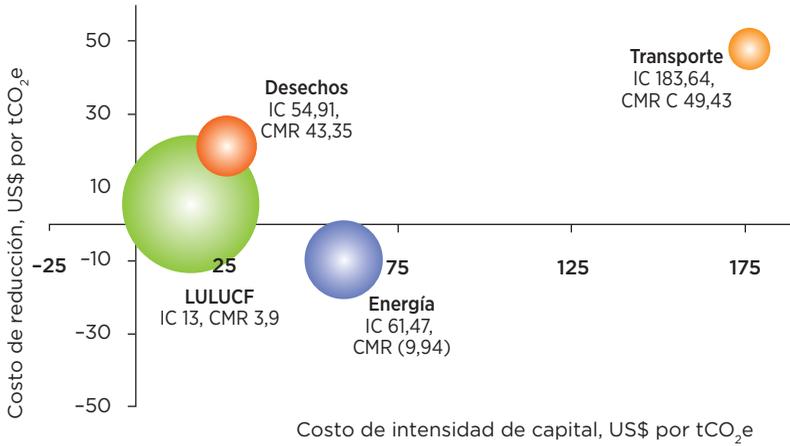
- Los *sistemas de producción de la ganadería* requieren grandes cantidades de capital en la fase de inversión y como capital de trabajo. Los agricultores y el sistema bancario necesitan incentivos financieros y condiciones de crédito más flexibles para aplicar el escenario con emisiones bajas de carbono. Una estimación aproximada del volumen de incentivos necesarios sería de US\$1600 millones al año, es decir, US\$34 000 millones en el período 2010–30.
- Los *servicios de extensión* requieren un desarrollo intensivo.
- *Efecto de rebote.* La mejora de la productividad ganadera podría generar un incremento en la producción de carne y la conversión de una mayor superficie de bosques naturales en pastos. Este riesgo es particularmente alto en aquellas zonas en que se construyen o pavimentan carreteras. Los incentivos deben ser selectivos, sobre todo en la región de la Amazonia. Es preciso que sean establecidos con claridad sobre la base de un título de propiedad de la tierra válido y con referencias geográficas, y contemplar condiciones para la conversión de tierras.
- *Fuga de carbono.* Por ejemplo, la replantación de bosques en virtud de la Ley de Reservas Legales eliminaría una gran cantidad de CO<sub>2</sub> de la atmósfera, pero esas superficies no estarían disponibles para otras actividades. Por lo tanto, es necesario liberar una cantidad de pastos adicional equivalente para evitar que se reduzca la producción o que se destruyan bosques naturales en otros lugares. La obligación legal más flexible de constituir reservas forestales podría facilitar el logro del objetivo consistente en realizar todas las actividades de la agricultura, la ganadería y la silvicultura sin deforestación, pero también podría suponer una menor captura de carbono.

**Energía.** Será necesario realizar grandes esfuerzos para aplicar las medidas contempladas en el escenario de referencia y en el escenario con emisiones bajas de carbono:

- *Generación.* El PNE 2030 prevé que la energía hidroeléctrica representará más del 70% de la producción de electricidad en 2030, por lo que la capacidad de generación hidroeléctrica deberá aumentar a un ritmo sin precedentes. El proceso de concesión de licencias medioambientales ha limitado la participación de la energía hidroeléctrica en las nuevas subastas de concesiones de generación de energía, lo que ha provocado el aumento de la generación a partir de combustibles fósiles. Es necesario mejorar los procesos de concesión de licencias<sup>18</sup>.

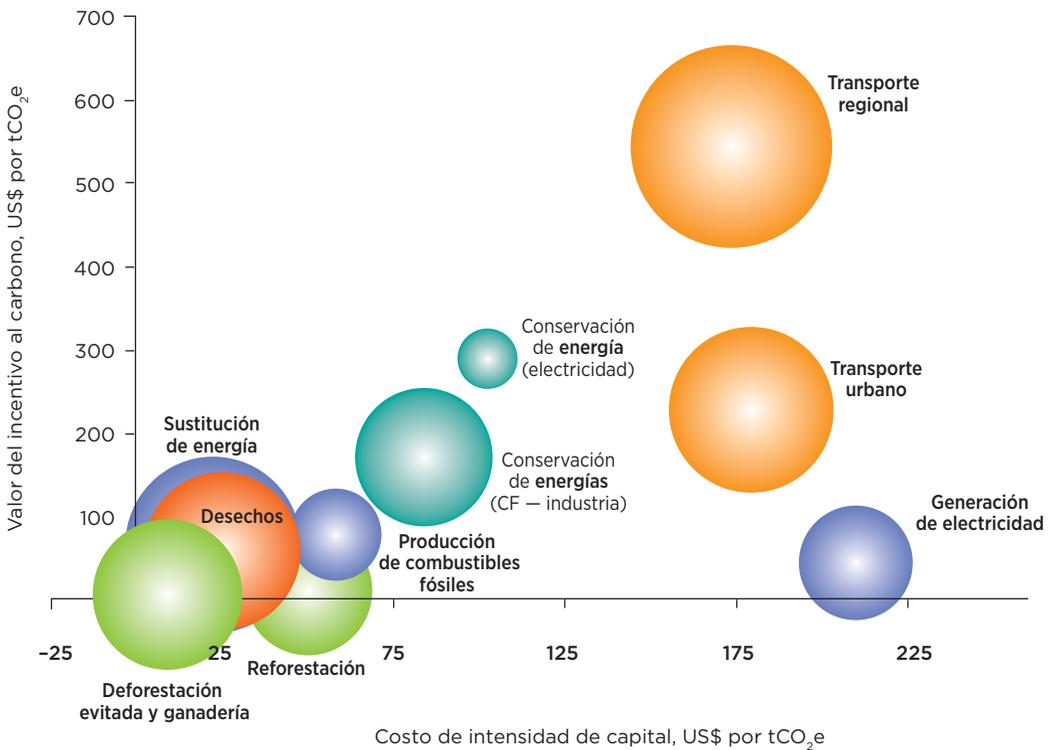
<sup>18</sup> Véase “Environmental Licensing for Hydroelectric Projects in Brazil: A Contribution to the Debate” (Licencias medioambientales para proyectos hidroeléctricos en Brasil: Una contribución al debate), informe resumido. Unidad de Gestión del Banco Mundial, 28 de marzo de 2008.

**Gráfico 12: Evaluación de los costos marginales de reducción, de la intensidad de capital (IC) y del potencial de reducción de emisiones por sectores**



Nota: el tamaño de la burbuja corresponde a la cantidad de emisiones evitadas.

**Gráfico 13: Evaluación de los incentivos necesarios y de la intensidad de capital por subsectores**



Nota: el tamaño de la burbuja corresponde a la suma del incentivo anual y del aumento anual necesario de las inversiones en US\$.

- *Transmisión.* El principal obstáculo para la cogeneración a partir de bagazo y para la producción de energía eólica es el costo de la interconexión con la red de subtransmisión, que en ocasiones se encuentra lejos o tiene una capacidad limitada. Si la totalidad de este costo continúa a cargo de los ingenios respectivos y de los promotores de parques eólicos, es probable que la contribución de la cogeneración y de la energía eólica siga siendo reducida, lo que daría pie a la entrada de un mayor número de alternativas que usan combustibles fósiles. La pregunta clave es cómo financiar la conexión necesaria a la red. Un programa ambicioso de desarrollo de redes inteligentes ayudaría a optimizar la exploración de este prometedor potencial de generación con bajas emisiones de carbono que, sin embargo, se encuentra muy esparcido.
- *Eficiencia energética.* Se han logrado avances en la implementación de la legislación sobre eficiencia energética, y varios mecanismos vigentes abordan las necesidades de todos los grupos de consumidores (por ejemplo, PROCEL, CONPET y las subastas planificadas de la EPE). Estas iniciativas ofrecen la posibilidad de crear un mercado sostenible para la eficiencia energética. Los principales problemas que deben resolverse son las distorsiones de precios que eliminan los incentivos para conservar la energía y la separación de los esfuerzos de eficiencia energética de las empresas eléctricas y de petróleo y gas. La coordinación institucional podría mejorar mediante la creación de un comité encargado de la elaboración de ambos programas.

**Transporte.** Los principales problemas para el transporte urbano giran en torno a las limitaciones de financiamiento y la coordinación institucional. Más de 5000 municipios administran de forma autónoma los sistemas de transporte, lo que dificulta la armonización de planes y políticas a escala nacional, y los sistemas urbanos de transporte colectivo requieren grandes cantidades de capital. Las alianzas entre el sector público y el privado podrían ser una opción para superar las limitaciones de financiamiento.

Es necesario mejorar la integración y las alianzas entre los concesionarios de ferrocarriles y entre los concesionarios y la administración pública (incluidas las autoridades reguladoras) para promover medidas de transporte regional. La mayoría de los modos de transporte son operados por el sector privado y se requieren ayudas públicas para una integración eficiente y para construir nuevas infraestructuras y terminales. Se requiere una planificación y una asignación de recursos adecuadas, así como medidas para facilitar el financiamiento de las grandes inversiones a fin de construir y adaptar proyectos de transferencia intermodal y reducir los efectos negativos (por ejemplo, al construir nuevas carreteras en la selva amazónica).

El principal problema para pasar de la gasolina al bioetanol consiste en alinear las señales de los precios de mercado, ya que la mayoría de los automóviles nuevos fabricados en Brasil pueden funcionar con diferentes combustibles. Es necesario concebir y aplicar un mecanismo financiero que absorba los cambios bruscos de los precios del petróleo y mantenga el atractivo del etanol para los propietarios de vehículos.

**Gestión de desechos.** Las complejidades institucionales y las estructuras descentralizadas hacen que sea más difícil obtener grandes recursos financieros. Se requiere una coordinación entre los municipios, una normativa clara y alianzas entre el sector público y el privado, así como mantener los incentivos basados en las emisiones de carbono para la recuperación y uso de los gases de vertederos a fin de incrementar la recogida, el tratamiento y la eliminación de desechos, y evitar emisiones.

Brasil brinda importantes oportunidades para reducir las emisiones de GEI y almacenar carbono, por lo que es un actor clave para hacer frente al cambio climático. El *Estudio de caso sobre desarrollo con bajas emisiones de carbono en Brasil* propone medidas técnicamente viables para reducir el total de emisiones de GEI. No obstante, la implementación de las medidas propuestas requeriría grandes inversiones e incentivos, que podrían superar la respuesta estrictamente nacional y precisar de ayudas financieras internacionales. Asimismo, los mecanismos de mercado no serían suficientes para que Brasil pueda aprovechar plenamente sus oportunidades para reducir las emisiones de GEI. Las políticas y la planificación públicas revestirían una importancia fundamental, y deberían girar en torno a la gestión de la competencia por las tierras y la protección de los bosques.



## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

ART	Autobuses de tránsito rápido
BLUM	'Brazil Land Use Model' (Modelo Brasileño de Uso del Suelo)
C	Carbono
Ce	Carbono equivalente
CETESB	Empresa de Tecnología de Saneamiento Medioambiental del Estado de São Paulo ( <i>Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental</i> )
CH <sub>4</sub>	Metano
CMR	Costo marginal de reducción
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO <sub>2</sub> e	Dióxido de carbono equivalente
CONPET	Programa Nacional de Racionalización de los Derivados del Petróleo y del Gas Natural ( <i>Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural</i> )
COPERT	Modelo para calcular las emisiones de contaminantes atmosféricos del transporte por carretera
COPPE	Coordinación de Programas de Posgrado de Ingeniería
EMBRAPA	Empresa Brasileña de Investigación Agrícola ( <i>Empresa Brasileira de Pesquisa Agrícola</i> )
EPE	Empresa de Planificación Energética ( <i>Empresa de Planejamento Energético</i> )
ESMAP	Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de la Energía
GEI	Gases de efecto invernadero
HFC	Hidrofluorocarbonos
INPE	Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales ( <i>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais</i> )
INT	Instituto Nacional de Tecnología ( <i>Instituto Nacional de Tecnologia</i> )
km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
MAED	Modelo para analizar la demanda de energía
MESSAGE	Modelo para optimizar ingeniería de sistemas
Mt	Millones de toneladas
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
PFC	Perfluorocarbono
PIB	Producto interno bruto
PNE	Plan Nacional de Energía ( <i>Plano Nacional de Energia</i> )
PNMC	Plan Nacional sobre el Cambio Climático ( <i>Plano Nacional sobre Mudança do Clima</i> )
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PPP	Alianzas entre el sector público y el privado
PROCEL	Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica ( <i>Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica</i> )
SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de azufre
SIM Brazil	Simulate Brazil
t	Toneladas
TRANSCAD	Modelo de planificación y demanda de desplazamientos
UFMG	Universidad Federal de Minas Gerais ( <i>Universidade Federal de Minas Gerais</i> )
UNICAMP	Universidad del Estado de Campinas
US\$	Dólares estadounidenses
USP	Universidad de São Paulo
UTCUTS	Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura

### **Fotografías**

Cubierta: iStockphoto

Página 5: stock.xchnG

Página 6: Yosef Hadar / Banco Mundial

Página 10: stock.xchnG

Página 15: stock.xchnG

Página 27: stock.xchnG

### **Créditos de producción**

Diseño: Naylor Design, Inc.

Producción: Automated Graphic Systems, Inc.

Copyright © junio de 2010

Banco Internacional de Reconstrucción

y Fomento/GRUPO DEL BANCO MUNDIAL

1818 H Street, NW, Washington, DC 20433, EE. UU.

El texto de la presente publicación puede reproducirse en su totalidad o en parte y de cualquier forma con fines educativos o no lucrativos, sin permiso especial, siempre que se cite la fuente. Las solicitudes para reproducir partes de esta publicación para su reventa o con fines comerciales deberán enviarse al Director del ESMAP a la dirección que figura más arriba. El ESMAP recomienda la difusión de sus obras y normalmente concede este permiso rápidamente. El Director del ESMAP agradecería que se le enviara un ejemplar de la publicación que utilice como fuente el presente texto, a la dirección que figura más arriba.

Todas las imágenes son propiedad exclusiva de la fuente y no pueden ser utilizadas con ningún fin sin la autorización escrita de esta.

El Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía (ESMAP) es un programa mundial de asistencia técnica y de conocimientos, administrado por el Banco Mundial, que ayuda a los países de ingresos bajos y medianos a aumentar sus conocimientos aplicados y su capacidad institucional para encontrar soluciones energéticas sostenibles para el medio ambiente, a fin de lograr la reducción de la pobreza y el crecimiento económico.

Para obtener más información sobre el Programa de Estudios de Países sobre Crecimiento con Bajas Emisiones de Carbono o sobre los trabajos del ESMAP en el ámbito del cambio climático, visite nuestra página web en [www.es-map.org](http://www.es-map.org), o escribanos a:



Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía  
Banco Mundial  
1818 H Street, NW  
Washington, DC 20433, EE. UU.  
Correo electrónico: [esmap@worldbank.org](mailto:esmap@worldbank.org)  
Página web: [www.esmpa.org](http://www.esmpa.org)

El principal objetivo del Programa CF-Assist es contribuir para que los países en desarrollo y las economías en transición puedan participar plenamente en los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto y beneficiarse del desarrollo sostenible asociado a dichos proyectos.

CF-Assist co-auspicia el programa de capacitación y diseminación del Programa "Low Carbon Growth Country Studies".



Carbon Finance-Assist Program  
World Bank Institute  
1818 H Street, NW  
Washington, DC 20433, EE. UU.  
Correo electrónico: [cfassist@worldbank.org](mailto:cfassist@worldbank.org)  
Página web: [www.cfassist.org](http://www.cfassist.org)