

Desarrollo con bajas emisiones de carbono para México

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

LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO A TRAVÉS DEL DESARROLLO



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

ÍNDICE

El desarrollo con bajas emisiones de carbono es posible para México **1**

Opciones de mitigación para México **2**

Un escenario con bajas emisiones de carbono para México **13**

Abreviaturas y acrónimos **20**

La mitigación del cambio climático en México

EL DESARROLLO CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO ES POSIBLE PARA MÉXICO

México cuenta con el potencial para avanzar rápidamente hacia un futuro con bajas emisiones de carbono. Actualmente existe un gran número de medidas costo-efectivas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), tales como las intervenciones en el ámbito de la eficiencia energética y el transporte sostenible que se están ejecutando en México. Al mismo tiempo, existen obstáculos para ampliar muchas intervenciones con bajo nivel de carbono, que van desde lagunas de información hasta barreras reguladoras. Mediante la implementación de intervenciones selectivas, México puede beneficiar a su economía nacional, demostrando al mundo la importancia del desarrollo con bajas emisiones de carbono para evitar los efectos negativos del cambio climático.

México es el mayor consumidor de combustibles fósiles de América Latina. La mayoría de las emisiones de GEI de México proceden de la producción y el consumo de energía. El estudio *Desarrollo con bajas emisiones de carbono para México* proporciona un análisis de cómo ese país podría reducir de manera significativa sus emisiones de GEI sin perjudicar el crecimiento económico (recuadro 1). Más allá de México, el informe ofrece unas lecciones útiles sobre intervenciones de bajo costo que se han implementado satisfactoriamente tanto en países industrializados como en países en vías de desarrollo. Con el cambio climático ocupando el centro de la política mundial, el desarrollo con bajas emisiones de carbono es una opción que debe ser tomada en cuenta por los países en desarrollo y los países de ingreso mediano como México.

El cambio climático es un componente central de la política nacional de desarrollo de México, tal como se establece en la Estrategia Nacional de Cambio Climático de 2007, que describe los objetivos de mitigación y adaptación a mediano y largo plazo. México ha adoptado una postura de compromiso para la reducción de las emisiones de GEI, tal como se desprende de los objetivos que anunció en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático celebrada en Poznan (Polonia) en 2008, y su recientemente publicado Programa Especial de Cambio Climático, que establece un amplio programa para abordar este problema.

Este resumen destaca las principales conclusiones del estudio *Desarrollo con bajas emisiones de carbono para México*. Específicamente, este documento presenta la lógica del crecimiento con bajas emisiones de carbono dentro de los objetivos y prioridades de desarrollo del país, las oportunidades de mitigación de las emisiones de GEI, y los costos y beneficios adicionales del crecimiento con bajas emisiones de carbono.

RECUADRO 1 | Puesta en marcha

México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC)¹ se elaboró durante dos años en base a un estudio realizado por el Banco Mundial para el Gobierno de México, con la ayuda del Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía (ESMAP por sus siglas en inglés). En dicho estudio se evalúa el potencial de reducción de las emisiones de GEI en México durante las próximas décadas. Se utilizó una metodología común para evaluar las intervenciones con bajas emisiones de carbono en los principales sectores de emisión. En base a estas intervenciones se desarrolló un escenario de bajas emisiones de carbono hasta el año 2030. El análisis se presenta mediante cuadros y gráficos de fácil manejo, y notas organizadas en capítulos de acuerdo con los principales sectores emisores de carbono, lo que permite una rápida visión general de las cuestiones prioritarias.

Este volumen es el trabajo de un equipo internacional de economistas e investigadores. Ha sido elaborado por Todd M. Johnson, especialista en energía del Departamento de Desarrollo Sostenible de la Región de América Latina y el Caribe; Claudio Alatorre, consultor especialista en programas de transición energética; Zayra Romo, especialista en electricidad de la Unidad de Energía de la región de África, y Feng Liu, especialista en energía del Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de Energía.

Edición rústica en español 7 x 10

Enero de 2010 | Banco Mundial

ISBN: 0-8213-8122-9 | ISBN-13: 978-0-8213-8122-9

¹ Johnson, T. M., C. Alatorre, Z. Romo, y F. Liu. 2010. *México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono* (MEDEC). Banco Mundial, Washington, DC.

OPCIONES DE MITIGACIÓN PARA MÉXICO

Las actuales emisiones de GEI y tendencias en México indican un futuro potencial de reducción. El consumo de energía domina actualmente las emisiones de GEI de México, y representa el 61% de dichas emisiones en 2002, seguido por el uso del suelo, actividades forestales y la agricultura (21%) y los desechos sólidos y líquidos (10%; gráfico 1).

El estudio *Desarrollo con bajas emisiones de carbono para México* evalúa las intervenciones con bajas emisiones de carbono en cinco sectores principales:

- **Energía eléctrica:** producción y distribución de electricidad.
- **Petróleo y gas:** extracción, procesamiento y distribución de petróleo y gas.
- **Uso final de la energía:** potencial de eficiencia energética en las industrias de fabricación y construcción, y los sectores residenciales, comerciales y en el sector público.
- **Transporte:** principalmente el transporte por carretera.
- **Agricultura y actividades forestales:** cultivos y producción de madera, gestión forestal y energía de biomasa.

Este estudio utiliza un análisis de costos para examinar las intervenciones proyectadas hasta 2030 y también estudia los cambios inmediatos que pueden introducirse y estar operativos en un plazo de 5 a 10 años (recuadro 2).

RECUADRO 2 | Análisis de las intervenciones con bajas emisiones de carbono de México: criterios para priorizar las opciones

En **México** se han identificado 40 medidas de mitigación prioritarias a corto plazo, utilizando 3 criterios principales para categorizar las opciones hasta 2030:

1. *Potencial de reducción de las emisiones de CO₂*. Una intervención debe generar una reducción de emisiones de por lo menos 5 millones de toneladas de CO₂ equivalente (CO₂e) desde 2009 hasta 2030.
2. *Bajo costo por tonelada de CO₂e reducida*. Solo se tuvieron en cuenta las intervenciones con tasas de rendimiento económicas y sociales positivas (a una tasa de descuento o costo de capital determinados) y las intervenciones con un costo de reducción menor a US\$25 por tonelada de CO₂e reducida. Las intervenciones con beneficios netos positivos son medidas "útiles en todo caso", ya que los beneficios económicos y financieros cubren con creces los costos.
3. *Viabilidad de la aplicación*. Determinada por expertos sectoriales que tuvieron en consideración el potencial técnico, el desarrollo del mercado y las necesidades institucionales, así como por funcionarios gubernamentales que consideraron la viabilidad política e institucional de aplicar las intervenciones a mayor escala en el ámbito económico. Antes de aprobar una intervención, tendrá lugar un debate público con expertos sectoriales, funcionarios gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil. Todas las intervenciones seleccionadas ya se han implementado, al menos como proyecto piloto, en México o en otros países con condiciones similares. Algunas intervenciones afrontan obstáculos a corto plazo (en los próximos cinco años), pero se considera que estos obstáculos se pueden superar a mediano plazo.

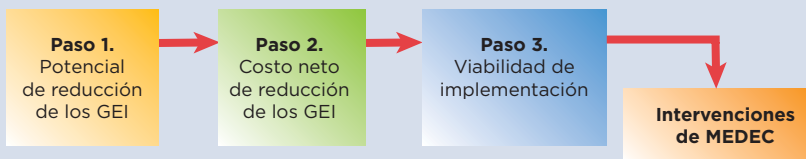
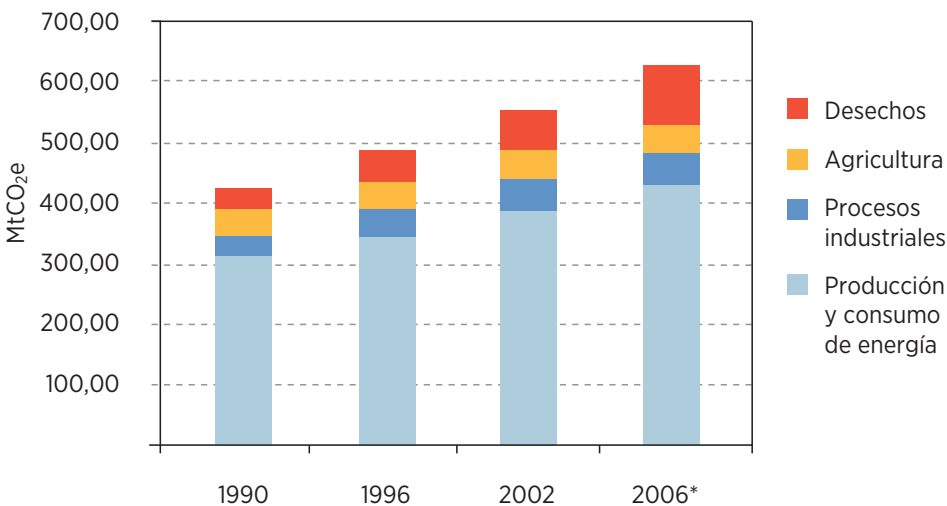


Gráfico 1: Inventario de emisiones de GEI de México, 1990, 1996, 2002 y 2006*, sin incluir el uso del suelo, cambio del uso del suelo y actividades forestales



Fuente: Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero 1990-2002

*Datos preliminares del Instituto Nacional de Ecología

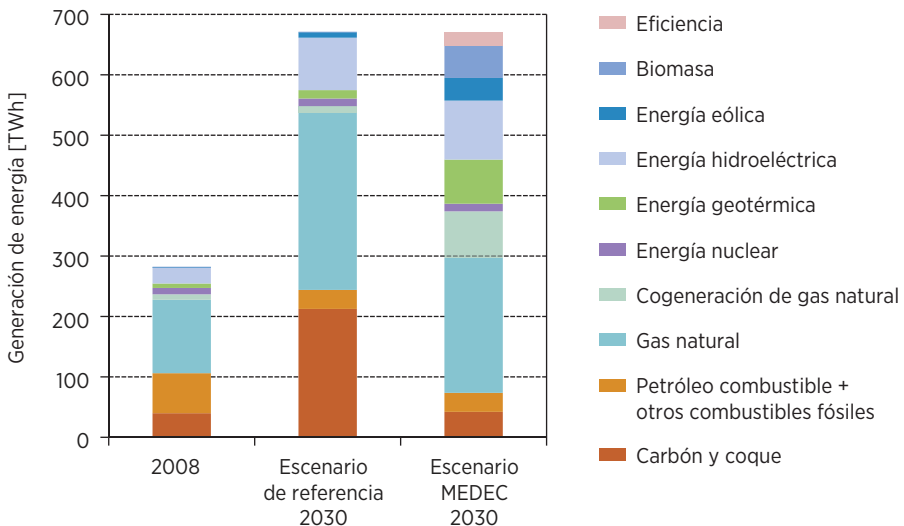
Energía eléctrica | Eficiencia del suministro y energía renovable

En las últimas décadas, la demanda de energía eléctrica ha aumentado más rápidamente que el producto interno bruto (PIB) y es probable que continúe aumentando en el futuro inmediato con un crecimiento asociado del uso de la electricidad en toda la economía. En un escenario de referencia (sin actividades de mitigación adicionales), las emisiones totales de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) procedentes de la generación de energía aumentarían un 230% entre 2008 y 2030 —de 138 a 312 MtCO₂e— para poder atender la creciente demanda de energía. En este escenario, el uso de la generación de energía por combustión de combustibles fósiles aumentaría —porque tiene un menor costo, sin tomar en consideración las externalidades ambientales globales—; el carbón representaría el 37% de la nueva capacidad instalada, y el gas natural el 25%.

Si el costo neto del CO₂e se fija en US\$10/t, otras tecnologías energéticas de bajo nivel de emisión de carbono —pequeñas centrales hidroeléctricas, energía eólica, de biomasa, geotérmica, cogeneración— podrían reemplazar gran parte de la generación a base de combustibles fósiles, principalmente el carbón, pero también el gas natural, en el escenario de referencia. En ese caso, la generación de energía sería muy diferente en 2030 (gráfico 2). En el escenario con reducción de emisiones de carbono, la cogeneración (es decir, la generación combinada de calor y electricidad en la misma instalación) puede proporcionar el 13% de la nueva capacidad de energía eléctrica a un costo neto¹ inferior al actual costo marginal de generación de energía de México.

La expansión de la energía renovable y la eficiencia energética en el sector eléctrico requiere cambios en la política energética (cuadro 1). Por ejemplo, el costo de la generación de energía eólica figura entre los más bajos del mundo debido a los recursos eólicos de alta calidad que se encuentran en el Istmo de Tehuantepec. Lamentablemente, unos precios de planificación excesivamente bajos, la falta de reconocimiento del efecto de cartera en la planificación energética y ciertas limitaciones en los procedimientos de contratación perjudican el desarrollo de los proyectos de energía eólica y otros proyectos de energía renovable.

Gráfico 2: Generación de energía en 2030: escenario de referencia frente a escenario con reducción de emisiones de carbono (MEDEC)



¹ Los costos se calcularon comparando los costos netos (incluidos los costos de capital, energía, operaciones y mantenimiento) de cada tecnología de baja emisión de carbono con los costos del carbón desplazado y la capacidad del gas natural.



SEGUROS

CENTRO

SE BENTAN
RESPACHOS

B

Cuadro 1: Obstáculos para el desarrollo con bajas emisiones de carbono en el sector eléctrico mexicano

| OBSTÁCULOS | MEDIDAS CORRECTIVAS |
|---|---|
| PROYECTOS A GRAN ESCALA | |
| La planificación del sector eléctrico se basa en proyecciones con bajos precios de los combustibles | Utilizar proyecciones de precio de los combustibles adecuadas para la planificación del sector eléctrico (no necesariamente las mismas proyecciones utilizadas para la planificación de inversiones en el sector del petróleo) |
| La planificación del sector eléctrico busca la tecnología de menor costo y no toma en consideración el enfoque de la cartera o portafolio de generación de electricidad | Modificar los procedimientos de planificación para evaluar y tomar en consideración, además de los costos, los riesgos de inestabilidad asociados a las diferentes tecnologías, y reducir al mínimo el riesgo global y el costo de la cartera a largo plazo |
| La planificación del sector eléctrico no tiene en cuenta los costos de las infraestructuras externas de la central y los co-beneficios | Incluir otros beneficios, como las externalidades ambientales locales, todos los costos de infraestructura (por ejemplo, puertos, tuberías, líneas de transmisión) y los posibles ingresos por la mitigación de emisiones de carbono |
| Solo los proyectos a gran escala pueden participar en procesos de licitación | Permitir que los proyectos de energía renovable y cogeneración a pequeña escala ofrezcan una capacidad parcial en los procesos de licitación |
| Conflictos sociales con respecto a los grandes proyectos hidroeléctricos | Definir mejores mecanismos de negociación para planificar, construir y operar centrales hidroeléctricas, como los propuestos por la Comisión Mundial de Represas ² |
| PROYECTOS A PEQUEÑA ESCALA | |
| No existen procedimientos de contratación predefinidos para que los proyectos de energías renovables y cogeneración puedan vender electricidad a la red | Desarrollar acuerdos de compra con pequeñas centrales eléctricas |
| A los generadores de energía renovable solamente se les pagan los costos marginales y la capacidad a corto plazo | Desarrollar sistemas de pago que recompensen todos los beneficios, incluida la capacidad, la reducción de riesgos y las externalidades (incluidos los pagos por carbono) |
| No existen pagos por capacidad para los proyectos de cogeneración | |
| Dificultades para obtener licencias locales y federales | Definir procesos simplificados para otorgar licencias |
| Estrangulamientos en las transmisiones | Ampliar la capacidad de transmisión en áreas que tengan un gran potencial para energías renovables |

Petróleo y gas | Aumentar la eficiencia y la producción de gas

Se pueden reducir las emisiones de GEI en el sector de petróleo y gas (cuadro 2) a través de intervenciones “útiles en todo caso” y de bajo costo, como la reducción de fugas en la distribución del gas, la mejora de la eficiencia en las instalaciones de petróleo y gas y en las refinerías de PEMEX, y la introducción de la cogeneración en seis refinerías y cuatro plantas petroquímicas de PEMEX (que representan más del 6% de la actual capacidad instalada de producción de electricidad de México). Para desarrollar este potencial se requiere un marco normativo que permita y fomente la venta del excedente de energía y capacidad a la red eléctrica.

Desde la perspectiva de PEMEX, si bien obtiene unas excelentes tasas de rendimiento, las inversiones en cogeneración y las reducciones de las fugas de gas, por ejemplo, resultan menos atractivas que la prospección y explotación de petróleo. El financiamiento de las inversiones también resulta difícil debido a la elevada deuda de PEMEX y la importancia que tienen los ingresos procedentes del petróleo para financiar el presupuesto federal de México.

Si se permite al sector privado aprovechar el potencial de cogeneración y se reducen la quema y la fuga de gases, se podría reducir la necesidad de una inversión “pública”. El escenario

². “Dams and Development: A New Framework for Decision Making”, informe de la Comisión Mundial de Represas. Disponible en www.dams.org.



Cuadro 2: Intervenciones con bajas emisiones

| INTERVENCIONES | MÁXIMAS EMISIONES ANUALES DE LAS MEDIDAS CORRECTIVAS (MTCO ₂ E/AÑO) | COSTO O BENEFICIO NETO DE MITIGACIÓN (US\$/TCO ₂ E) |
|---------------------------|--|--|
| Cogeneración en PEMEX | 26,7 | 28,6 (beneficio) |
| Reducción de fugas de gas | 0,8 | 4,4 (beneficio) |
| Eficiencia de refinерías | 2,5 | 16,6 (costo) |

con bajas emisiones de carbono ya contempla un importante aumento del volumen total de consumo de gas natural. La ejecución eficaz del plan del Gobierno de aumentar la producción de gas natural es extremadamente importante. Las recientes medidas encaminadas a aumentar la producción de gas natural (un 29% entre 2000 y 2007) se han quedado atrás en comparación con la creciente demanda (un 38% durante el mismo período), lo cual ha dado lugar a importaciones de gas significativas, principalmente desde EE. UU.

Uso final de la energía | **Intervenciones de bajo costo disponibles**

Desde 1995, la demanda de electricidad ha crecido a un ritmo superior al 4% anual. Las medidas de eficiencia energética serán fundamentales para gestionar el crecimiento de la demanda de electricidad y combustibles, y para mitigar las emisiones de GEI.

Más de la mitad del uso industrial de la energía tiene lugar en los sectores de cemento, siderurgia y químico y petroquímico. Algunas de las industrias de materiales básicos a gran escala de México, incluidas la siderurgia y el cemento, se encuentran entre las más eficientes del mundo. Al mismo tiempo, una gran parte del sector industrial de México está compuesto por pequeñas y medianas empresas que tienen un uso relativamente intensivo de la electricidad debido a que a menudo utilizan equipos obsoletos y no tienen acceso al conocimiento técnico ni al financiamiento para realizar mejoras. Las principales fuentes de ahorro energético en el sector industrial provienen de las mejoras realizadas en cuanto a la eficiencia energética en motores y sistemas de vapor, hornos y quemadores, y también provienen de sistemas de cogeneración. Más del 80% del potencial de cogeneración industrial de México no se ha utilizado.

Se estima que el aire acondicionado, la refrigeración y los productos electrónicos serán las áreas principales en las que crecerá la demanda de electricidad en el sector residencial y, por tanto, figuran de forma destacada en las intervenciones con bajas emisiones de carbono del sector (cuadro 3). Las tasas de saturación de los acondicionadores de aire alcanzaron aproximadamente el 20% en 2005, en comparación con las tasas del 95% de regiones de los Estados Unidos de América con similares grados-días de enfriamiento. La tasa de saturación de refrigeradores es relativamente elevada, 82% (2006), pero se espera aún un incremento considerable. No obstante los esfuerzos recientemente realizados para promover el uso de lámparas fluorescentes compactas, las lámparas incandescentes representan aproximadamente el 80% de las lámparas en uso en el sector residencial en México, lo cual indica el gran potencial que existe para intensificar los esfuerzos de reemplazo. También existe un potencial de mitigación significativo en las aplicaciones termoeléctricas, mediante el calentamiento de agua mediante energía solar en las zonas urbanas y las estufas o cocinas de leña mejoradas en las zonas rurales (recuadro 3). Si bien actualmente el uso de la energía por parte de los sectores comercial y público es pequeño (el 4% del uso total de la energía y el 11% de electricidad), se espera un aumento significativo en el futuro.

Las políticas para mejorar la eficiencia energética en los sectores residencial, comercial y público —que incluyen normas de eficiencia más estrictas y con un mejor cumplimiento para alumbrado, aire acondicionado, refrigeración y edificios— serán fundamentales para limitar las futuras emisiones de GEI. La inversión requerida para implementar todas las intervenciones de eficiencia energética es significativamente menor que la inversión requerida para construir nuevas plantas generadoras de electricidad que, de lo contrario, serían necesarias. En otras palabras, los “negavattios” de la eficiencia energética son casi siempre más baratos que los megavattios.

Transporte | Mejora del transporte público y eficiencia del parque automotor

El sector del transporte es el de mayor envergadura y rápido crecimiento en lo que respecta al consumo de energía y a las emisiones de GEI en México, y el transporte por carretera representa aproximadamente el 90% de las emisiones. En los últimos 10 años, el parque automotor de México casi se triplicó (de 8 millones a 21 millones de vehículos entre 1996 y 2006), al tiempo que el incremento en el uso de energía por parte del transporte por carretera se cuadruplicó desde 1973. La importación de vehículos usados procedentes de los Estados Unidos ha sido un factor importante de este crecimiento, ya que ha llevado a un incremento en la edad promedio de dicho parque y ha generado motivos de preocupación en cuanto al bajo promedio de kilómetros recorridos por litro de gasolina y al aumento de las emisiones de GEI.

Cuadro 3. Intervenciones con bajo nivel de emisión de carbono en el sector de uso final de la energía

| INTERVENCIONES | | REDUCCIÓN ANUAL MÁXIMA DE EMISIONES (MTCO ₂ E/AÑO) | COSTO O BENEFICIO NETO DE MITIGACIÓN (US\$/TCO ₂ E) |
|--|--|---|--|
| Eficiencia en el uso final de electricidad | Aire acondicionado residencial | 2,6 | 3,7 (beneficio) |
| | Alumbrado residencial | 5,7 | 22,6 (beneficio) |
| | Refrigeración residencial | 3,3 | 6,7 (beneficio) |
| | Alumbrado no residencial | 4,7 | 19,8 (beneficio) |
| | Aire acondicionado no residencial | 1,7 | 9,6 (beneficio) |
| | Alumbrado público | 0,9 | 24,2 (beneficio) |
| | Motores industriales | 6,0 | 19,5 (beneficio) |
| Cogeneración | Cogeneración en industria | 6,5 | 15,0 (beneficio) |
| | Cogeneración a partir del bagazo | 6,0 | 4,9 (costo) |
| Aplicaciones térmicas de las energías renovables | Calentamiento de agua mediante energía solar | 18,9 | 13,8 (beneficio) |
| | Estufas mejoradas | 19,4 | 2,3 (beneficio) |



RECUADRO 3 | Estufas mejoradas: ahorro de tiempo y beneficios para la salud

Las estufas mejoradas proveen importantes beneficios para los hogares y la sociedad. Las estufas mejoradas no solo constituyen una herramienta eficaz en función de los costos para reducir las emisiones de GEI, sino que proporcionan importantes beneficios para los hogares y la sociedad: ahorran tiempo —los integrantes de la familia no tienen que juntar tanta leña como antes— y mejoran la salud —reduce la exposición a partículas finas (PM_{2,5}) y al monóxido de carbono (CO)—. El beneficio neto de la intervención sube de prácticamente 0 a US\$2,34 cuando se incluyen los ahorros de tiempo y a US\$18,90 cuando se incluyen los beneficios de tiempo y para la salud. Dado que aproximadamente el 80% de la población rural de México depende de la leña para cocinar y calentar agua (publicado en Armendáriz y otros, 2008), es significativo el potencial de mitigación de GEI por la introducción generalizada de estufas mejoradas.

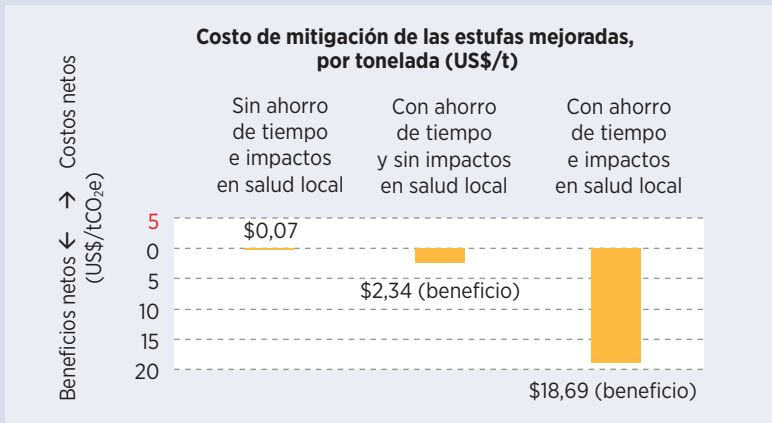
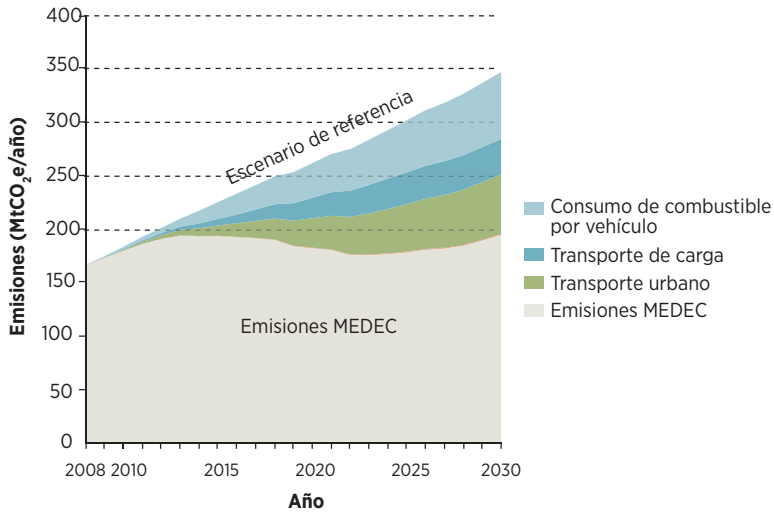


Gráfico 5: Escenario con bajas emisiones de carbono en el sector del transporte



Dado el patrón de urbanización histórico y proyectado en México, el transporte urbano integrado y la planificación de uso de la tierra constituirán factores fundamentales en el uso general de la energía y las emisiones (gráfico 5). Una de las maneras más eficientes desde el punto de vista de los costos para reducir las emisiones es a través de un mayor uso del transporte público y la introducción de mejoras en la eficiencia de los vehículos. El incremento del uso del transporte público —inclusive a través de concesiones privadas— requerirá el desarrollo de mecanismos que integren las acciones de transporte público y de desarrollo urbano tanto del Gobierno federal como de los gobiernos municipales. Los co-beneficios incluirán la disminución de la congestión del tráfico, el ahorro de tiempo y mejoras en la salud pública como resultado de un menor nivel de contaminación del aire.







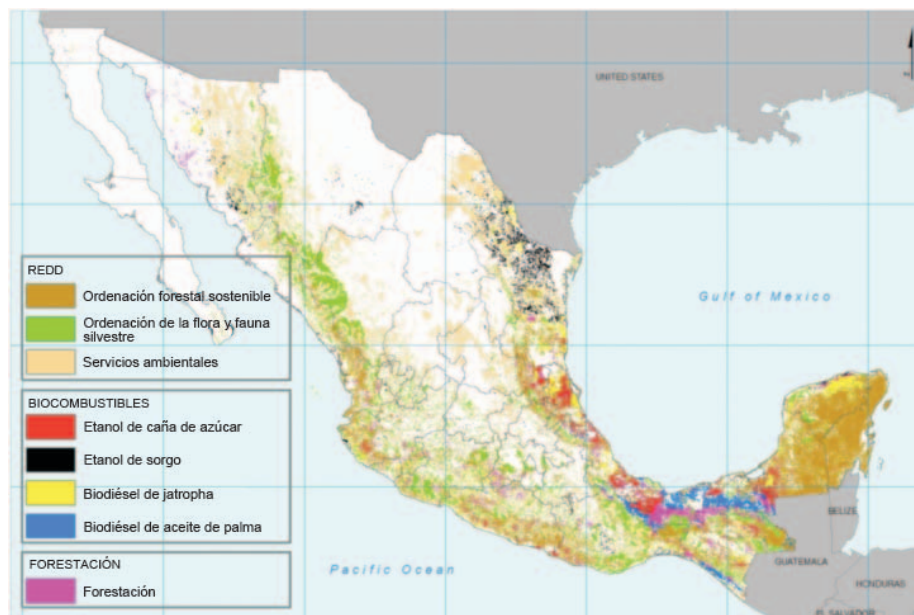
Agricultura y actividades forestales | Potencial significativo con importantes co-beneficios

Las medidas para reducir las emisiones producidas por la agricultura y las actividades forestales se encuentran entre las principales opciones de mitigación de GEI en México. El 85% de este potencial reside en actividades forestales —reforestación, plantaciones comerciales y medidas para reducir las emisiones procedentes de la deforestación y la degradación de los bosques (REDD por sus siglas en inglés)—. Las intervenciones que cuentan con los beneficios más altos son aquellas que sustituyen el uso de combustibles fósiles mediante la producción sostenible de energía de biomasa, a la vez que reducen la deforestación y degradación de los bosques. Muchas de estas medidas aportan co-beneficios ambientales, como la conservación del suelo, la calidad del agua y la preservación de los ecosistemas, así como la generación de ingreso y empleo para las comunidades rurales. Para utilizar provechosamente este potencial, deben producirse cambios institucionales en la gestión forestal, mejorar los mecanismos de financiamiento público y desarrollar un mercado para los productos forestales sostenibles.

Las oportunidades de mitigación costo-eficientes en la agricultura son más limitadas, en parte por la falta de investigación y de desarrollo de las medidas de bajas emisiones de carbono. La labranza mínima para la producción de maíz que parece facilitar el secuestro de carbono en el suelo podría ser una tecnología prometedora para México ya que requiere menos energía.

La producción de biocombustibles líquidos es otra posibilidad. El etanol producido a partir de la caña de azúcar tiene un significativo potencial para la reducción de GEI, si bien el nivel de productividad de la producción de caña de azúcar en México es actualmente bajo y los costos de producción son considerablemente superiores a los precios del azúcar en el mercado mundial. Otras intervenciones con biocombustibles líquidos —etanol de sorgo y biodiésel producido del aceite de palma y de la *jatropha* (o piñoncillo)— tienen un potencial limitado para la reducción de emisiones de GEI sin incidir en el uso del suelo para cultivos alimentarios, bosques o conservación de ecosistemas. Todas las opciones de biocombustibles líquidos tienen unos costos económicos netos positivos en comparación con el costo de oportunidad de vender las materias primas para alimentos u otros usos distintos de los combustibles.

Gráfico 4: Distribución territorial de la intervención en el sector agrícola y forestal*



*La ordenación forestal sostenible comprende todas las intervenciones que involucran el uso productivo de la biomasa (generación de electricidad con biomasa, co-combustión con leña, producción de carbón vegetal y ordenación forestal). No se incluyen las áreas aptas para reforestación y restauración o para maíz con cero labranza. En la zona indicada para plantación de árboles se prevén plantaciones de eucaliptos. Se incluye el biodiésel de jatropha, intervención que no está incluida en el escenario del estudio MEDEC por su elevado costo neto de mitigación. Autores: Ghilardi, A. y Guerrero G. (Red Mexicana de Bioenergía y Centro de Investigaciones en Ecosistemas; Universidad Nacional Autónoma de México). Basado en: REMBIO 2008: INEGI 1995, 2000, 2002. Creado en ArcGIS 9.2 utilizando ArcMap.

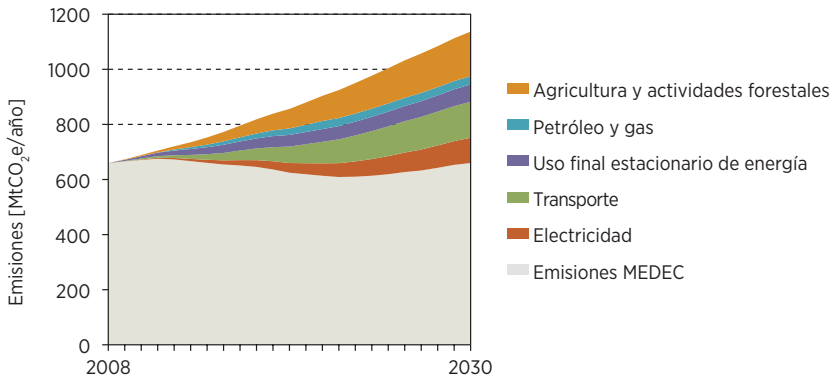
UN ESCENARIO CON BAJAS EMISIONES DE CARBONO PARA MÉXICO

Uno de los objetivos centrales de *Desarrollo con bajas emisiones de carbono para México* es preparar un escenario con reducción de emisiones para México hasta el año 2030. Las anteriores intervenciones con bajo nivel de emisión de carbono describen las opciones para reducir las emisiones de GEI. El escenario de referencia se genera con el modelo de planificación de alternativas energéticas a largo plazo utilizando supuestos macroeconómicos para el PIB, el crecimiento poblacional y los precios de los combustibles, que están en línea con las estimaciones del Gobierno mexicano. Este escenario considera que las emisiones totales de CO₂e crecerán de 660 Mt en 2008 a 1137 Mt en 2030.

La implementación de las 40 intervenciones intersectoriales que cumplen con los criterios explicados en el recuadro 2 reduciría las emisiones de CO₂e en aproximadamente 477 millones de toneladas de CO₂e para el año 2030 (gráfico 5). Las emisiones de GEI en 2030 de México serían prácticamente las mismas que ahora pero con un aumento significativo del PIB y de los ingresos per cápita. Las reducciones de las emisiones (MtCO₂e) en 2030 provendrían del sector agrícola y forestal (150 Mt), del transporte (131 Mt), de la generación de electricidad (129 Mt), del uso final de energía (38 Mt), y del petróleo y gas (30 Mt).

El escenario con bajas emisiones de carbono es conservador dado que solamente se consideraron 40 intervenciones y el análisis no supuso ningún cambio importante en tecnología.

Gráfico 5. Escenario con bajas emisiones de carbono



¿Cuánto costaría el desarrollo con bajas emisiones de carbono? ¿Cómo varían los costos entre los diferentes sectores?

La curva de costos marginales de reducción (gráfico 6) muestra que casi la mitad del potencial total de reducción de emisiones —26 intervenciones— tienen beneficios netos positivos (o “costos negativos”, lo que quiere decir que su costo total es inferior al de su respectiva alternativa con altas emisiones de carbono). Entre las intervenciones que tienen un potencial alto y un costo bajo se encuentran el transporte público y la eficiencia de vehículos, la mayor parte de las medidas de eficiencia energética (incluyendo mejoras en el suministro de electricidad, alumbrado, refrigeración, aire acondicionado y estufas mejoradas), y varias opciones de suministro de electricidad a bajo costo, como la cogeneración en industrias y en Pemex, y el calentamiento de agua mediante energía solar.

Si el valor de una tonelada de carbono evitado se fija en US\$10/tCO₂e, entonces son más las intervenciones que rinden beneficios positivos, incluida la forestación, reforestación y restauración de bosques. El 80% del potencial de reducción de GEI de este escenario con reducción de emisiones de carbono está por debajo del umbral de US\$10/tCO₂e. Elevar el umbral del costo a US\$25/tonelada de CO₂e permite que se eviten más de 5000 millones de toneladas de CO₂e hasta el año 2030.

Aplicación de un programa de bajas emisiones de carbono en México

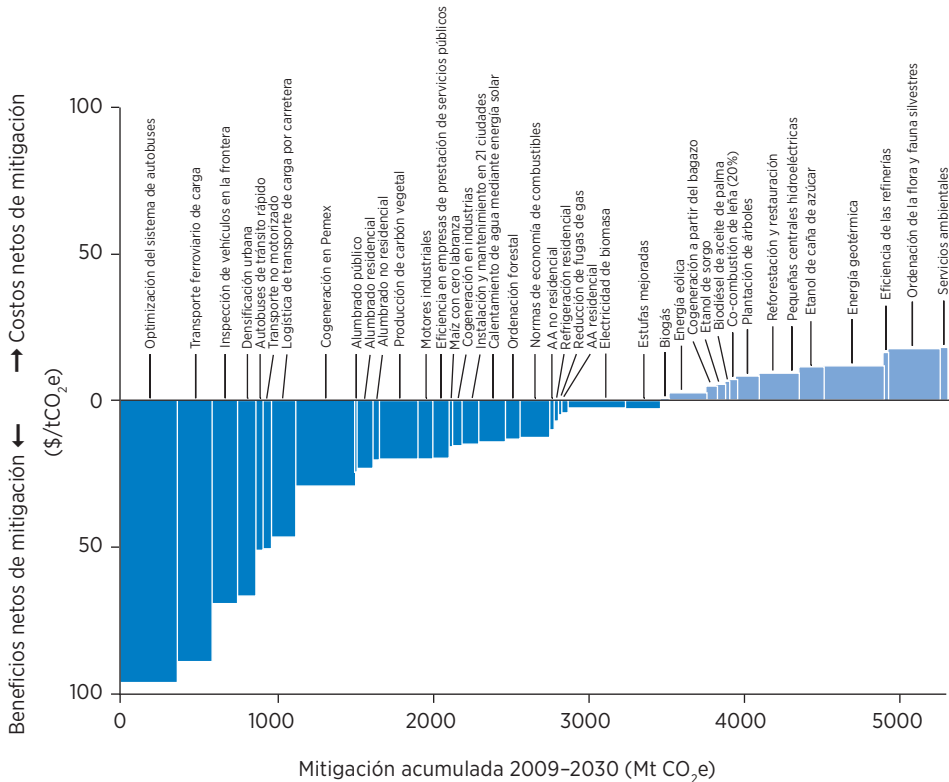
En los sectores de transporte, electricidad, eficiencia energética y actividades forestales hay intervenciones de alta prioridad que tienen costos netos bajos o negativos, pero las barreras para su implementación impiden que sean adoptadas rápidamente o a gran escala.

Políticas e inversiones requeridas para el desarrollo de bajas emisiones de carbono

Las barreras de tipo regulatorio, institucional y de desarrollo de mercados impiden actualmente la realización de intervenciones con bajas emisiones a gran escala. Dos de los desafíos más grandes que México enfrentará al dirigirse hacia una economía de bajas emisiones de carbono son:

- 1) *El financiamiento de los costos de inversión (generalmente elevados) de las intervenciones con bajas emisiones de carbono.* Numerosos proyectos identificados requerirán una inversión inicial relativamente alta en instalaciones y equipos, si bien una mayoría tienen un valor actual neto positivo. Las inversiones en energía renovable generalmente tienen unos costos iniciales más altos que, a menudo, son compensados por costos operativos más bajos. Las inversiones iniciales en eficiencia energética, por ejemplo, se compensan con los ahorros de combustible o los correspondientes a la nueva capacidad de generación. No obstante, aún en los casos donde los costos descontados durante el ciclo de vida del proyecto son más bajos,

Gráfico 6. Curva de costos marginales de reducción



los altos costos iniciales de inversión generalmente inhiben la materialización de estas inversiones. La inversión total requerida para alcanzar el escenario con reducción de emisiones asciende aproximadamente a US\$64 000 millones entre 2009 y 2030, o alrededor de US\$3000 millones por año, equivalente aproximadamente al 0,4% del PIB de México en 2008 (cuadros 4 y 5).

2) *Políticas y programas para vencer las barreras.* Hay espacio suficiente para involucrar al sector privado en las inversiones para financiar la eficiencia energética, las energías renovables y el transporte sostenible. Desde mediados de la década de 1990 se ha producido un crecimiento significativo en la cantidad de productores independientes de electricidad a partir de centrales eléctricas a gas natural, que podría mejorarse y ampliarse con el propósito de promover la inversión en la eficiencia energética, la cogeneración y la generación de energías renovables. Las recientes reformas en el sector de petróleo y gas apoyan una mayor eficiencia y la inversión del sector privado.

A continuación se indican, sin carácter restrictivo, algunos ejemplos de políticas importantes para el desarrollo con bajas emisiones de carbono:

- **Electricidad:** revisar los precios de la energía, específicamente, las tarifas residenciales de electricidad, y aumentar los precios de los productos petrolíferos (gasolina, gasóleo, GPL, petróleo combustible) y del gas natural.
- **Petróleo y gas:** modificar las normas que limitan a PEMEX para que explote su potencial de cogeneración y aporte una sustancial producción de electricidad a la red.
- **Uso final de la energía:** modificar las reglas para las adquisiciones del Gobierno a fin de facilitar las inversiones en eficiencia energética en escuelas, hospitales, edificios gubernamentales y servicios municipales.



- **Transporte:** incrementar las normas de eficiencia energética para vehículos usados y nuevos; mejorar la coordinación entre el gobierno federal y los gobiernos estatales y municipales, y entre los organismos en todos los niveles de gobierno en lo relativo a la planificación urbana del uso de la tierra y el transporte público; mejorar la calidad de los combustibles y aplicar normas para la calidad del aire.
- **Agricultura y actividades forestales:** ampliar los programas de ordenación forestal.

Casi todas las intervenciones con bajo nivel de emisión de carbono del estudio MEDEC ya se han implementado en México como proyectos de inversión a escala comercial o programas piloto, demostrando de esta forma la factibilidad de su implementación a corto plazo. Para muchas de las intervenciones, lo que se necesita son políticas nuevas y el financiamiento de inversiones incrementales, así como otros cambios institucionales y de conducta para apoyar la ampliación de un proyecto individual a un programa más amplio. Los mecanismos del mercado del carbono podrían apoyar algunas de las intervenciones con bajo nivel de emisión de carbono, aunque la mayoría de las intervenciones requerirán, para que sean apoyadas, nuevas normas, ya sea un mecanismo para un desarrollo limpio reformado u otros mecanismos nuevos.

Medidas a corto plazo

A medida que el gobierno de México avance con su programa de mitigación del cambio climático, es importante que priorice las intervenciones de corto plazo. El presente estudio recomienda que se dé prioridad a las intervenciones con las siguientes características:

- Importante potencial para la reducción de las emisiones de carbono
- Tasas de rendimiento económico positivas, incluidos grandes co-beneficios
- Demostración exitosa a escala comercial en México o internacionalmente
- Bajos costos de inversión y capacidad de obtener financiamiento

Cuadro 4: Requerimientos de inversión de MEDEC hasta 2030 (millones de US\$)

| SECTOR | INVERSIÓN NUEVA | INVERSIÓN PREVISTA | INVERSIÓN NETA |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Electricidad | 21 406 | 10 933 | 10 473 |
| Petróleo y gas | 4637 | 1482 | 3155 |
| Uso final de energía | 15 771 | 9898 | 5873 |
| Transporte | 11 729 | 36 249 | -24 520* |
| Agricultura y actividades forestales | 10 928 | 3699 | 7230 |
| Total | 64 471 | 62 261 | 2210 |

*Una inversión neta negativa significa que la inversión nueva en el escenario con reducción de emisiones de carbono es inferior a la inversión evitada en el escenario de referencia.

Cuadro 5: Fuentes de financiamiento para las intervenciones con bajo nivel de emisión de carbono

| SECTOR PRIVADO | HOGARES | SECTOR PÚBLICO* |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia energética comercial • Eficiencia energética industrial • Cogeneración industrial • Producción independiente de energía a partir de fuentes renovables (eólica, biomasa) • Autobuses • Cogeneración a partir de bagazo de caña de azúcar • Biocombustibles líquidos | <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia energética residencial • Calentamiento de agua mediante energía solar • Maíz con cero labranza • Vehículos nuevos • Verificación vehicular | <ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado público • Eficiencia en servicios públicos • Reforestación y restauración • Infraestructura de transporte • Energía geotérmica • Inversiones en petróleo y gas |

*En el mundo, numerosas inversiones en el sector público se financian a través de esquemas de concesión con contratistas u operadores privados, para la generación de electricidad, petróleo y gas, transporte público y otros servicios públicos (suministro de agua y saneamiento).

Sobre la base de estos criterios, las medidas de alta prioridad con un importante potencial de ampliación durante los próximos cinco años incluyen:

- **Electricidad:** desarrollo de la energía eólica en Oaxaca y otros lugares, sobre la base de los proyectos piloto de la Comisión Federal de Electricidad.
- **Petróleo y gas:** cogeneración en las instalaciones de PEMEX, sobre la base del proyecto de Nuevo PEMEX.
- **Uso final de energía:** ampliación de los programas de alumbrado y de aparatos electrodomésticos eficientes desarrollados por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica y la Secretaría de Energía.
- **Transporte:** sistemas de autobuses de tránsito rápido, sobre la base de proyectos llevados a cabo en México y proyectos piloto en otras partes de América Latina.
- **Actividades forestales:** deforestación evitada, con base en el proyecto Los Tuxtlas en Veracruz.

En todos los casos México tendrá que experimentar y adquirir experiencia, especialmente en lo que se refiere a los nuevos mecanismos de inversión y políticas regulatorias. Al priorizar las medidas, México debe seleccionar aquellas que tengan tasas de rendimiento económico positivas y beneficios sociales y ambientales (cuadro 6).

Cuadro 6: Requerimientos de inversión de MEDEC hasta 2030 (millones de US\$)

| INTERVENCIÓN | INVERSIÓN NUEVA TOTAL (MILLONES DE US\$) | REDUCCIÓN TOTAL DE EMISIONES (MTCO ₂ E) | REDUCCIÓN ANUAL MÁXIMA DE EMISIONES (MTCO ₂ E) | COSTO O BENEFICIO DE MITIGACIÓN (US\$/TCO ₂ E) | IMPLEMENTACIÓN |
|--|--|---|--|--|----------------|
| Inspección de vehículos en la frontera | 0 | 166 | 11 | 69 (beneficio) | ST |
| Autobuses de tránsito rápido | 2333 | 47 | 4 | 51 (beneficio) | ST |
| Alumbrado residencial | 237 | 100 | 6 | 23 (beneficio) | ST |
| Alumbrado no residencial | 420 | 47 | 5 | 20 (beneficio) | ST |
| Eficiencia en empresas de servicios públicos | 286 | 103 | 6 | 19 (beneficio) | ST |
| Instalación y mantenimiento en 21 ciudades | 0 | 109 | 11 | 14 (beneficio) | ST |
| Ordenación forestal | 148 | 92 | 8 | 13 (beneficio) | ST |
| Estufas mejoradas | 434 | 222 | 19 | 2 (beneficio) | ST |
| Optimización del sistema de autobuses | 0 | 360 | 32 | 97 (beneficio) | ST/MT |
| Transporte no motorizado | 2252 | 51 | 6 | 50 (beneficio) | ST/MT |
| Logística de transporte de carga por carretera | 0 | 157 | 14 | 46 (beneficio) | ST/MT |
| Cogeneración en PEMEX | 3068 | 387 | 27 | 29 (beneficio) | ST/MT |
| Normas de economía de combustibles | 7145 | 195 | 20 | 12 (beneficio) | ST/MT |
| Energía eólica | 5549 | 240 | 23 | 3 (costo) | ST/MT |
| Forestación | 1084 | 153 | 14 | 8 (costo) | ST/MT |
| Reforestación y restauración | 2229 | 169 | 22 | 9 (costo) | ST/MT |
| Calentamiento de agua mediante energía solar | 4464 | 169 | 19 | 14 (beneficio) | ST/MT |
| TOTAL | 29 648 | 2767 | 247 | | |



ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

| | |
|-------------------|--|
| AA | Aire acondicionado |
| CO | Monóxido de carbono |
| CO ₂ e | Dióxido de carbono equivalente |
| GEÍ | Gases de efecto invernadero |
| GPL | Gas de petróleo licuado |
| MEDEC | México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono |
| Mt | Millón de toneladas |
| PEMEX | Petróleos Mexicanos |
| PIB | Producto interno bruto |
| PM2.5 | Partículas finas < 2,5 micrómetros |
| REDD | Reducción de emisiones procedentes de la deforestación y la degradación de bosques |
| t | Tonelada |
| TWh | Teravatio-hora |
| US\$ | Dólar estadounidense |

Fotografías

Portada: Andrés Balcázar, © istockphoto.com/abalcazar

Página 5: stock.xchnng

Página 7: stock.xchnng

Página 9: stock.xchnng

Página 10: stock.xchnng

Página 11: stock.xchnng

Página 12: stock.xchnng

Página 16: stock.xchnng

Página 19: stock.xchnng

Créditos de producción

Diseño: Naylor Design, Inc.

Producción: Automated Graphic Systems, Inc.

Copyright © Mayo 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 en 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 para 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 <http://www.esmap.org/>, o escribanos a:



Programa de Asistencia para la Gestión del Sector de la Energía
Banco Mundial
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433 EE. UU.
Correo electrónico: esmap@worldbank.org
Sitio web: www.esmap.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: cfaassist@worldbank.org
Sitio web: www.cfaassist.org