



IDEAM Instituto de Hidrología,  
Meteorología y  
Estudios Ambientales



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# SECTORES PRIORITARIOS Y TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA IDENTIFICAR E IMPLEMENTAR MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA REGIÓN CAPITAL

Plan Regional Integral de Cambio Climático  
Región Capital Bogotá - Cundinamarca

INFORME TÉCNICO



Al servicio  
de las personas  
y las naciones

# SECTORES PRIORITARIOS Y TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA IDENTIFICAR E IMPLEMENTAR MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA REGIÓN CAPITAL

Plan Regional Integral de Cambio Climático  
Región Capital Bogotá - Cundinamarca

INFORME TÉCNICO



Con la colaboración de:



## PUNTOS FOCALES DIRECTIVOS DE LAS INSTITUCIONES SOCIAS

<b>PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO PNUD</b> <b>Fabrizio Hochschild</b> Coordinador Residente y Humanitario de la ONU <b>Silvia Rucks</b> Directora de País <b>Fernando Herrera</b> Coordinador Área de Pobreza y Desarrollo Sostenible <b>Jimena Puyana</b> Oficial de Desarrollo Sostenible	<b>IDEAM</b> <b>Omar Franco Torres</b> Director <b>José Alaín Hoyos</b> Subdirector de Estudios Ambientales <b>María Teresa Martínez</b> Subdirectora de Meteorología <b>Paola Bernal</b> Jefe oficina de Cooperación Internacional	<b>GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA</b> <b>Álvaro Cruz Vargas</b> Gobernador de Cundinamarca <b>Fredy William Sánchez</b> Secretario de Integración Regional <b>Andrés Alejandro Romero</b> Secretario de Planeación <b>Marcela Orduz Quijano</b> Secretario de Ambiente <b>Jaime Matiz Ovalle</b> Oficina de Atención y Prevención de Desastres	<b>ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ</b> <b>Gustavo Petro Urrego</b> Alcalde Mayor de Bogotá <b>Gerardo Ardila Calderón</b> Secretario Distrital de Planeación <b>Néstor García Buitrago</b> Secretario Distrital de Ambiente <b>Alberto Merlano</b> Gerente EAB <b>Javier Pava</b> Director IDIGER
<b>CAR</b> <b>Alfred Ignacio Ballesteros</b> Director	<b>CORPOGUAVIO</b> <b>Oswaldo Jiménez</b> Director	<b>CORPORINOQUIA</b> <b>Martha Jhoven Plazas</b> Directora	<b>INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT</b> <b>Brigitte LG Baptiste</b> Directora
<b>PARQUES NACIONALES NATURALES</b> <b>Julia Miranda</b> Directora Parques Nacionales Naturales	<b>MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE</b> <b>Rodrigo Suárez</b> Director de Cambio Climático	<b>DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN</b> <b>Alexander Martínez</b> Subdirector de Desarrollo Ambiental Sostenible	

## PUNTOS FOCALES DEL PRICC EN LAS INSTITUCIONES SOCIAS

PNUD: Claudia Marín; IDEAM: Vicky Guerrero, Juan Gabriel Osorio; Gobernación de Cundinamarca: Marleny Urbina, Constanza Cruz; Secretaría Distrital de Ambiente: Gloria Esperanza Narváez; Secretaría Distrital de Planeación: Carolina Chica; IDIGER: Lina María Hernández; EAB: Francisco Javier Canal; CAR: María Elena Báez; CORPOGUAVIO: Myriam Amparo Andrade; Instituto Alexander von Humboldt: Jorge Enrique Gutiérrez; Parques Nacionales Naturales: Juan Giovany Bernal; DNP: Silvia Calderón; MADS: Maritza Florián.

## PLAN REGIONAL INTEGRAL DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA BOGOTÁ CUNDINAMARCA (PRICC)

<b>UNIDAD COORDINADORA DEL PRICC</b> <b>Coordinador:</b> Javier Eduardo Mendoza Sabogal <b>Asesor técnico:</b> Jason García Portilla <b>Asesor comunicaciones:</b> Juan Carlos Forero Amaya <b>Asistente administrativo:</b> Isabel Castro Robledo  <b>Consultoría elaborada por:</b> Ana Derly Pulido <b>Contrato No.</b> PNUD 0000015552  Las opiniones expresadas en este informe no suponen la expresión de una opinión o posición alguna de ninguna de las instituciones socias del Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguavio, Instituto Humboldt, Parques Nacionales de Colombia, MADS, DNP). Los autores son responsables de la selección y presentación de los datos que figuran en sus respectivos informes y de las opiniones expresadas en ellos, que no son forzosamente	las de las instituciones socias del Plan Regional Integral de Cambio Climático para Bogotá Cundinamarca (PRICC).  El PRICC es fruto de un trabajo en colaboración que ha sido posible gracias al apoyo y participación de numerosas personas e instituciones. Se ha financiado en virtud del documento de proyecto firmado entre las instituciones socias y también gracias a las generosas contribuciones del Gobierno de España y del Gobierno de Quebec, Canadá.  <b>Cítese como:</b> IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, Gobernación de Cundinamarca, CAR, Corpoguavio, Instituto Alexander von Humboldt, Parques Nacionales Naturales de Colombia, MADS, DNP. 2012. Sectores prioritarios y tecnologías disponibles para identificar e implementar medidas de mitigación de gases de efecto invernadero en la Región Capital	<b>Fotografías:</b> Instituto Humboldt, IDEAM, Oficina de prensa Alcaldía Mayor de Bogotá, Oficina de prensa Gobernación de Cundinamarca, El Tiempo. <b>Diseño gráfico:</b> Una tinta medios.  <b>Bogotá, Colombia - abril 2014</b>
--	---	--

# PRESENTACIÓN

Los retos que la variabilidad y el cambio climático imponen a la sociedad de la Región Capital trascienden lo ambiental e incluyen todos los aspectos relacionados con nuestras actividades sobre los territorios. Los patrones y procesos de producción, extracción, asentamiento y consumo, van a estar influenciados por la forma como el clima cambie.

Mayor ocurrencia e intensidad de eventos extremos, climas más secos o más húmedos, tendrán efectos directos sobre la economía, la cultura, el medio ambiente y las decisiones políticas (municipales, departamentales y distritales) que se tomarán en el futuro, así como en la planeación territorial, sectorial e institucional de largo plazo.

Todo este conjunto de decisiones permeará de manera directa todos los aspectos relacionados con la calidad de vida de los cundinamarqueses y bogotanos, quienes cada vez más relacionan los cambios en el clima con los desastres y las emergencias, dejando de lado las oportunidades de adaptación que estos nuevos escenarios pueden traer para el desarrollo de la Región.

Por este motivo, el Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital, Bogotá – Cundinamarca (PRICC), se ha constituido y se consolida como una plataforma de trabajo interinstitucional que permite construir las directrices técnicas, así como una estrategia regional, implementada a través de medidas y proyectos prioritarios de mitigación y adaptación a la variabilidad y al cambio climático, que permitirá a la Región Capital tener las bases científicas para enfrentar los retos y aprovechar las oportunidades de estos nuevos escenarios.

El PRICC es además, uno de los modelos piloto mundiales que, por iniciativa de la Alcaldía de Bogotá y de la Gobernación de Cundinamarca, vienen impulsando las

Naciones Unidas y el IDEAM, junto con la activa participación de otros importantes socios (CAR, Corpo-guavio, Corporinoquia, PNNC, IAvH, DNP y MADS), para fortalecer las capacidades y la toma de decisiones de las instituciones regionales públicas, para avanzar en la construcción de territorios resilientes a la variabilidad y al cambio climático. Este esfuerzo cuenta con el apoyo financiero de los Gobiernos de España y de Quebec.

A partir de lo anterior, este estudio, “Sectores prioritarios y tecnologías disponibles para identificar e implementar medidas de mitigación de GEI en la región Cundinamarca - Bogotá” permite tener una guía para la toma de decisiones de quienes han asumido o asumirán responsabilidades desde el gobierno regional, en materia de la generación de conocimiento y acciones para la mitigación del cambio climático.

**Javier Eduardo Mendoza**

Coordinador PRICC

# PARTE 1

Sectores prioritarios para implementar estrategias de mitigación en la Región Capital Bogotá - Cundinamarca

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
1.METODOLOGÍA.....	10
1.1 <i>Identificar prioridades de desarrollo en la región</i> .....	10
1.2 <i>Identificar principales sectores emisores de GEI</i> .....	11
1.3 <i>Diseñar y aplicar matriz de desempeño simple</i> .....	11
1.4 <i>Crear lista de sectores prioritarios</i> .....	12
2.RESULTADOS.....	12
2.1 <i>Prioridades de desarrollo en la región</i> .....	12
2.2 <i>Principales sectores emisores de GEI en la región</i> .....	17
2.3 <i>Matriz de desempeño</i> .....	20
2.4 <i>Lista de sectores prioritarios</i> .....	22
CONCLUSIONES.....	28
ANEXOS.....	29

# LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Prioridades sociales para Bogotá.....	13
Cuadro 2: Prioridades ambientales para Bogotá. ....	14
Cuadro 3: Prioridades económicas para Bogotá.....	14
Cuadro 4: Prioridades sociales para Cundinamarca.....	15
Cuadro 5: Prioridades ambientales para Cundinamarca. ....	15
Cuadro 6: Prioridades económicas para Cundinamarca.....	16
Cuadro 7. Sectores que aportan el 77% de las emisiones en Cundinamarca.....	19
Cuadro 8. Sectores que aportan el 77% de las emisiones en Bogotá.....	19
Cuadro 9: Matriz de desempeño para Cundinamarca:.....	20
Cuadro 10: Matriz de desempeño para Bogotá:.....	21
Cuadro 11: Línea de base de cada sector prioritario para Cundinamarca .....	23
Cuadro 12: Línea de base de cada sector prioritario para Bogotá .....	25

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ruta de trabajo para la definición de proyectos estratégicos para la mitigación al cambio climático en la región Bogotá – Cundinamarca.....	8
Figura 2: Pasos para la identificación de sectores prioritarios.....	10
Figura 3: Ejemplo de matriz de desempeño para establecer prioridades de sectores.....	12
Figura 4. Diagrama pareto resultado emisiones Cundinamarca .....	17
Figura 5. Diagrama pareto resultado emisiones Bogotá .....	18

# INTRODUCCIÓN

El Plan Regional Integral de Cambio Climático (PRICC) para la Región Capital Bogotá – Cundinamarca, contempla dentro de sus objetivos la definición de “portafolios de proyectos de mitigación y adaptación frente a la variabilidad y cambio climático, que permitan impulsar opciones de desarrollo social y económico, lo suficientemente robustas para resistir a las condiciones de un clima cambiante”. Con el fin de dar cumplimiento a este objetivo específicamente en lo concerniente a proyectos de mitigación, se definió una ruta de trabajo sistemática la cual fue socializada y concertada con los diferentes integrantes de la mesa de trabajo interinstitucional de mitigación del PRICC. Esta ruta comprende 4 etapas principales las cuales se describen en la figura 1.

FIGURA 1: RUTA DE TRABAJO PARA LA DEFINICIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS PARA LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA



Fuente: El autor, este estudio.

Para el establecimiento de éstas etapas y del plan de trabajo, se siguieron las sugerencias dadas en el “Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático” del PNUD y la CMNUCC. Es importante aclarar que en este proceso el concepto de tecnología comprende las tecnologías duras (equipos y productos para controlar, reducir o prevenir las emisiones de GEI) y blandas como técnicas de trabajo, reglamentación, incentivos fiscales y financieros y la creación de capacidad. (CMNUCC, 2002).

En el presente informe se abarca la primera etapa de la ruta de trabajo: “Identificar sectores prioritarios para la implementación de estrategias de mitigación”. La metodología seguida se describe en el capítulo 1 del presente informe y los resultados se describen en el capítulo 2. Como producto final se obtiene una lista de sectores por orden de prioridad para el establecimiento de estrategias de mitigación en la región Bogotá Cundinamarca, que servirá como herramienta orientadora para la toma de decisiones en las posteriores etapas en la ruta de identificación de necesidades tecnológicas para mitigación en la región.

## 1. METODOLOGÍA

Para identificar los sectores estratégicos en materia de mitigación en la región, se consideraron y adaptaron de acuerdo a las necesidades del PRICC, las sugerencias realizadas en los capítulos 3 y 4 del “Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático” (MENTCC).

El MENTCC fue elaborado en conjunto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, conforme a los auspicios del Grupo de Expertos sobre Transferencia de Tecnología, y en cooperación con la Iniciativa sobre Tecnología del Clima. Se desarrolló como respuesta a la solicitud de las decisiones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático tal como se refleja en la CPO13 y COP14. La última versión fue publicada el año 2010.

El MENTCC fue diseñado para ayudar a los países, mediante un enfoque sistemático y flexible, a seleccionar tecnologías que les permitan alcanzar equidad en el desarrollo y sostenibilidad ambiental y seguir una vía de bajas emisiones y baja vulnerabilidad; también proporciona procesos y metodologías para revelar brechas en capacidades y marcos favorecedores y para formular un plan de acción nacional para superarlos, como parte de planes y estrategias globales de cambio climático como las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs).

Dados los objetivos del presente informe, se consideraron los capítulos 3 y 4 del MENTCC, denominados respectivamente: “La identificación de prioridades de desarrollo teniendo en cuenta un clima cambiante” y “Los sectores prioritarios para la mitigación y la adaptación al cambio climático”. En la figura 2 se ilustra el proceso ajustado para la identificación de los sectores prioritarios en el marco del PRICC y a continuación se realiza una descripción de cada etapa considerada.

**FIGURA 2: PASOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE SECTORES PRIORITARIOS.**



Fuente: El autor, este estudio.

### 1.1 IDENTIFICAR PRIORIDADES DE DESARROLLO EN LA REGIÓN

El proceso comienza por identificar las prioridades de desarrollo para la región, las cuales se basan en las estrategias de desarrollo formuladas en documentos oficiales como los son los Planes de Desarrollo del departamento y de las principales ciudades. Basándose en estas publicaciones se genera una lista de prioridades,

las cuales se agrupan en categorías de desarrollo económico, social y ambiental y se emplean posteriormente como criterio para seleccionar sectores prioritarios.

## 1.2 IDENTIFICAR PRINCIPALES SECTORES EMISORES DE GEI

Posteriormente se realiza una revisión del Inventario de emisiones GEI para la región elaborado en la primera fase del PRICC, para identificar los principales sectores emisores y enumerarlos por su porcentaje de contribución en las emisiones GEI hasta que el acumulado alcance un porcentaje del 75% de las emisiones totales generadas en Bogotá y en Cundinamarca. El porcentaje de contribución al total de emisiones se emplea posteriormente como criterio para seleccionar sectores prioritarios.

## 1.3 DISEÑAR Y APLICAR MATRIZ DE DESEMPEÑO SIMPLE

Este paso, tiene como objetivo identificar por orden de prioridad aquellos sectores que son más estratégicos en la región en términos de reducción de emisiones de GEI, con la respectiva justificación de por qué éstos han sido seleccionados. Para lograr este objetivo, una vez identificados los sectores que aportan el 75% de las emisiones en Bogotá y en Cundinamarca (paso 1.2), se utilizan procedimientos de matriz de desempeño simple para establecer aquellos sectores donde las mejoras en términos de tecnologías de baja emisión realizarían una gran contribución al cumplimiento de las prioridades de desarrollo identificadas en el numeral 1.1. y según el potencial de reducción dado por el grado de participación en las emisiones totales numeral 1.2.

Para evaluar la contribución a los grupos de criterios definidos en el numeral 1.1. y 1.2 se diseña una matriz de análisis de criterios múltiples empleando el siguiente sistema de clasificación:

- 0 — sin beneficios.
- 1 — apenas deseable.
- 2 — ligeramente deseable.
- 3 — moderadamente deseable.
- 4 — muy deseable.
- 5 — extremadamente deseable.

En la figura 3 se presenta un ejemplo de matriz de desempeño o de criterios múltiples para establecer prioridades de sectores

FIGURA 3: EJEMPLO DE MATRIZ DE DESEMPEÑO PARA ESTABLECER PRIORIDADES DE SECTORES

Subsector	Prioridades económicas	Prioridades sociales	Prioridades ambientales	Potencial de reducción de GEI	Beneficio total
Suministro de energía	5	5	5	5	20
Transporte	4	4	3	2	13
Tratamiento biológico de desechos sólidos	4	2	3	4	13
Fermentación entérica	1	1	1	3	6
Otro uso de proceso de carbonatos	2	1	0	1	4

Fuente: MENTCC, PNUD - CMNUCC, 2010.

En donde los subsectores de la primera columna corresponden a los sectores que aportan el 75% de las emisiones definidas en el numeral 1.2 y la última columna agrega el benéfico total teniendo en cuenta todos los criterios. Los sectores con mayor puntuación serán los sectores prioritarios en materia de mitigación para la región.

#### 1.4 CREAR LISTA DE SECTORES PRIORITARIOS

Los sectores que obtengan el mayor beneficio total serán los sectores prioritarios para implementar estrategias de mitigación en la región y con estos se conformará una lista breve de sectores priorizados de acuerdo con sus máximos beneficios de mitigación. Adicionalmente, se realiza una breve descripción de la línea base de cada sector a partir de información secundaria, con el fin de contar con datos para la posterior toma de decisiones en materia de selección de tecnologías para cada sector.

## 2. RESULTADOS

### 2.1 PRIORIDADES DE DESARROLLO EN LA REGIÓN

Se realizó una revisión del Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá D.C. 2012 – 2016 – Bogotá Humana y del Plan de Desarrollo de Cundinamarca – Calidad de Vida 2012 – 2016, con el fin de identificar las prioridades de desarrollo económico, social y ambiental de la región. En el anexo 1 se presenta un resumen de los programas y proyectos mencionados en estos documentos.

El “Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá D.C. 2012 – 2016” fue adoptado bajo acuerdo 489 de 2012 y representa el instrumento jurídico de la capital de Colombia que contiene los objetivos, las metas, estrategias y políticas del gobierno distrital, para elevar las condiciones de bienestar de la ciudadanía y sentar las bases de un cambio de enfoque de la acción pública. Se encuentra estructurada en tres ejes estratégicos principales:

1. Una ciudad que reduce la segregación y la discriminación: el ser humano en el centro de las preocupaciones del desarrollo, 2. Un territorio que enfrenta el cambio climático y se ordena alrededor del agua, 3. Una Bogotá en defensa y fortalecimiento de lo público

Cada uno de los ejes estratégicos mencionados anteriormente, cuenta con objetivos, estrategias, programas y proyectos prioritarios que fueron evaluados con el fin de consolidar las prioridades de desarrollo para Bogotá, tal y como lo plantea la metodología. El resultado se muestra en el cuadro 1 y constituye el insumo para la evaluación de la matriz de desempeño de Bogotá.

**CUADRO 1: PRIORIDADES SOCIALES PARA BOGOTÁ.**

PRIORIDADES SOCIALES	
Garantía del desarrollo integral de la primera infancia	Ambientes adecuados para el crecimiento de infantes de 0 a 5 años, construcción de ludotecas y parques y educación inicial de calidad.
Garantía y promoción del derecho a la salud	Modernización de infraestructura de salud, ampliación y mejoramiento de la atención prehospitalaria y creación de herramientas informáticas que faciliten el acceso a la salud.
Optimización del derecho a la educación	Educación media fortalecida (garantía del derecho con calidad, gratuidad y permanencia) y mayor acceso a la educación superior.
Promoción de los derechos humanos con énfasis en igualdad y equidad	Promoción de los derechos humanos, lucha contra distintos tipos de discriminación y violencias por condición, situación, identidad, diferencia, diversidad o etapa del ciclo vital; programas por la dignidad de víctimas y ejercicio de las libertades culturales y deportivas
Seguridad alimentaria y nutricional	Fortalecimiento de la agricultura urbana y periurbana y optimización de la disponibilidad y acceso de alimentos en el mercado interno a través del abastecimiento.
Fortalecimiento y mejoramiento de la calidad y cobertura de los servicios públicos	Mejoramiento de la accesibilidad financiera al transporte público, Suministro de alumbrado público con calidad, modernización y regularización de la oferta pública y privada de servicios funerarios urbanos y rurales de Bogotá.
Programa vivienda y hábitat humanos	Producción de suelo y urbanismo para la construcción de vivienda de interés prioritario y mejoramiento integral de barrios y viviendas.

Fuente: Plan de Desarrollo de Bogotá 2012 – 2016.

CUADRO 2: PRIORIDADES AMBIENTALES PARA BOGOTÁ.

PRIORIDADES AMBIENTALES	
Recuperación, rehabilitación y restauración de la estructura ecológica principal y de los espacios del agua	Mejoramiento de la calidad hídrica de los afluentes del río Bogotá, recuperación y renaturalización de los espacios del agua, control ambiental del suelo de protección, de áreas intervenidas por minería y áreas susceptibles de ocupación ilegal y uso sostenible de la biodiversidad.
Desarrollo de la estrategia territorial regional frente al cambio climático	Planificación territorial para la adaptación y la mitigación frente al cambio climático y reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> .
Aumento de la movilidad	Construcción e integración de la red férrea, Implementación del Sistema Integrado de Transporte Público-SITP, promoción del uso de bicicleta, optimización de las ciclorutas y construcción, operación y conservación de espacio público peatonal.
Gestión integral de riesgos	Fortalecimiento del sistema distrital de gestión del riesgo disminuyendo la vulnerabilidad frente a riesgos y cambio climático.
Optimización del manejo de residuos sólidos: Basura cero	producción sostenible, reducción de basuras y separación en la fuente, reciclaje, aprovechamiento final y minimización de la disposición en relleno sanitario y manejo de escombros y residuos peligrosos.

Fuente: Plan de Desarrollo de Bogotá 2012 – 2016.

CUADRO 3: PRIORIDADES ECONÓMICAS PARA BOGOTÁ.

PRIORIDADES ECONÓMICAS	
Desarrollo regional	Institucionalización, coordinación y cooperación en lo relativo a la integración regional para el desarrollo
Fortalecimiento de la función administrativa y desarrollo institucional	Sistemas de mejoramiento de la gestión y de la capacidad operativa de las entidades y de las finanzas de la capital, dignificación del empleo público e información como activo corporativo.
Ciencia, tecnología e innovación para avanzar en el desarrollo de la ciudad.	Fomento de la investigación básica y aplicada para fortalecer la productividad empresarial y cooperativa
Apoyo a la economía popular, emprendimiento y productividad.	Programas de apoyo a la economía popular y de promoción de trabajos dignos y decentes

Fuente: Plan de Desarrollo de Bogotá 2012 – 2016.

Por otro lado, el Plan de Desarrollo de Cundinamarca – Calidad de Vida 2012 – 2016 tiene cuatro enfoques transversales que son: Garantía Integral de derechos y enfoque diferencial, fortalecimiento institucional

para la equidad, fortalecimiento de la región y funcionalidad del territorio y priorización para familias y personas en situación de pobreza extrema. A partir de estos enfoques, se establecieron cuatro objetivos estratégicos que fueron estudiados para la generación del listado de prioridades de desarrollo de Cundinamarca y que se resumen en el cuadro 4.

CUADRO 4: PRIORIDADES SOCIALES PARA CUNDINAMARCA.

PRIORIDADES SOCIALES	
Mejoramiento de las condiciones y oportunidades de vida	Mejorar condiciones y oportunidades de vida, cohesión sociocultural y equidad para el desarrollo integral del ser humano (Niños, jóvenes, adultos, tercera edad y familia) y del territorio.
Seguridad Alimentaria y Desarrollo Rural Integral	Garantizar el acceso a alimentos de óptima calidad y en cantidad suficiente a la población más vulnerable.
Empoderamiento Local para la Equidad Territorial y Regional	El programa tiene como objeto empoderar a los municipios a través de apoyo institucional y técnico que fortalezca su autonomía y desarrollo local en las áreas: social, jurídica, económica, cultural, ambiental y desarrollo humano.
Seguridad y Convivencia	fomentar la convivencia pacífica, el respeto y ejercicio de los Derechos Humanos, el acceso a la justicia, la protección de la vida y los bienes de la ciudadanía rural y urbana, orientando al ciudadano al cumplimiento voluntario de las normas y su autorregulación como medio alternativo de resolución pacífica de conflictos, que permita la consolidación de un departamento seguro, próspero y confiable.
Gestión de las TIC's en Cundinamarca	El programa de TIC's en Cundinamarca tiene como objeto mejorar la calidad de vida de los cundinamarqueses a través del desarrollo, uso y apropiación de las TIC's por parte de la comunidad, propiciando el acceso y la participación virtual en los programas, proyectos y servicios que ofrecen las instituciones gubernamentales, organizaciones sin ánimo de lucro y el sector privado en general.

Fuente: Plan de Desarrollo Cundinamarca 2012 - 2016

CUADRO 5: PRIORIDADES AMBIENTALES PARA CUNDINAMARCA.

PRIORIDADES AMBIENTALES	
Conservación de los bienes y servicios ambientales	Busca garantizar el derecho al ambiente sano, preservando la oferta de bienes ambientales para asegurar la prestación de servicios derivados de los mismos, con especial énfasis en las áreas de interés hídrico, la reducción y compensación de emisiones de gases efecto invernadero – reducción de la huella de carbono, Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), investigación científica y tecnológica aplicada a la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad.

PRIORIDADES AMBIENTALES	
Promoción del Agua y Saneamiento para el Bienestar	Incrementar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable y saneamiento básico en zonas urbanas, centros poblados y zonas rurales, garantizar el acceso a estos servicios con preferencia para la población en condición de pobreza y pobreza extrema, y de vulnerabilidad.
Gestión Integral de Residuos sólidos	Fortalecer la gestión departamental en el manejo adecuado de los residuos sólidos, promoviendo estrategias viables para la atención de cada uno de los componentes del sistema bajo preceptos de minimización, aprovechamiento efectivo, recolección y transporte eficientes y disposición final.
Gestión del riesgo y Adaptación al Cambio y la Variabilidad Climática	Se fortalecerán las capacidades de las administraciones municipales y regionales para integrar el cambio climático y la Gestión del Riesgo en la planeación territorial.
Programa Infraestructura y Movilidad	fortalecer la competitividad del departamento a través de infraestructura logística y para la movilidad y el transporte, que permita una óptima integración de los territorios y una mejor movilidad de los factores productivos del mercado externo e interno del departamento, bajo criterios de sostenibilidad social, económica y ambiental.

Fuente: Plan de Desarrollo Cundinamarca 2012 - 2016

CUADRO 6: PRIORIDADES ECONÓMICAS PARA CUNDINAMARCA.

PRIORIDADES ECONÓMICAS	
Gestión de Procesos de Asistencia Técnica, Directa, Rural y Planificación Agropecuaria.	El fortalecimiento de los procesos de asistencia técnica rural agropecuaria, es la base fundamental sobre la cual, se soporta el desarrollo agropecuario, bajo los criterios de competitividad, sostenibilidad y participación comunitaria.
Integración y desarrollo Regional	Fortalecer la competitividad y el desarrollo de la Región, mediante estrategias de integración de índole subregional, regional y supra regional.
Programa Turismo Regional	Consolidar Cundinamarca como destino turístico competitivo nacional e internacional a partir de la ventaja comparativa que le reporta su estratégica ubicación central en el país, sumado esto a su riqueza natural cultural y ancestral.
Minería y Energía para los Cundinamarqueses	Los recursos mineros del departamento deben ser aprovechados de manera integral, de tal forma que atienda las necesidades sociales del sector, desarrolle plataformas tecnológicas y técnicas para mejorar la exploración y explotación y cree escenarios de inversión privada.
Desarrollo Competitivo del Sector Agropecuario	propiciar el equilibrio entre el crecimiento económico, la calidad de vida e igualdad de oportunidades y estímulos especialmente para los jóvenes y familias rurales.

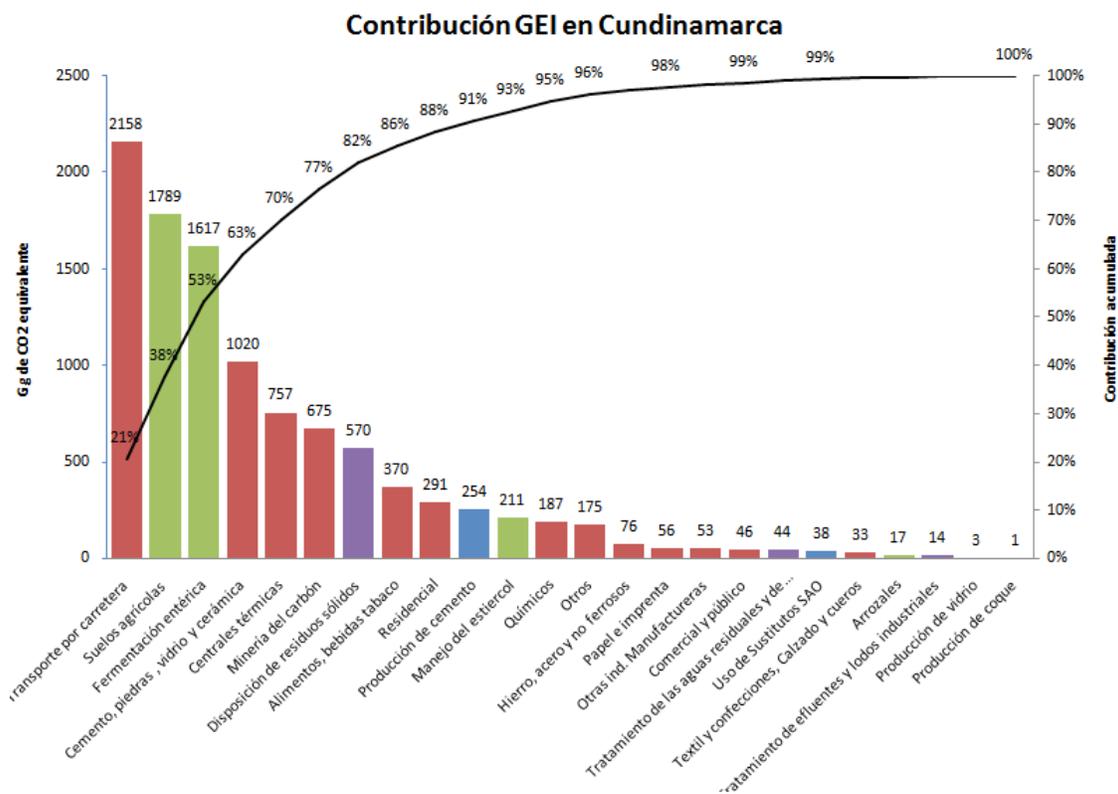
PRIORIDADES ECONÓMICAS	
Cundinamarca Emprendedora y Empresarial	Mejorar las apuestas productivas del departamento de Cundinamarca a través del fomento del emprendimiento, asociatividad, la capacitación, formalización de empresas, fortalecimiento empresarial, transferencia de tecnología y de conocimiento de los sectores económicos
Cooperación e Inversión Social Privada	Gestionar cooperación nacional e internacional e inversión social privada para avanzar en el desarrollo del Departamento con la corresponsabilidad de la sociedad civil, el sector privado y de aliados nacionales e internacionales.

Fuente: Plan de Desarrollo Cundinamarca 2012 - 2016

## 2.2 PRINCIPALES SECTORES EMISORES DE GEI EN LA REGIÓN

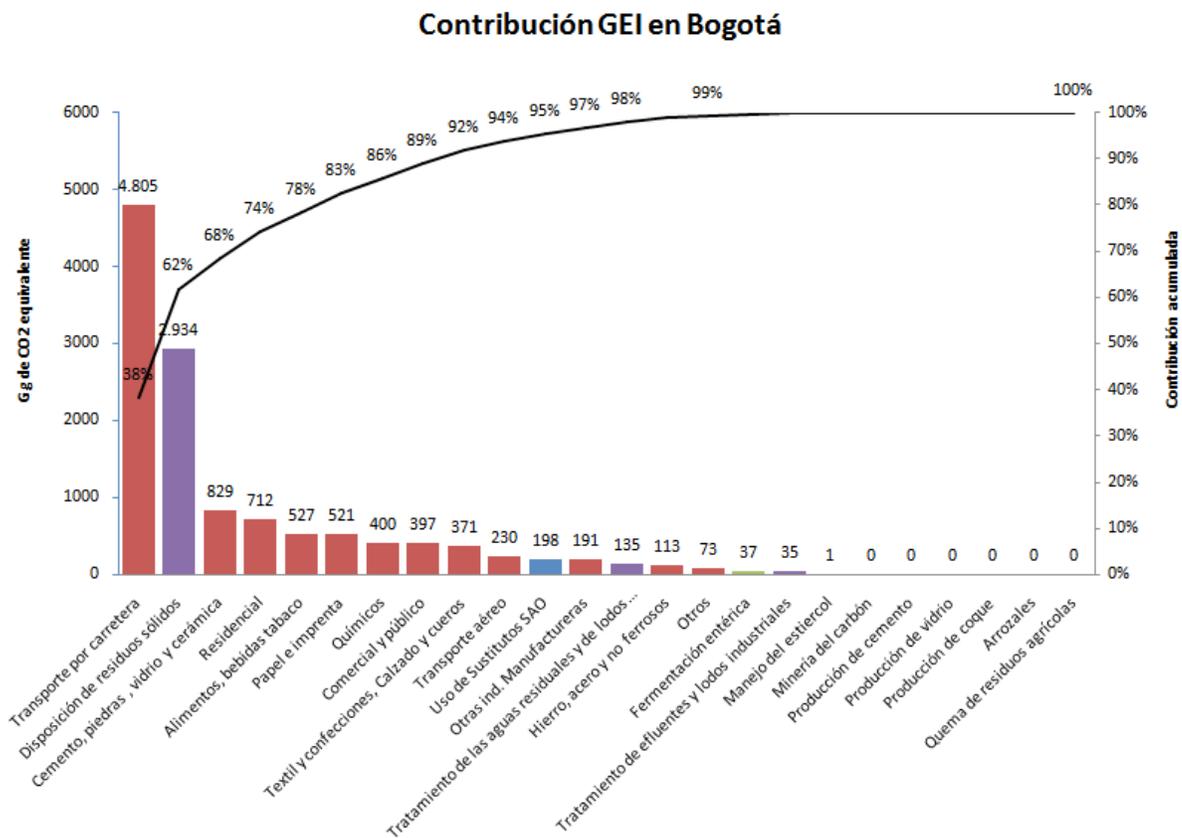
A partir de los resultados del inventario de emisiones GEI año 2008 para Bogotá y Cundinamarca se elaboró un diagrama de Pareto con el fin de identificar los sectores que aportan el 75% de las emisiones totales en Cundinamarca y en Bogotá. Los resultados se muestran en las figuras 4 y 5.

FIGURA 4. DIAGRAMA PARETO RESULTADO EMISIONES CUNDINAMARCA



Fuente: El autor, Inventario de emisiones GEI región Capital, 2012

FIGURA 5. DIAGRAMA PARETO RESULTADO EMISIONES BOGOTÁ



Fuente: El autor, Inventario de emisiones GEI region Capital, 2012

Según se observa en las anteriores gráficas, en Cundinamarca los sectores que agregan el 77% de las emisiones son 6, los cuales se describen en el cuadro 7.

CUADRO 7. SECTORES QUE APORTAN EL 77% DE LAS EMISIONES EN CUNDINAMARCA

SECTOR	PARTICIPACIÓN EN LAS EMISIONES TOTALES
Transporte por carretera	21%
Suelos agrícolas	17%
Fermentación entérica	15%
Uso de combustibles fósiles en la industria de cemento, piedra, vidrio y cerámica	10%
Uso de combustibles fósiles en centrales térmicas	7%
Emisiones fugitivas por minería del carbón	7%
<b>TOTAL</b>	<b>77%</b>

Fuente: El autor, este estudio

En Bogotá, 5 sectores agregan el 78% de las emisiones, los cuales se describen en el cuadro 8.

CUADRO 8. SECTORES QUE APORTAN EL 78% DE LAS EMISIONES EN BOGOTÁ

SECTOR	PARTICIPACIÓN EN LAS EMISIONES TOTALES
Transporte por carretera	38%
Disposición de residuos sólidos	24%
Uso de combustibles en la industria de cemento, vidrio, papel	6%
Uso de combustibles fósiles en el sector residencial	6%
Uso de combustibles en la industria de alimentos, bebidas y tabaco	4%
<b>TOTAL</b>	<b>78</b>

Fuente: El autor, este estudio

Los sectores indicados en los cuadros 7 y 8 son los que se tienen en cuenta en la matriz de desempeño para la priorización en Cundinamarca y Bogotá.

## 2.3 MATRIZ DE DESEMPEÑO

Con los sectores identificados en el numeral 2.2 y teniendo en cuenta las prioridades de desarrollo definidas en el numeral 2.1, se realizó la matriz de desempeño para Bogotá y Cundinamarca, con el fin de obtener la lista de sectores priorizados en materia de mitigación. En los cuadros x y x se presentan dichas matrices.

CUADRO 9: MATRIZ DE DESEMPEÑO PARA CUNDINAMARCA:

Sector	Prioridades Económicas	Prioridades Sociales	Prioridades Ambientales	Potencial de reducción de GEI	Beneficio Total
Transporte terrestre	2	2	5	5	14
Suelos agrícolas	5	3	3	4	15
Fermentación entérica	4	3	3	4	14
Industria de cemento, vidrio, papel	3	1	2	3	9
Minería del carbón	4	1	2	3	10
Centrales térmicas	1	1	2	3	7

Fuente: El autor, este estudio

### JUSTIFICACIÓN:

Sector transporte: Se le otorga la máxima puntuación en las prioridades ambientales del departamento por cuanto una mejora tecnológica en este sector contribuye con los programas de infraestructura y movilidad y conservación de servicios ambientales (ver cuadro x); así mismo se le otorga una puntuación de 5 en potencial de reducción de GEI dado que este sector aporta más del 20% del total de las emisiones en Cundinamarca. Una mejora en este sector es ligeramente deseable para las prioridades económicas y sociales de la región por cuanto contribuye de forma indirecta con la integración y desarrollo regional (ver cuadro x) y con la mejora de las condiciones y oportunidades de vida (ver cuadro x).

Suelos agrícolas: La máxima puntuación en la prioridad económica está dada por el aporte que una mejora en este sector haría a los programas de: Cundinamarca emprendedora y empresarial (mejorar las apuestas productivas de la región entre las que se encuentran algunos cultivos como frutales exportables, hierbas aromáticas, hortalizas); gestión de procesos de asistencia técnica, directa, rural y planificación agropecuaria; y desarrollo competitivo del sector agropecuario. El porcentaje de participación de las emisiones totales es del 17% lo cual significa un importante potencial de reducción de GEI y una calificación de 4. Dentro de las prioridades sociales del departamento se encuentra está la seguridad alimentaria y desarrollo rural integral, por lo cual las mejoras en el sector son deseables (puntaje 3). En cuanto a las prioridades ambientales se encuentra que

los programas de conservación de los bienes y servicios ambientales y el de gestión del riesgo y adaptación al cambio y la variabilidad climática serían moderadamente beneficiados con una mejora en este sector.

**Fermentación entérica:** Una mejora en el sector pecuario contribuiría a las prioridades sociales y ambientales de igual forma que el sector de suelos agrícolas. Respecto a las prioridades de desarrollo económico se observa igual contribución que el sector anteriormente descrito, excepto porque el sector pecuario no hace parte de las apuestas productivas de la región. El porcentaje de participación de las emisiones totales es del 15% lo cual significa un importante potencial de reducción de GEI y una calificación de 4.

**Industria de cemento, vidrio y papel:** La puntuación en la prioridad económica está dada por el aporte que una mejora en este sector haría a los programas de: Cundinamarca emprendedora y empresarial (mejorar las apuestas productivas de la región entre las que se encuentran las industrias pertenecientes a este sector) y cooperación e inversión social privada. Para las prioridades ambientales una mejora en este sector sería ligeramente deseable por la contribución que se pueda dar en la conservación de los bienes y servicios ambientales.

**Minería del carbón:** La puntuación en la prioridad económica está dada por el aporte que una mejora en este sector haría en el programa específico: Minería y Energía para los Cundinamarqueses. Para las prioridades ambientales una mejora en este sector sería ligeramente deseable por la contribución que se pueda dar en la conservación de los bienes y servicios ambientales.

**Centrales térmicas:** El aporte en las prioridades de desarrollo de la región es apenas significativo, dado que las mejoras en este sector no se relacionan directamente con los programas y proyectos prioritarios en el Plan de Desarrollo.

**CUADRO 10: MATRIZ DE DESEMPEÑO PARA BOGOTÁ:**

SECTOR	PRIORIDADES ECONÓMICAS	PRIORIDADES SOCIALES	PRIORIDADES AMBIENTALES	POTENCIAL DE REDUCCIÓN DE GEI	BENEFICIO TOTAL
	2	3	4	5	14
Disposición de residuos sólidos	2	3	4	4	13
Sector residencial	0	3	1	2	6
Industria de cemento, vidrio, papel	3	0	1	2	6
Industria de alimentos, bebidas y tabaco	3	0	1	2	6

Fuente: El autor, este estudio

## JUSTIFICACIÓN:

**Transporte por carretera:** Este sector es el que posee el mayor potencial de reducción de emisiones GEI dado que aporta el 38% de las emisiones totales, razón por la cual se le otorga la máxima calificación. Una

mejora en este sector contribuiría de forma importante con las prioridades ambientales relacionadas con el aumento de la movilidad y el desarrollo de la estrategia territorial de Cambio Climático. También representa una mejora deseable en las prioridades sociales identificadas para Bogotá por la contribución al fortalecimiento y mejora en la calidad de servicios públicos. El aporte en las prioridades económicas es indirecto por su aporte al desarrollo regional.

Disposición de residuos sólidos: Este sector representa alto potencial de reducción de emisiones GEI, razón por la cual se le otorga calificación de 4. Una mejora en este sector contribuiría de forma importante con las prioridades ambientales relacionadas con el programa de basura 0 y el desarrollo de la estrategia territorial de Cambio Climático. También representa una mejora deseable en las prioridades sociales identificadas para Bogotá por la contribución al fortalecimiento y mejora en la calidad de servicios públicos.

Uso de combustibles en la industria de cemento, vidrio, papel: Este sector representa bajo potencial de reducción de emisiones GEI, razón por la cual se le otorga calificación de 2. Una mejora en este sector contribuiría de forma indirecta con las prioridades ambientales relacionadas con el programa de desarrollo de la estrategia territorial de Cambio Climático. No se identifica aporte en las prioridades de desarrollo social y a las prioridades de desarrollo económico representa una mejora deseable por su aporte al desarrollo regional y al programa de ciencia y tecnología.

Uso de combustibles fósiles en el sector residencial: Este sector representa bajo potencial de reducción de emisiones GEI, razón por la cual se le otorga calificación de 2. Una mejora en este sector contribuiría de forma indirecta con las prioridades ambientales relacionadas con el programa de desarrollo de la estrategia territorial de Cambio Climático. No se identifica aporte en las prioridades de desarrollo económico y a las prioridades de desarrollo social contribuye en la mejora de la calidad de servicios públicos.

Uso de combustibles en la industria de alimentos, bebidas y tabaco: Este sector representa bajo potencial de reducción de emisiones GEI, razón por la cual se le otorga calificación de 2. Una mejora en este sector contribuiría de forma indirecta con las prioridades ambientales relacionadas con el programa de desarrollo de la estrategia territorial de Cambio Climático. No se identifica aporte en las prioridades de desarrollo social y a las prioridades de desarrollo económico representa una mejora deseable por su aporte al desarrollo regional y al programa de ciencia y tecnología.

## 2.4 LISTA DE SECTORES PRIORITARIOS

Según los resultados de la aplicación de la matriz de desempeño para Cundinamarca, en orden de prioridad (de mayor a menor) los sectores estratégicos para implementar estrategias de mitigación son los siguientes:

1. Suelos agrícolas.
2. Transporte por carretera.
3. Fermentación entérica.
4. Emisiones fugitivas por minería del carbón.
5. Uso de combustibles fósiles en la industria de cemento, piedra, vidrio y cerámica.
6. Uso de combustibles fósiles en centrales térmicas.

Según los resultados de la aplicación de la matriz de desempeño para Bogotá, en orden de prioridad (de mayor a menor) los sectores estratégicos para implementar estrategias de mitigación, son los siguientes:

7. Transporte por carretera.
8. Disposición de residuos sólidos.
9. Uso de combustibles en la industria de cemento, vidrio, papel.
10. Uso de combustibles fósiles en el sector residencial.
11. Uso de combustibles en la industria de alimentos, bebidas y tabaco.

En los cuadros 11 y 12 se presenta una descripción de línea de base de cada sector para Cundinamarca y Bogotá respectivamente:

**CUADRO 11: LÍNEA DE BASE DE CADA SECTOR PRIORITARIO PARA CUNDINAMARCA**

SECTOR	DESCRIPCIÓN DE LÍNEA BASE
Transporte por carretera.	La actividad del transporte junto con almacenamiento y comunicaciones, en Cundinamarca aporta el 4.6% del PIB departamental. (Información tomada de la publicación: "Estadísticas de Cundinamarca 2010" de la Gobernación de Cundinamarca). Según información sobre reportes del parque automotor del Ministerio de Transporte, en Cundinamarca representa aproximadamente el 9% del parque automotor de Colombia. En cuanto a consumo de combustible, se distribuye gasolina y diesel y gas natural vehicular. El gas natural, según información de reportada por CREG (Comisión de Regulación de Energía Gas) es distribuido en Cundinamarca por las siguientes empresas: Alcanos de Colombia, Gas Natural Cundiboyacense, Gas natural S.A., Llanogás y Medigas.
Suelos agrícolas.	Dentro de esta categoría se tienen cuenta el uso de fertilizantes en la región, el cual se considera importante teniendo en cuenta que el total de área con destinación agrícola en Cundinamarca corresponde aproximadamente al 6% del total nacional, encontrándose en el sexto departamento con mayor uso agrícola (encuesta anula agropecuaria). En cuanto a la actividad pecuaria, Cundinamarca aporta el 5,77% del inventario bovino nacional (ocupando un sexto lugar), lo cual es relevante en términos de aporte de Nitrógeno al suelo por el estiércol del ganado (Encuesta anual agropecuaria 2008, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Colombia Internacional CCI) Por otra parte, en lo referente al área cultivada en suelos histosoles se encuentra que el departamento cuenta con un área significativa de este tipo de suelos, en su mayoría no cultivados; sin embargo es importante tener en cuenta el área cultivada, por ser un aporte importante a las emisiones directas de N <sub>2</sub> O por suelos agrícolas.
Fermentación entérica.	Las actividades agropecuarias son desempeñadas aproximadamente por un 34,4% de la población del Departamento que disponen de una superficie de suelo rural equivalente a 2.209.132 Hectáreas de los cuales, en promedio, el 9,2% se dedica a usos agrícolas, el 72% a usos pecuarios, un 15,8% a bosques y el 2,9% a otros usos. La rama de actividad pecuaria está comprendida básicamente por las siguientes subramas: explotación bovina con una participación del 78.5%, y la explotación avícola con el 15.3%. Dentro de la actividad bovina la explotación lechera es la más importante y alcanza el 53% de dicha actividad, además de la producción de carne. (Información tomada de la publicación: "Estadísticas de Cundinamarca 2010" de la Gobernación de Cundinamarca).

<p>Uso de combustibles fósiles en la industria de cemento, piedra, vidrio y cerámica.</p>	<p>La actividad de la industria manufacturera es en Cundinamarca la rama económica mas representativa, aporta el 25% del PIB departamental En la industria los municipios con mayores participaciones son: Soacha (25,9%), Madrid (7,1%), Mosquera (6,2%), Girardot (5,3%), Tenjo (5,1%) y Funza (4,9%). Dentro de las principales industrias se destacan: productos agroindustriales, productos químicos y productos de metalmecánica.</p> <p>Con relación al nivel nacional, el PIB de Cundinamarca le aporta cerca del 5,23%, lo que constituye la quinta economía regional en importancia en el país después de Bogotá, Antioquia, Valle y Santander. (Información tomada de la publicación: “Estadísticas de Cundinamarca 2010” de la Gobernación de Cundinamarca).</p> <p>En Cundinamarca la producción de cemento se realiza en las siguientes plantas: Santa Rosa de cemento en la Calera bajo la razón social de cementos Samper, la planta ubicada en Cogua bajo la razón social de cementos Diamante S.A., una planta de cementos Titan S.A. en Cota y la planta de Argos en Cajica. Según datos de producción reportados por el DANE, la participación de Cundinamarca en la producción Nacional es en promedio del 4,7%.</p>
<p>Uso de combustibles fósiles en centrales térmicas</p>	<p>Existen en la región 8 centrales de generación de energía eléctrica administradas en su totalidad por EMGESA. De estas, 7 son hidroeléctricas que no emplean combustibles fósiles en su actividad y la restante es una central térmica que funciona con carbón mineral. (Información tomada de la página de EMGESA).</p>

CUADRO 12: LÍNEA DE BASE DE CADA SECTOR PRIORITARIO PARA BOGOTÁ

SECTOR	DESCRIPCIÓN DE LÍNEA BASE
Transporte por carretera.	<p>La región Bogotá - Cundinamarca agregaba en el año 2008 aproximadamente el 30% de los automotores carreteros de Colombia (Ministerio de Transporte, 2012) y consumió aproximadamente el 27% de la energía total empleada por el sector transporte en el país (UPME, 2010).</p> <p><b>Parque automotor en Bogotá1:</b> El parque automotor en Bogotá, según cifras de la secretaría de movilidad (SDM), para el año 2009 se calculó en 1´ 188.492 vehículos segregados como se explica a continuación:</p> <p>Transporte público colectivo:</p> <p>De acuerdo con los registros de la Secretaría de movilidad (SDM) para el año 2008 había 16.168 vehículos de transporte público colectivo (TPC), para el 2009 este número se redujo un 3.2% llegando a un total de 15.655 vehículos registrados, lo que es atribuido a la desintegración de vehículos por parte de la SDM. La edad promedio de los vehículos del TPC es de 10 años: las busetas tienen una edad promedio de 15 años, dos años menor que en el 2008 y los microbuses y buses mantienen una edad promedio de 7 años.</p> <p>Transmilenio</p> <p>El sistema transmilenio es el sistema de transporte masivo de Bogotá. De acuerdo con la SDM, este sistema contaba con 1135 vehículos articulados (Buses del sistema), 6 vehículos biarticulados y 517 alimentadores, para un total de 1658 vehículos en el año 2009. Adicionalmente, se estima que para este mismo año recorrieron en promedio 218 mil kilómetros al día.</p> <p>Taxis</p> <p>En el 2009, la flota de taxis aumentó a 49.350, lo que comparado con el año 2008 representaba un crecimiento de 407 taxis más. La edad promedio de este servicio es de 5 años.</p> <p>Vehículos particulares</p> <p>Para el año 2009 la SDM registra un total de 958.072 vehículos particulares matriculados entre automóvil, camioneta y campero lo que representa un aumento en el parque automotor de 11% con respecto al año anterior.</p> <p>La edad promedio de los vehículos particulares es de 14 años, permaneciendo constante con respecto al año anterior.</p> <p>Motos</p> <p>La cantidad de motos que circula en la ciudad de Bogotá se ha incrementado en la última década. Para el 2008 se registraban 140.485 motos y en el año 2009 aumentó a 163.757, lo que corresponde a un 17% de aumento. La edad promedio de estos vehículos es de 7 años.</p>

<p>Disposición de residuos sólidos</p>	<p>Para la disposición final de residuos sólidos generados en Bogotá, el Distrito Capital cuenta con un relleno sanitario denominado Doña Juana, el cual inició sus operaciones el 1 de noviembre de 1988. El relleno se encuentra circundado por las localidades de Ciudad Bolívar al noroccidente, Tunjuelito al norte y Usme al sur oriente. El área total es de aproximadamente 560 hectáreas, de las cuales solamente el 40% es utilizada como Relleno Sanitario, repartida en ocho zonas, en donde se han desarrollado o están en proceso de desarrollo, las etapas de disposición de residuos sólidos convencionales y de residuos hospitalarios. De acuerdo con las características técnicas y de operación de dicho relleno, se puede clasificar como un sitio gestionado (según definiciones IPCC).</p> <p>Al relleno, llegan en promedio 6.000 ton/día de residuos domiciliarios, de grandes generadores, de corte de césped y de poda de árboles; los cuales han sido recolectados y transportados por cuatro empresas que operan en las Áreas de Servicio Exclusivo establecidas (cobertura a 19 localidades), contratadas por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos - UAESP, bajo la modalidad de concesión, estos concesionarios son: Lime, Atesa, Aseo Capital, Ciudad Limpia. Se calcula que para el año 2008, se tiene un índice de 0,8 Kg/habitante*día de residuos dispuestos en el Relleno Doña Juana.</p> <p>Existe una ruta de recolección selectiva por medio del cual, se recoge el material reciclable que los ciudadanos previamente han separado en sus hogares; la ruta la hacen los concesionarios del servicio de aseo en frecuencias y horarios fijos al 33% de la ciudad; el material reciclable recolectado por la Ruta de Recolección Selectiva es llevado al Centro de Reciclaje La Alquería, lugar en el cual se realiza la selección, clasificación, empaque y embalaje de los materiales aprovechables, para su posterior comercialización. Esta ruta se implementó a partir del 1° de junio de 2006.</p> <p>En el sector rural de Bogotá (ocho localidades del Distrito Capital cuentan con áreas rurales), se realizan algunas prácticas de manejo de residuos sólidos como son el enterramiento, recolección y quema de los mismos. Se estima una producción per cápita de residuos sólidos de 0.27 Kg/habitante*día para dicha población rural, para un total aproximado de residuos generados de 7.500 ton/año 2008. Se desconoce la fracción enterrada y la fracción quemada.</p>
<p>Uso de combustibles en la industria de cemento, vidrio, papel.</p>	<p>El sector de industria manufacturera ocupa el cuarto lugar en cuanto aporte del PIB en Bogotá con una participación del 13% (luego de sectores no intensivos en uso de combustibles como lo son comercio, establecimientos financieros y actividades inmobiliarias, y actividades de servicios sociales) y respecto al PIB manufacturero nacional, la capital se ubica en primer lugar con una participación del 22% para el año 2008.</p> <p>En Bogotá existen 632 establecimientos dedicados a la industria de los minerales no metálicos (Cemento, vidrio, cerámica, etc), que conforman el 2,5% del total de establecimientos manufactureros de Bogotá. Estos establecimientos contribuyen con el 3,2% del valor agregado de la manufactura capitalina.</p> <p>Por otro lado se estima que alrededor de 9344 personas se encuentran empeladas por esta industria y que el consumo total de energía eléctrica en el año 2004, fue de 67889791 (kwh) lo que representa un 4,2% del consumo del sector en Bogotá.</p>

<p>Uso de combustibles fósiles en el sector residencial.</p>	<p>Según el Sistema único de información de servicios públicos – SUI, existen 1,621,987 usuarios residenciales registrados en 2012.</p> <p>En la última década, la tasa de crecimiento del consumo de gas natural comprimido (GNC) en el distrito capital fue en promedio del 40% anual, se estimó que para el 2007 el consumo mensual aproximado fue de 50 millones de m<sup>3</sup>.</p> <p>Al analizar la década comprendida desde 1997 hasta 2007, se encontró que el sector residencial aumentó el consumo de gas en un 400%. De la misma manera, al estudiar la distribución porcentual del consumo mensual de gas por tipo de usuario, se puede concluir que el sector residencial participa en promedio con un 63% del consumo de la capital, siendo los estratos 2 y 3 los usuarios más frecuentes.</p> <p>Para el 2007 se encontró que la cobertura efectiva de este servicio alcanzaba el 83% de acuerdo con información suministrada por la UPME, concluyendo que la consolidación de la oferta de Gas Natural domiciliario se logró en apenas una década.<sup>3</sup></p>
<p>Uso de combustibles en la industria de alimentos, bebidas y tabaco</p>	<p>La Industria de la elaboración de productos alimenticios y bebidas cuenta con 307 (12,3%) establecimientos de los 2487 establecimientos manufactureros de Bogotá, con una contribución significativa (23,5%) al valor agregado por la industria manufacturera de la capital. Consecuentemente, la industria de alimentos y bebidas consume el 16,3% de la energía total consumida por manufactura en Bogotá.</p> <p>Se estima que 26729 personas fueron empleadas en 2004 por esta industria.<sup>4</sup></p>

# CONCLUSIONES

Se identificaron los sectores estratégicos para la implementación de acciones de mitigación en la región Cundinamarca – Bogotá, evaluados según su máximo beneficio teniendo en cuenta las prioridades económicas, sociales y ambientales de la región y según el potencial de reducción de GEI. Los resultados por orden de prioridad (de mayor a menor) son:

Cundinamarca:

1. Suelos agrícolas.
2. Transporte por carretera.
3. Fermentación entérica.
4. Emisiones fugitivas por minería del carbón.
5. Uso de combustibles fósiles en la industria de cemento, piedra, vidrio y cerámica.
6. Uso de combustibles fósiles en centrales térmicas.

Bogotá:

1. Transporte por carretera.
2. Disposición de residuos sólidos.
3. Uso de combustibles en la industria de cemento, vidrio, papel.
4. Uso de combustibles fósiles en el sector residencial.
5. Uso de combustibles en la industria de alimentos, bebidas y tabaco.

# ANEXOS

Archivos en digital (CD adjunto)

**Anexo 1:** Excel con cuadro resumen de los planes y proyectos formulados en el Plan de Desarrollo de Bogotá y en el Plan de Desarrollo de Cundinamarca.

## PARTE 2

Lista de tecnologías disponibles para cada uno de los sectores priorizados para la implementación de estrategias de mitigación en la Región Capital Bogotá - Cundinamarca

# TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	34
1.METODOLOGÍA.....	35
1.1 <i>Lista de sectores priorizados</i> .....	35
1.2 <i>Fuentes de datos consultadas</i> .....	38
2.RESULTADOS.....	39
2.1 <i>Tecnologías/medidas de mitigación disponibles por sectores</i> .....	39
2.1.1 Sector Transporte.....	40
2.1.2 Sector Agrícola y forestal .....	57
2.1.3 Sector Residuos Sólidos .....	69
2.1.4 Sector Minería de Carbón.....	86
2.1.5 Sector Residencial .....	87
2.1.6 Consumo de energía eléctrica.....	103
2.1.7 Sector Industrial: Cemento, vidrio y cerámica.....	122
2.2 <i>Los ecosistemas y la mitigación del cambio climático</i> .....	129
3.CONCLUSIÓN: .....	132
CONCLUSIONES.....	139
REFERENCIAS.....	141

# LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Sectores priorizados para implementación de medidas y tecnologías de mitigación en Cundinamarca y Bogotá .....	37
Cuadro 2: Cuadro descriptor de las tecnologías de mitigación disponibles para el sector transporte .....	40
Cuadro 3: Ejemplos de medidas blandas para mitigar las emisiones de GEI procedentes de vehículos ligeros, que han sido empleadas en países en desarrollo.....	54
Cuadro 4: Ejemplos de medidas blandas para mitigar las emisiones de GEI procedentes de vehículos pesados, que han sido empleadas en países en desarrollo .....	56
Cuadro 5: Cuadro descriptor de las tecnologías de mitigación disponibles para el sector agrícola y forestal.....	57
Cuadro 6: Ejemplos de medidas blandas para mitigar las emisiones de GEI del sector agrícola, que han sido empleadas en países en desarrollo.....	68
Cuadro 7: Cuadro descriptor de las tecnologías de mitigación disponibles para el sector residuos.....	69
Cuadro 8: Ejemplos de medidas blandas para mitigar las emisiones de GEI del sector residuos sólidos, que han sido empleadas en países en desarrollo .....	85
Cuadro 9: Cuadro descriptor de las tecnologías de mitigación disponibles para el sector minería del carbono.....	86
Cuadro 10: Cuadro descriptor de las tecnologías de mitigación disponibles para el sector residencial.....	87

Cuadro 11: Cuadro descriptor de las tecnologías de mitigación disponibles relacionadas con el consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores.....	103
Cuadro 12: Cuadro descriptor de las tecnologías de mitigación disponibles para el sector industrial: Cemento, vidrio y cerámica.....	122
Cuadro 13: Proyectos MDL en Cundinamarca y Bogotá, Sector Industrial.....	133
Cuadro 14: Proyectos MDL en Cundinamarca y Bogotá, Sector Energía .....	135
Cuadro 15: Proyectos MDL en Cundinamarca y Bogotá, Sector Residuos .....	136
Cuadro 16: Proyectos MDL en Cundinamarca y Bogotá, Sector Transporte.....	137
Cuadro 17: Proyectos MDL en Cundinamarca y Bogotá, Sector Forestal .....	138

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ruta de trabajo para la definición de proyectos estratégicos para la mitigación al cambio climático en la región Bogotá – Cundinamarca.....	34
Figura 2: Matriz de desempeño para Cundinamarca.....	36
Figura 3: Matriz de desempeño para Cundinamarca.....	37

# INTRODUCCIÓN

El Plan Regional Integral de Cambio Climático (PRICC) para la Región Capital Bogotá – Cundinamarca, contempla dentro de sus objetivos la definición de *“portafolios de proyectos de mitigación y adaptación frente a la variabilidad y cambio climático, que permitan impulsar opciones de desarrollo social y económico, lo suficientemente robustas para resistir a las condiciones de un clima cambiante”*. Con el fin de dar cumplimiento a este objetivo específicamente en lo concerniente a proyectos de mitigación, se definió una ruta de trabajo sistemática la cual fue socializada y concertada con los diferentes integrantes de la mesa de trabajo interinstitucional de mitigación del PRICC. Esta ruta comprende 4 etapas principales las cuales se describen en la figura 1.

**FIGURA 1: RUTA DE TRABAJO PARA LA DEFINICIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS PARA LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA**



Fuente: El autor, este estudio.

Para el establecimiento de éstas etapas y del plan de trabajo, se siguieron las sugerencias dadas en el “Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático” del PNUD y la CMNUCC. Es importante aclarar que en este proceso el concepto de tecnología comprende las tecnologías duras (equipos y productos para controlar, reducir o prevenir las emisiones de GEI) y blandas

como son las técnicas de trabajo, reglamentación, incentivos fiscales y financieros y la creación de capacidad. (CMNUCC, 2002).

En el presente informe se abarca la segunda etapa de la ruta de trabajo: “Crear lista de tecnologías y medidas de mitigación disponibles para cada sector priorizado”. En primer lugar se presentan los sectores priorizados, resultados de la primera etapa de la ruta de trabajo (numeral 1.1 del presente informe), y posteriormente para cada uno de estos se identifican las tecnologías para mitigación disponibles en el mundo, las cuales se presentan en el capítulo 2.1 del presente documento. Se incluye también en este producto como parte de los resultados, una breve descripción del papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático (numeral 2.2) y una lista de proyectos de mitigación actuales en la región (2.3).

Como conclusión de este producto se obtiene una lista de tecnologías para cada sector prioritario; dichas medidas posteriormente serán priorizadas según criterios técnicos sociales y ambientales y finalmente con análisis costo/beneficio para obtener aquellas medidas adaptables a las necesidades y especificidades de la región Bogotá Cundinamarca.

## 1. METODOLOGÍA

### 1.1 LISTA DE SECTORES PRIORIZADOS

Para identificar los sectores estratégicos en materia de mitigación en la región, se consideraron y adaptaron de acuerdo a las necesidades del PRICC, las sugerencias realizadas en los capítulos 3 y 4 del “Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático” (MENTCC).

Los pasos seguidos para dicha identificación y la descripción de resultados se presentaron en el producto 2 de esta consultoría, denominado “Sectores prioritarios para implementar estrategias de mitigación en la región Cundinamarca – Bogotá”.

Los resultados finales se obtuvieron en un taller realizado con los representantes de las instituciones socias del PRICC. En dicho taller se efectuó el ejercicio de evaluación de las matrices de desempeño para determinar los sectores prioritarios para la implementación de estrategias de mitigación tanto para Bogotá como para Cundinamarca, esto según el beneficio que una medida/acción/proyecto de mitigación en determina

sector pueda aportar en las prioridades de desarrollo de la región y a los lineamientos nacionales en términos de mitigación. Los resultados de la calificación obtenidos para cada matriz se presentan en las figuras 2 y 3.

FIGURA 2: MATRIZ DE DESEMPEÑO PARA CUNDINAMARCA

<b>Sectores que agregan el 90% de las emisiones GEI</b>	<b>Sector</b>	<b>Prioridades Económicas</b>	<b>Prioridades Sociales</b>	<b>Prioridades Ambientales</b>	<b>Lineamientos Nacionales</b>	<b>Beneficio Total</b>
	Transporte	5	5	5	5	20
	Suelos agrícolas	5	5	5	5	20
	Producción pecuaria	3	5	5	5	18
	Industria de cemento, vidrio, papel	4	3	5	0	12
	Minería del carbón	5	5	5	5	20
	Centrales térmicas	2	1	5	0	8
	Residuos sólidos	5	5	5	5	20
	Industria de alimentos, bebidas y tabaco	5	3	5	0	13
	Residencial	5	5	5	5	20
	Consumo de electricidad	5	5	5	5	20

Fuente: El autor, este estudio.

Se establecen como sectores altamente importantes los que obtienen una calificación – beneficio total - superior a 15. Por lo tanto, según la calificación dada se obtiene que **7** de los sectores principales emisores de GEI en Cundinamarca, son altamente importantes para la implementación de estrategias de mitigación; esto es, una medida de mitigación que se implemente en estos sectores es altamente deseable para las prioridades de desarrollo de Cundinamarca y es compatible con los lineamientos nacionales.

FIGURA 3: MATRIZ DE DESEMPEÑO PARA CUNDINAMARCA

Sectores que agregan el 90% de las emisiones GEI	Sector	Prioridades Económicas	Prioridades Sociales	Prioridades Ambientales	Lineamientos Nacionales	Beneficio Total
	Transporte	5	5	5	5	20
	Residuos sólidos	5	5	5	5	20
	Consumo de electricidad	4	2	4	5	15
	Sector residencial	4	5	5	5	19
	Industria de cemento, vidrio, papel	2	4	5	5	16
	Industria de alimentos, bebidas y tabaco	3	2	3	5	13
	Industria de papel e imprenta	2	2	3	0	7
	Industria química	4	2	4	0	10
	Sector comercial y público	4	4	1	0	9

Fuente: El autor, este estudio.

Para Bogotá, según la calificación dada, se obtiene que **5** de los sectores principales emisores de GEI en Bogotá, son altamente importantes para la implementación de estrategias de mitigación; esto es, una medida de mitigación que se implemente en estos sectores es altamente deseable para las prioridades de desarrollo de Bogotá y es compatible con los lineamientos nacionales. Por lo tanto, los sectores priorizados para la implementación de medidas de mitigación en Cundinamarca y Bogotá se muestran en el cuadro 1.

CUADRO 1: SECTORES PRIORIZADOS PARA IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ.

Orden de prioridad	CUNDINAMARCA		BOGOTÁ	
	Sector	Beneficio Total	Sector	Beneficio Total
1	Transporte	20	Transporte	20
2	Suelos agrícolas	20	Residuos sólidos	20
3	Minería del carbón	20	Sector residencial	19
4	Residuos sólidos	20	Industria de cemento, vidrio, cerámica	16
5	Sector residencial	20	Consumo de electricidad	15

6	Consumo de electricidad	20		
7	Producción pecuaria	18		

Fuente: El autor, este estudio.

## 1.2 FUENTES DE DATOS CONSULTADAS

Para identificar las tecnologías de mitigación disponibles para cada uno de los sectores priorizados, se realizó una búsqueda inicial en la web en diferentes sitios relacionados con el tema y se seleccionaron 2 fuentes de información importantes, dado que se relacionan directamente con los objetivos buscados. Estas fuentes son:

**ClimateTechWiki. A clean Technology Platform:** Es una plataforma que ofrece información detallada sobre un amplio conjunto de tecnologías de mitigación y adaptación en los países desarrollados y en desarrollo que participan en el contexto de desarrollo bajo en emisiones y bajo en vulnerabilidad al cambio climático. Los principales socios de esta iniciativa son: United Nations Developing Programme, United Nations Environment Programme, Renewable Energy and Energy Efficiency Partnership (REEEP), University of Edinburgh.

Esta plataforma está disponible en: <http://climatetechwiki.org>.

**Tecnologías, Políticas y Medidas para Mitigar el Cambio Climático:** Es un documento técnico preparado por el Panel Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático IPCC. En este documento se describen y analizan las tecnologías y medidas para limitar y reducir las emisiones de GEI y para mejorar los sumideros de GEI en virtud de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC). El documento se centra en tecnologías y medidas para los países enumerados en el Anexo I de la CMCC, a la vez que señala información apropiada para que la utilicen otros países.

Adicionalmente, para una mayor comprensión de las medidas identificadas, se realizaron consultas en otros sitios web, que presentan casos de implementación a escala local (en ciudades y estados del mundo) de varias de las medidas de mitigación definidas por las dos fuentes citadas anteriormente. Dichos ejemplos de implementación, se constituyen en una herramienta importante para los posteriores productos de esta consultoría (productos 4 y 5), en tanto dan una importante orientación de cómo “aterriar” medidas generales en un lugar específico. Dichas fuentes de consulta son:

**State and Local Climate and Energy Program – EPA:** Este programa proporciona asistencia técnica, herramientas de análisis y divulgación de la ayuda a los gobiernos estatales y locales de Estados Unidos, relacionados con los temas de mitigación al cambio climático. En el sitio en internet de este Programa se encuentran diferentes descripciones de tecnologías para mitigación, así como los Programas de Cambio Climático de diferentes Estados del país.

Disponible en: <http://epa.gov/statelocalclimate/index.html>

**Urban and Regional Carbon Management (URCM) Resource Center:** Es una iniciativa del Global Carbon Project. El propósito de este centro de recursos basados en la web es proporcionar recursos científicos sobre gestión urbana y regional de carbono. En este sitio se publican por país y ciudad temas relacionados con gestión de carbono urbano, ciencia urbana de carbono, energía urbana y urbanización.

Disponible en <http://www.gcp-urcm.org/Resources/CityActionPlans>

## 2. RESULTADOS

### 2.1 TECNOLOGÍAS/MEDIDAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES POR SECTORES

Una vez identificados los sectores prioritarios para la implementación de medidas de mitigación en Bogotá y Cundinamarca, y consultadas las diferentes fuentes de información, se creó para cada sector un “cuadro descriptor” de cada opción de mitigación disponible. Adicionalmente para los sectores transporte, agricultura y residuos se presentan cuadros adicionales con ejemplos de medidas blandas (instrumentos reglamentarios, educativos, etc.) que se pueden relacionar con algunas de las opciones técnicas contempladas en los “cuadros descriptores”

Teniendo en cuenta que existen sectores comunes para Bogotá y Cundinamarca y que las medidas disponibles son las mismas para estos, se obtiene solo a una lista general con los siguientes 7 sectores:

1. Transporte
2. Sector agrícola y forestal (Suelos agrícolas y producción pecuaria)
3. Residuos
4. Minería del carbón
5. Sector residencial
6. Consumo de electricidad
7. Industria de cemento, vidrio y cerámica

Es importante mencionar que el sector suelos agrícolas y producción pecuaria priorizados para Cundinamarca se agregan en un mismo ítem denominado sector agrícola y forestal, en tanto que muchas de las medidas de mitigación para estos sectores son transversales a las actividades pecuarias, agrícolas y forestales.

En los numerales a continuación se presentan los “cuadros descriptores” de las medidas para cada sector. Para cada medida se describen los siguientes aspectos: Nombre, descripción general de la medida, aspectos relacionados con reducción de emisiones, cobeneficios, escala y tiempo de implementación, y costos de implementación.

### 2.1.1 Sector Transporte

CUADRO 2: CUADRO DESCRIPTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES PARA EL SECTOR TRANSPORTE

BIODIESEL
<p><b><u>Descripción:</u></b></p> <p>Los biocombustibles líquidos para el transporte, incluyendo el biodiesel, han despertado un interés en los países tanto desarrollados como en aquellos en vía de desarrollo, como resultado de la necesidad de frenar el aumento de las emisiones del sector del transporte, de reducir la dependencia de las costosas importaciones de combustibles fósiles y de aumentar los ingresos agrícolas. El biodiesel se utiliza como un sustituto de diesel y generalmente se mezcla con el diesel fósil en diversos grados. En Europa, el nivel de combustible permite sólo mezcla de hasta 5% de biodiesel, debido a las limitaciones impuestas por las especificaciones del combustible y del vehículo. Usando mezclas superiores al 20% puede requerir algunas adaptaciones en los vehículos en los que se implementa. Dependiendo de la materia prima y del proceso de conversión, podemos distinguir el biodiesel de primera y segunda generación (incluso opciones tercera generación están empezando a surgir, por ejemplo, biodiesel a partir de algas). El biodiesel de primera generación, es conocido como el diesel derivado de lípidos, puede ser producido a partir de diversos aceites vegetales, tales como colza, palma, soja y aceite de jatrofa y grasas de origen animal.</p> <p>Hay varias rutas para producir diesel de primera generación a partir de biomasa. La transesterificación, la ruta más común, es un proceso catalítico donde la grasa o el aceite se combina con un alcohol (normalmente metanol). Dos subproductos importantes de esta ruta de conversión son glicerina y alimentos para animales en forma de tortas. La ruta alternativa, la hidrogenación, es un proceso que se asemeja a la refinación del petróleo. Este proceso hasta ahora se ha empezado a implementar de manera limitada, a pesar de que produce un diesel renovable de calidad superior (con un mayor potencial de mezclado) que la obtenida a través de transesterificación (AIE bioenergía, 2009).</p> <p>Una ventaja importante de los biocombustibles es que se puede integrar fácilmente en la infraestructura de transporte existente, evitando así los costos de inversión asociados con otras opciones renovables para el sector del transporte. El biodiesel puede tener beneficios significativos en términos de emisiones de gases de efecto invernadero y el desarrollo socio-económico. Sin embargo, parte de la producción de biodiesel también ha sido criticado por causar la deforestación, la pérdida de medios de vida locales y por tener un saldo negativo de las emisiones de gases de efecto invernadero cuando el aceite de palma se produce en tierra de turba.</p> <p><b><u>Reducción de emisiones:</u></b></p> <p>La mayoría de los biocombustibles ofrecen ahorros netos de GEI en comparación con los combustibles fósiles, siempre y cuando la superficie terrestre en la que se siembran las materias primas para producir biocombustibles, no contengan grandes reservas de carbono (por ejemplo, la selva, las turberas). El beneficio de reducción de emisiones, materializará sólo dentro de un marco integral de políticas adecuadas que promuevan la producción sostenible de materias primas y la distribución equitativa de los beneficios de las ventas de biocombustibles a lo largo de toda la cadena de suministro; de lo contrario la producción acelerada de biocombustibles pueden conducir a los siguientes problemas:</p> <p>Cambio directo e indirecto del uso de la tierra causando deforestación, pérdida de biodiversidad y el conflicto con la producción de alimentos;</p> <p>El acaparamiento de tierras y el desplazamiento de las comunidades rurales; La concentración de la producción y de los ingresos; La pérdida de los medios de subsistencia de las comunidades rurales pobres;</p> <p>El aumento de las emisiones de GEI por el desmonte de tierras y prácticas agrícolas no sostenibles</p>

Especialmente el biodiesel producido a partir de aceite de palma ha recibido críticas, debido a que en algunas regiones se asocia con la destrucción de los bosques tropicales naturales y pérdida de la biodiversidad y los medios de vida locales. Además, mientras que los datos promedio del balance de CO<sub>2</sub> del biodiesel a base de aceite de palma indica un beneficio neto, el balance de CO<sub>2</sub> real depende en gran medida de los cambios de uso del suelo asociados a la producción de biodiesel.

### **Co-Beneficios**

Los biocombustibles pueden representar una gran promesa si, como se mencionó anteriormente, su producción se basa en la sostenibilidad, lo cual podría conducir a los siguientes beneficios alternos:

#### Oportunidades de desarrollo social:

La creación de empleo en los sectores de la agricultura y la silvicultura, que es particularmente importante para los países en desarrollo con recursos de la tierra no utilizada y con trabajadores no calificados;

La creación de empleo en el sector para la transesterificación o hidrogenación;

El aumento de los ingresos agrícolas: siempre y cuando el ingreso adicional se distribuya de manera equitativa, el aumento de los ingresos en el sector primario, que son los que usualmente realizan la mayoría del trabajo, puede apoyar el desarrollo rural y mejorar significativamente las condiciones de vida;

El aumento de la inclusión en el sistema económico: los agricultores bien organizados y los sindicatos pueden tener acceso a los mercados energéticos.

#### Desarrollo económico:

El aumento de la seguridad energética mediante la producción y uso de biocombustibles a nivel local, lo que reduce la dependencia de los combustibles fósiles importados.

Ahorro de divisas al desplazar las importaciones de petróleo fósil.

Obtener divisas mediante la producción de biocombustibles para la exportación.

La diversificación del sector industrial.

Escala y tiempo de implementación: Gran escala – Corto plazo

#### Costos de implementación:

Dependiendo de la materia prima utilizada y la escala de la planta, los costos de producción pueden diferir significativamente. Los costos de producción varían desde 0,50 dólares a 1,60 dólares por litro (Según estudios realizados en las plantas más grandes del mundo), dependiendo de si los residuos o el aceite vegetal se usan como el principal insumo. En el caso del aceite vegetal, los costos de producción están dominados por el precio de materia prima (AIE bioenergía, 2009). En general, la rentabilidad de una planta de biodiesel depende en gran medida de la diferencia entre los costos de materia prima y el precio de venta final del biodiesel.

## BIOETANOL PRODUCIDO DE CAÑA DE AZÚCAR O ALMIDONES

### **Descripción:**

El etanol de primera generación, también conocido como etanol de hidratos de carbono, puede ser producido a partir de cultivos a base de azúcar o almidón. El bioetanol se utiliza sobre todo en transporte. Se mezcla con la gasolina en proporciones que varían de 5 a 85%. Las mezclas más bajas son compatibles con motores de gasolina convencionales. Las mezclas de más de 10% de contenido de etanol sólo son adecuados para el uso en motores modificados. La forma menos complicada de producir etanol, es a través del procesamiento de los llamados azúcares de seis carbonos que pueden ser fermentados directamente a etanol. Por otro lado, la producción de etanol también puede realizarse a partir de cultivos a base de almidón, pero para ellos se requiere otra etapa de procesamiento. Las dos rutas de conversión se describen a continuación:

***Etanol producido a partir de azúcares:*** Esta ruta de conversión comienza por la trituración de la materia prima para extraer el azúcar, al que posteriormente se añade la levadura para promover el proceso de fermentación. En una cámara cerrada y anaeróbica, la levadura secreta enzimas que digieren el azúcar produciendo varios productos, entre ellos el ácido láctico, hidrógeno, dióxido de carbono y etanol. Las materias primas más comunes son la caña de azúcar, remolacha azucarera, sorgo dulce y otras plantas que contienen una gran proporción de azúcares simples.

***Etanol producido a partir de almidones:*** La producción de etanol a partir de cultivos a base de almidón requiere otro paso en el proceso que se llama sacarificación, lo que implica romper las grandes moléculas del almidón en azúcares simples. Hay dos métodos principales para refinar almidones en azúcares, que difieren principalmente en el pre-tratamiento de la materia prima.

En el proceso de “molienda en húmedo” los granos se sumergen en agua, por lo general con un ácido sulfuroso, para separar el endospermo rico en almidón, del germen que tiene un alto contenido de proteínas y de las cáscaras con alto contenido de fibra. Además de etanol, el proceso resulta en un número de subproductos, tales como el aceite de grano, alimento de gluten, harina de germen, almidones, dextrina y edulcorantes. (WWI, 2006)

El “proceso de molienda en seco” es más simple e implica moler las semillas heterogéneas sin procesar para convertir las en gránulos. Los beneficios en comparación con el proceso en húmedo, es que los costos de este proceso son menores y además se producen menos subproductos, sin embargo, uno de los subproductos de este proceso son los granos secos de destilería (DDGS por sus siglas en inglés), que poseen una alta calidad nutritiva y son comúnmente usados como alimento para ganado.

### **Reducción de emisiones:**

La mayoría de los biocombustibles ofrecen ahorros netos de GEI en comparación con los combustibles fósiles, siempre y cuando la superficie terrestre en la que se siembran las materias primas para producir biocombustibles, no contengan grandes reservas de carbono (por ejemplo, la selva, las turberas). Al igual que en el caso del biodiesel, el beneficio de reducción de emisiones se materializará sólo dentro de un marco integral de políticas adecuadas que promuevan la producción sostenible de materias primas y la distribución equitativa de los beneficios de las ventas de este biocombustible a lo largo de toda la cadena de suministro, de lo contrario la producción acelerada del mismo conllevaría a los mismos problemas mencionados en la medida “Biodiesel”.

**Co-Beneficios:** Los biocombustibles pueden representar una gran promesa si, como se mencionó anteriormente, su producción se basa en la sostenibilidad, lo cual podría conducir a los siguientes beneficios alternos:

Oportunidades de desarrollo social:

La creación de empleo en los sectores de la agricultura y la silvicultura, que es particularmente importante para los países en desarrollo con recursos de la tierra no utilizada y una gran piscina de trabajadores no calificados;

La creación de empleo en el sector industrial (por ejemplo, una planta de etanol de 125 millones litros emplearía a cca 270 personas (Gnansounou et al, 2005);

El aumento de los ingresos agrícolas, el desarrollo rural y mejorara significativa de las condiciones de vida;

El aumento de la inclusión en el sistema económico: los agricultores bien organizados y los sindicatos pueden tener acceso a los mercados energéticos.

Desarrollo económico:

El aumento de la seguridad energética mediante la producción y uso de biocombustibles a nivel local, lo que reduce la dependencia de los combustibles fósiles importados;

Ahorro de divisas al desplazar las importaciones de petróleo fósil;

Obtener divisas mediante la producción de biocombustibles para la exportación.

La diversificación del sector industrial.

#### Beneficios ambientales

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero: la mayoría de los biocombustibles ofrecen un ahorro de GEI netas en comparación con los combustibles fósiles, siempre y cuando la superficie terrestre en la que se siembran las materias primas para producir biocombustibles, no contengan grandes reservas de carbono (por ejemplo, la selva, las turberas).

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Corto plazo

#### **Costos de implementación:**

Dependiendo de la materia prima utilizada y la escala de la planta, los costos de producción pueden diferir significativamente. Por ejemplo en Brasil, el etanol puede ser producido a partir de caña de azúcar a menos de USD 0,31 por litro, mientras que el costo de producción de etanol a partir de maíz en los EE.UU. es de aproximadamente USD\$ 0,75 por litro, y en el Reino Unido es de aproximadamente USD\$ 0.87 por litro, a partir de trigo (Bioenergía IEA, 2009).

## BIOCOMBUSTIBLES A PARTIR DE ALGAS

#### **Descripción:**

La producción de biocombustibles a partir de algas se encuentra todavía en estado de desarrollo tecnológico. Sin embargo, se consideran como una prometedora alternativa a los combustibles fósiles, ya que podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los combustibles fósiles. El principal obstáculo para un amplio uso de biocombustibles a base de algas, son los altos costos de producción. En la actualidad, la mayoría de investigaciones relacionadas con esta tecnología se enfocan en la mejora de los procesos de producción y la disminución de los costos.

Las algas son un grupo diverso de microorganismos y se presentan en una variedad de hábitats naturales, incluidos los hábitats terrestres como el suelo y los hábitats acuáticos que van desde aguas dulces y salobres, ambientes marinos e hiper-salinos. Los biocombustibles a partir de algas pueden ser producidos a partir de microalgas, macroalgas, es decir, algas o cianobacterias. El cultivo de microalgas y las cianobacterias se puede hacer a través de los llamados métodos foto-autotróficos en estanques abiertos o cerrados o a través de métodos heterotróficos. El término foto-autótrofo, hace referencia al hecho de que las algas necesitan luz para crecer y generar nueva biomasa. En cambio en el proceso de heterótrofos, las algas se cultivan sin luz y se alimentan de fuentes de carbono, por ejemplo, azúcares, con el fin de crear una nueva de biomasa.

**Reducción de emisiones.**

Los impactos en las emisiones de GEI provenientes de la producción de biocombustibles a partir de algas todavía se encuentran en estudio. En general, se supone que durante el todo el ciclo de vida de los combustibles, el biocombustible a partir de algas tendría un impacto menor, en términos de GEI, que los combustibles fósiles y además se dice que tienen una ventaja adicional al ser comparados con los biocombustibles tradicionales producidos a partir de maíz, caña de azúcar o de la palma aceite.

Sin embargo, algunos estudios recientes muestran balances de GEI menos positivos de los biocombustibles de algas. Clarens et al. (2010), por ejemplo, compararon la producción de biocombustibles a partir de algas en estanque abierto con la producción de bioenergía a partir del maíz, canola y pasto varilla en Virginia en los EE.UU. y encontraron que las emisiones de GEI eran más altas para el cultivo de algas dado que la producción a partir de los otros tres casos de biomasa, suponía un balance negativo. Sin embargo, los comentarios posteriores en la misma revista (Subhadra, 2010; Starbuck, 2011) critican algunos de los supuestos de Clarens et al. (2010), lo que sugiere que sus resultados son demasiado negativos para los biocombustibles de algas.

Otros estudios muestran un balance positivo de GEI para los biocombustibles basados en algas. Luo et al. (2010), por ejemplo, encontró que la producción de etanol a través de cianobacterias conduce a una reducción del 67% y el 87% de la huella de carbono, en comparación con la gasolina fósil. Se necesita más investigación sobre la base de los métodos de producción y sobre las futuras mejoras técnicas y biológicas esperadas que puedan brindar información más específica.

**Co-Beneficios:**

Las algas pueden ofrecer un mayor rendimiento de biomasa por hectárea de cultivo que los biocombustibles tradicionales.

El cultivo de algas puede reducir al mínimo o evitar la competencia por las tierras de cultivo dedicadas a la agricultura convencional y la producción de alimentos.

Las algas pueden ser cultivadas utilizando aguas residuales, agua y solución salina, lo que puede reducir la competencia por el agua dulce.

Las algas pueden reciclar carbono, por ejemplo mediante el uso de las emisiones de CO<sub>2</sub> de fuentes fijas, tales como plantas de energía y otros emisores industriales (EE.UU. Departamento de Energía, 2010).

La producción de biocombustibles a partir de algas puede tener beneficios similares a los de la producción de biocombustibles tradicionales, incluyendo el aumento de la seguridad energética y reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Largo plazo

**Costos de implementación:**

Los costos de producción de biocombustibles a partir de algas no son todavía competitivos con los combustibles fósiles o biocombustibles convencionales. La mayoría de los esfuerzos de investigación y desarrollo en curso en última instancia apuntan a la reducción de estos costos. Cuando la producción de biocombustibles es el objetivo principal del proceso, los costos de producción son muy elevados, variando desde USD\$ 240 y USD\$332 por barril, dependiendo del tamaño de la planta.

El investigador de la Universidad de Berkeley (Lundquist et al., 2010) ve el mayor potencial para el costo de producción a largo plazo, en las mejoras biológicas para lograr el doble de la productividad de las algas. Esto puede lograrse a través de la selección de cepas y la modificación genética. Empresas productoras de algas han anunciado objetivos de precios mucho más agresivos. Aunque fuentes de la industria informan que los precios actuales, que son incluso superiores a los sugeridos por el Instituto de Biociencias de energía, están alrededor de \$ 9 - \$ 30 por galón (378 \$ - \$ 1260/barril), existen otras empresas como Aurora Biofuels, que ha declarado que uno de los objetivos de la compañía es llegar a costos de producción de \$ 1.30/galón (\$ 55/barril) en los próximos años (BiofuelsDigest, 2009b).

## BIOREFINERÍA

### **Descripción:**

Una biorefinería combina y/o integra una serie de tecnologías de conversión de biomasa para producir una gama de productos y materiales, tales como alimentos, productos químicos, materiales, petróleo, gas, calor y/o electricidad. El concepto es similar a una refinería de petróleo convencional, donde se producen múltiples productos derivados del petróleo y de los combustibles. Un bio-refinería combina una serie de tecnologías para la posible producción de biodiesel, bioetanol, bioplásticos, bioCHP, biogás, biopolímeros, etc, para formar una planta integrada que tiene como objetivo optimizar el proceso de conversión de la biomasa de una manera tal que se pueda obtener (Extraer) el mayor de la materia prima, consistente en biomasa renovable utilizada.

La configuración tecnológica específica de una biorrefinería puede diferir de un caso a otro, ya que depende mucho de las circunstancias locales, tales como las prácticas agrícolas y las variaciones climáticas. Dichos factores determinan el tipo, calidad y cantidad de la materia prima que está disponible para su procesamiento. Posibles materias primas que se pueden utilizar en una biorefinería son la remolacha azucarera, el licor negro, trigo, maíz, madera, residuos agrícolas, caña de azúcar, los excedentes de alimentos, paja, biomasa acuática, la fracción de biomasa de los sistema de tratamiento de aguas municipales y otros tipos de residuos sólidos urbanos (RSU), etc. Los principales productos de una biorefinería son: productos químicos, biocombustibles, electricidad y calor, materiales (fibras, almidón, madera), alimentos, minerales, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

### **Reducción de emisiones:**

La evaluación de las emisiones de GEI de estos productos con un análisis completo del ciclo de vida depende fundamentalmente de la inclusión de las emisiones causadas por el cambio de uso del suelo. En la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, se calcularon las reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y se establecieron valores típicos y por defecto para una serie de procesos de producción de biocombustibles.

Los datos muestran que los procesos de producción de biocombustibles podrían contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los procesos de referencia basados en combustibles fósiles. Sin embargo, en este estudio no se incluyeron los cambios de uso del suelo y se presume que esta categoría podría alterar de manera significativa los valores presentados. El análisis de los efectos del cambio de uso de suelo específico es un asunto complejo dadas las grandes diferencias en el tipo de suelo y las características.

PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL BIO-COMBUSTIBLE	REDUCCIONES TÍPICAS DE EMISIONES DE GEI	REDUCCIONES POR DEFECTO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
Etanol de remolacha azucarera	61%	52%
Etanol de trigo (no especifica combustible de proceso)	32%	16%
Etanol de trigo (lignito como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración)	32%	16%
Etanol de trigo (gas natural como combustible de proceso en la caldera convencional)	45%	34%
Etanol de trigo (gas natural como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración)	53%	47%
Etanol de trigo (paja como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración)	69%	69%
maíz (maíz) de etanol, producción comunitaria (gas natural como combustible de proceso en instalaciones de cogeneración)	56%	49%
etanol de caña de azúcar	71%	71%
biodiesel de semillas	45%	38%
biodiesel de girasol	58%	51%
biodiesel de soja	40%	31%
biodiesel de aceite de palma (no especificado de procesos)	36%	19%
biodiesel de aceite de palma (proceso con captura de metano en la almazara)	62%	56%
vegetal usado o biodiesel aceite animal	88%	83%
aceite vegetal de colza tratado con hidrógeno	51%	47%
aceite vegetal de girasol tratado con hidrógeno	65%	62%
aceite vegetal de aceite de palma tratado con hidrógeno (no especificado de procesos)	40%	26%
aceite vegetal de aceite de palma tratado con hidrógeno (proceso con captura de metano en la almazara)	68%	65%
aceite vegetal puro de colza	58%	57%
biogás a partir de residuos orgánicos municipales como el gas natural comprimido	80%	73%
biogás a partir de estiércol húmedo como el gas natural comprimido	84%	81%
biogás a partir de estiércol seco como gas natural comprimido	86%	82%

**Co-Beneficios:**

Una reducción del consumo de energía basada en combustibles fósiles, y una reducción relativa de la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles, en el caso de la producción de bioenergía a gran escala,

Una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (depende de impacto específico del ciclo de vida)

Una reducción en el flujo de corrientes de desechos relacionados con el proceso, a medida que la mayoría de los elementos de la materia prima de biomasa se procesan y se 're-utilizan' con fines comerciales, ya sea para el propio consumo de energía de las plantas o de los mercados de nuevos productos (por ejemplo, productos químicos, farmacéuticos, etc)

Un posible aumento en el empleo en el sector agrícola/forestal (por ejemplo, recolección, almacenamiento), y el posible desarrollo rural y los efectos positivos sobre los ingresos,

El impacto potencial de la competitividad industrial y la innovación positiva.

A pesar de los posibles efectos positivos del desarrollo biorefinería y despliegue de la sostenibilidad de las futuras biorrefinerías depende en gran medida de la manera en que se implementan. Defectuosos diseños tecnológicos biorefinería o procesos y/o prácticas no sostenibles de manejo agrícola, forestal o acuáticas también pueden dar lugar a efectos secundarios no deseados, por ejemplo, cuando los problemas del cambio de uso del suelo o de la degradación del suelo (por ejemplo, pérdida de nutrientes) no se tratan.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Corto plazo

**Costos de implementación**

El costo de producción de los productos biológicos y en particular, la inversión necesaria para la infraestructura y la oferta tendrá un impacto directo en su éxito como una alternativa a los productos de origen fósil. Una biorrefinería eficiente asegurará la minimización de costos y un producto final competitivo costo. En la actualidad, la eficiencia es difícil de definir ya que una biorefinería eficiente es todavía un concepto. Sin embargo, si se describe la eficiencia de una biorefinería en términos de la utilización de los recursos locales y la infraestructura existente, lo que maximizaría las tasas de conversión de biomasa en productos, garantizando la flexibilidad en los productos producidos por la refinería y la racionalización de las cadenas de suministro, entonces está claro que tendrá un gran impacto en la viabilidad económica. Además, la optimización de la cartera de productos de la biorefinería podría tener impactos económicos positivos, al comercializar los productos obtenidos a través del uso de biotecnología, tales como productos químicos, materiales y productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos, así como los bio-productos básicos como la bioenergía, el calor y la energía líquida o gaseosa.

**SISTEMA DE BUSES DE TRÁNSITO RÁPIDO - SBTR****Descripción:**

Un sistema de buses de tránsito rápido (SBTR) es un sistema de transporte de alta capacidad con su propio carril de vía, que puede ser implementado a un costo relativamente bajo. Es una tecnología clave en las ciudades de países en vía de desarrollo, que pueden variar la tendencia del transporte público (Cambio modal), para así lograr una serie de beneficios, incluyendo reducción de la congestión, la contaminación del aire y de los gases de efecto invernadero y optimizando el servicio. Su principal desventaja en comparación con otros sistemas de transporte urbano es la demanda de espacio urbano. Un sistema de buses de tránsito rápido (SBTR) se puede describir como una combinación sistemática de la infraestructura (vías de autobús, estaciones, terminales) con operaciones organizadas y tecnologías inteligentes para proporcionar una mayor calidad de la experiencia que se tenga con el bus tradicional (Hidalgo, 2007). Para ser más eficaces, los SBTR deben ser parte de una estrategia integral que incluya los vehículos, aumentos de los impuestos al combustible, estrictos controles de uso de la tierra, límites y cargos en el estacionamiento y la integración de los sistemas de transporte en un paquete más amplio de movilidad para todo tipo de viajero (IPCC, 2007).

**Reducción de emisiones:**

Ejemplo de proyecto del MDL: SBTR de Bogotá, Colombia: TransMilenio Fase II a IV: El proyecto consiste en la creación de un sistema de transporte público urbano sostenible. El sistema se compone de grandes autobuses de capacidad, que trabajan en una nueva infraestructura donde los autobuses operan en carriles exclusivos. La infraestructura también es compatible con el acceso fácil a las plataformas donde los pasajeros puedan embarcar y desembarcar los vehículos. Los cambios de infraestructura también incluyen un sistema de venta de entradas anticipado. (CMNUCC ref. proyecto no:672). La reducción de CO<sub>2</sub> estimada para el período de acreditación de 7 años: 1'725'940 tCO<sub>2</sub> (por año: 246'563 tCO<sub>2</sub>).

Para los países subsaharianos, Gouvello et al (2008) se estima un potencial de reducción de GEI de 12 MtCO<sub>2</sub>e por año en 2020. Sin embargo, pocos estudios han dado estimaciones detalladas sobre el potencial de mitigación real del SBTR, en parte debido a la falta de datos detallados y las grandes diferencias en la combinación del vehículo y los patrones de viaje (IPCC, 2007). El Banco Mundial estima que en México, la introducción de 20 corredores de SBTR, (además de las 3 operaciones en la Ciudad de México y León), podría llevar a una reducción de 2 MtCO<sub>2</sub>e por año.

**Co-Beneficios:**

Los SBTR pueden hacer una importante contribución al transporte urbano sostenible. Es más eficiente energéticamente que los sistemas de buses convencionales por persona-kilómetro debido a las velocidades más altas y buses de mayor capacidad. También puede mejorar la distribución modal hacia un mayor uso del transporte público. De esta manera se contribuye a los siguientes aspectos del desarrollo sostenible:

Reducción de la contaminación atmosférica

Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero

Reducción de la congestión

Aumento de la seguridad del suministro energético, debido a la reducción de las importaciones de petróleo

La igualdad social y la reducción de la pobreza, proporcionando transporte de alta calidad a precios razonables

La prosperidad económica mediante la reducción de los tiempos de viaje y la congestión

**Escala y tiempo de implementación:** Reducción de la contaminación atmosférica

**Costos de implementación:**

Los costos de inversión para los sistemas SBTR son muy variables. Dependiendo de la capacidad requerida, el contexto urbano y la complejidad del proyecto, los sistemas SBTR pueden ser implementados por 1 \$ - 15 millones por km (IPCC, 2007), con la mayoría de los SBTR existentes en los países en desarrollo en la parte inferior de este rango (ITDP, 2007). Estas cifras son sustancialmente inferiores a los sistemas basados en el ferrocarril, para los cuales se calcula aproximadamente \$ 50 millones por kilómetro (IPCC, 2007).

Para China, el costo del SBTR se ha estimado en 2,6 \$ / tCO<sub>2</sub> (CCAP / Tsinghua, 2006). Para las ciudades de América Latina, los costos de SBTR se estiman en 14-66 \$ / tCO<sub>2</sub>, dependiendo del paquete de políticas que se trate (IPCC, 2007). El Fondo para el Medio Ambiente Mundial ha financiado 33 proyectos SBTR hasta la fecha, lo que representa el 32% del total de los fondos del FMAM. Los bancos multilaterales de desarrollo se centran tradicionalmente en la financiación para la construcción de carreteras, pero están cambiando su enfoque más hacia el transporte sostenible, incluyendo los SBTR (Huizenga y Bakker, 2009). El Mecanismo de Desarrollo Limpio puede proporcionar una oportunidad para cofinanciar un SBTR, así como proporcionar un incentivo adicional ("imagen internacional") para que los gobiernos locales empiecen a invertir en este tipo de proyectos. Sin embargo, un obstáculo general para proyectos de SBTR en el MDL son los altos requerimientos de datos de las metodologías del MDL, así como la demostración de la adicionalidad, es decir, por qué el proyecto no se aplicaría sin el MDL (Huizenga y Bakker, 2009).

## GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC) PARA TRANSPORTE

### **Descripción:**

El gas natural, un combustible fósil compuesto principalmente de metano, es uno de los combustibles alternativos más limpios. Se puede utilizar como gas natural comprimido (GNC) para alimentar los buses de la ciudad o como gas natural licuado (GNL) para alimentar camiones pesados. El uso de gas natural comprimido (GNC) como combustible de transporte es una tecnología ampliamente desarrollada y utilizada en algunas partes del mundo. Aunque el gas natural comprimido es un combustible fósil, se le considera más limpio en el momento de la combustión, al analizar las emisiones de NOx y de hollín (PM). Es posible adaptar un vehículo de motor con gasolina para que se alimente de gas natural, sin embargo, estos vehículos no son tan eficientes como los vehículos propulsados **únicamente por gas natural y generan mayores emisiones de NOx y de hollín. El gas natural comprimido es también ideal para buses. Técnicamente, los vehículos de gas natural funcionan, de manera muy similar a los vehículos con motor de gasolina, con motores de encendido por chispa. El gas natural se almacena en cilindros de combustible de alta presión a bordo del vehículo.**

### **Reducción de emisiones:**

Al utilizar los biocombustibles de primera generación, el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> de los buses de pasajeros de motor de GNC, es considerablemente mayor que el de automóviles y buses de motor diesel. Esto es debido al alto potencial de reducción de CO<sub>2</sub> del biogás en comparación con el etanol y el biodiesel. Según varios estudios, el uso de 100% de biogás, podría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los buses que usen GNC a 300 g / km (es decir, 75%), con 100% de biodiesel de primera generación disminuirá la emisión de CO<sub>2</sub> en 600 g / km (es decir, 38%) (Kadijk, 2008, Parlamento Europeo, 2009). Potenciales de reducción similares se pueden esperar para vehículos de pasajeros.

El gas natural produce menos CO<sub>2</sub> por cada unidad de energía consumida por el vehículo y puede emplearse para automóviles de pasajeros y buses. Los vehículos de pasajeros que usan CNG como combustible, emiten un 5-10% menos de CO<sub>2</sub> que los vehículos de pasajeros que usan la gasolina. En general, no hay ningún beneficio en términos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en vehículos que usan diesel. Sin embargo, el NOx y las emisiones de hollín de los vehículos impulsados por GNC son sustancialmente menores que las de vehículos de motor diesel. Así, para buses a menudo de motor diesel, los beneficios del GNC radican en la mejora de la calidad del aire local y no en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. La introducción del GNV en el sector transporte es un buen estímulo para el biogás que tiene un potencial de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> del 75%.

### **Co-Beneficios:**

Aumento de la seguridad del suministro energético, debido a la reducción de las importaciones de petróleo

Reducción de la dependencia de combustibles convencionales como gasolina y diesel

Mejora de la calidad del aire local

Ampliación del mercado de energéticos para transporte

Las tarifas por lo general son menores que las de la gasolina y el diesel

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Corto plazo

### **Costos de implementación:**

El precio de compra de los vehículos impulsados por gas natural es en general **más** alto que el precio de los vehículos que usen gasolina y de motor diesel. Según el país, la inversión inicial podría ser de 3 a 30% mayor que la de vehículos de motor de gasolina o diesel (Unión Internacional del Gas, 2009). Sin embargo, el menor precio de GNC compensará el costo de compra adicional.

## INYECCIÓN DIRECTA PARA MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

### **Descripción:**

La inyección directa de gasolina es una técnica que permite a los motores de gasolina y diesel consumir menos combustible y por lo tanto ser más eficientes. La inyección directa, bajo alta presión, se da directamente en los cilindros del motor y no antes de la válvula de admisión como es el caso de la mayoría de los motores de gasolina actuales (Leonhard, 2008). El proceso de inyección directa proporciona un control preciso sobre el momento y la cantidad de combustible que se inyecta. Esto permite un control exacto del sistema de gestión del motor de manera que se hace uso eficiente del combustible.

Las técnicas de inyección directa son ampliamente utilizadas en los modernos motores diesel y se implementan cada vez más para motores de gasolina. Los motores de inyección directa pueden reducir la emisión de CO<sub>2</sub> del vehículo en aproximadamente un 15% con bajos costos adicionales en comparación con otras técnicas que conducen a reducciones similares de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, todavía dos tercios de los vehículos propulsados por motores de combustión interna de gasolina que se venden en todo el mundo, están equipados con un motor de combustión interna con inyección indirecta. La inyección directa en los motores diesel produce pequeñas reducciones de emisiones de NOx y de partículas que afectan a la calidad del aire local. Sin embargo, la inyección directa en los motores de gasolina puede causar un pequeño aumento de emisiones de NOx y de partículas.

### **Reducción de emisiones**

Los motores de inyección directa pueden reducir la emisión de CO<sub>2</sub> del vehículo en aproximadamente un 15% con bajos costos adicionales en comparación con otras técnicas que conducen a reducciones similares de CO<sub>2</sub>. En comparación con los motores convencionales de combustión interna que tienen unas emisiones promedio de CO<sub>2</sub> de 185 gr / km, los motores modernos han mejorado sustancialmente. Un motor de combustión de inyección directa tiene un 15% mejor eficiencia de combustible y por tanto las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen en un 15%. (Sharpe & Smokers, 2009) Sin embargo, todavía dos tercios de los vehículos de gasolina que se venden en todo el mundo están equipados con un motor de combustión interna con inyección indirecta, lo que genera emisiones relativamente altas de CO<sub>2</sub> (Leonhard, 2008).

### **Co-Beneficios**

En los motores de inyección directa de gasolina, la mezcla de combustible-aire es más óptima, lo que puede reducir las emisiones de hidrocarburos y CO por combustión incompleta. Sin embargo, debido al aumento del calor y la presión del cilindro, las emisiones de partículas y NOx de los vehículos de inyección directa de gasolina pueden aumentar alrededor de un 6% (aguilón, 2008).

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Corto plazo

### **Costos de implementación**

Los motores de inyección directa son más caros de fabricar, debido a que sus componentes deben ser más robustos. Un motor de inyección directa es aproximadamente 5% más caro que un motor convencional, que está en el rango de varios cientos de dólares, y como se ha indicado anteriormente puede reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> hasta 15% (Sharpe y Smokers, 2009).

## VEHICULOS ELECTRICOS

### Descripción:

Los vehículos eléctricos son aproximadamente 2,5 veces más eficientes en términos de energía que los vehículos con motores de combustión interna, por lo cual pueden aportar sustancialmente con la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y con la disminución del consumo de energía por transporte. Los vehículos eléctricos no producen emisiones en el tubo de escape, por lo que también contribuyen a mejorar la calidad del aire. Los vehículos eléctricos son silenciosos y pueden ayudar a reducir los niveles de ruido en las ciudades. Sin embargo, el mercado de vehículos eléctricos es todavía muy pequeño y se compone principalmente de vehículos pequeños destinados al transporte urbano. Adicionalmente, los gastos de compra de los vehículos eléctricos son altos en comparación con los vehículos de similar tamaño y se le atribuyen principalmente a la batería del vehículo, necesaria para su funcionamiento.

## PEAJES ELECTRÓNICOS

### Descripción

Los peajes electrónicos son un instrumento económico efectivo para reducir la congestión, y para limitar el uso del vehículo privado. El mayor obstáculo para la implementación de peajes electrónicos, es la oposición pública por parte de los usuarios de automóviles. Sin embargo, la aceptación suele aumentar después de la implementación. Este instrumento económico se basa en el cobro por uso de carreteras y puede servir para tres propósitos específicos: 1) como un impuesto para gestionar la demanda de viajes, 2) como un incentivo para orientar las decisiones de inversión, y 3) como fuente de ingresos públicos, por ejemplo, para financiar carreteras y transporte público (Lindsay, 2009). Adicionalmente, los peajes electrónicos pueden contribuir con la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> al promover el uso de sistemas de transporte público y masivo y limitar el uso de vehículos privados.

## VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS

### Descripción

Una manera de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> por transporte es la hibridación de los vehículos. Un vehículo híbrido utiliza dos o más fuentes de alimentación distintas, es decir, los vehículos eléctricos híbridos (VEH) combinan un motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos. Las reducciones de las emisiones van desde 23 a 43% dependiendo de la dinámica de tráfico. Para el caso específico del turismo, hay varios niveles de hibridación posibles que dan lugar a diversas proporciones de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a diferentes costos. Los vehículos que operan en autopistas no se benefician significativamente de la hibridación sobre todo porque en las autopistas los vehículos transitan a una velocidad más o menos constante. Los vehículos híbridos siguen siendo más caros que los vehículos tradicionales que utilizan un motor de combustión interna pero tienen la ventaja de ser más eficientes en el consumo de combustible y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> sin requisitos adicionales de infraestructura.

## NORMAS OPERATIVAS

### Descripción

Consiste en una serie de medidas para desarrollar los servicios de transporte de manera que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, entre ellas se encuentra el cambio al transporte público, a pie y en bicicleta y la introducción de nuevos combustibles, tecnologías eléctricas y otros vehículos que reducen e incluso eliminan las emisiones de los vehículos tradicionales. Todo esto requiere dinero y tiempo, pero hay cosas simples que se pueden hacer de inmediato a la flota de vehículos de la actualidad. Esta descripción de la tecnología muestra cómo el uso de combustible, la contaminación del aire y el ruido puede ser reducido a través de una serie de medidas: mantenimiento regular, uso del tipo y la calidad del combustible, instalación apropiada, la restricción de vehículos permitidos en las carreteras y el retiro oportuno de vehículos.

## TRANSPORTE MASIVO

### **Descripción:**

El transporte público debe ser sostenible en el futuro tanto en países en desarrollo como desarrollados. Abarca tres modos de transporte público: trenes, metro ligero (o tranvías) y autobuses. Sistemas del tren incluyen los trenes de larga distancia (ya sea a velocidad normal o alta), metro (metro o trenes elevados urbanos) y los trenes convencionales suburbanos. Los autobuses son buses de tránsito rápido (BTR) con carriles dedicados para su tránsito y otras características distintivas.

Un buen sistema de transporte masivo proporciona un servicio que debe ser frecuente, rápido, puntual, seguro, cómodo, limpio y asequible. Se ofrece transporte a horas y lugares que la gente necesita. El sistema también debe complementarse con caminos peatonales, acceso en bicicleta hacia y desde las estaciones de tránsito, medidas urbanísticas para el fomento de una mayor densidad urbana y uso mixto del suelo, especialmente cerca de las paradas y estaciones. De esta manera, los hogares, lugares de trabajo, tiendas, escuelas, centros de salud, servicios e instalaciones recreativas están más cerca de tránsito, y más gente puede utilizarlo a medida que avanza en su vida cotidiana.

## TRANSPORTE NO MOTORIZADO

### **Descripción:**

El transporte no motorizado (TNM) es clave del éxito en el fomento del transporte urbano limpio. Puede ser un modo muy atractivo de transporte para distancias relativamente cortas, que constituyen la mayor parte de los viajes en las ciudades. Se puede promover mediante una serie de actividades como la construcción de aceras y carriles para bicicletas, programas de intercambio de bicicletas, planificación urbana y desarrollo orientado al peatón. El TNM es una estrategia de transporte altamente rentable e involucra beneficios sobre la salud, y los aspectos económico y social. Los principales obstáculos son la baja implementación de TNM y el enfoque actual de la planificación orientado a los vehículos.

## GESTIÓN DE LA DEMANDA DE VEHÍCULOS PRIVADOS

### **Descripción:**

Reducir el uso del vehículo privado, o restringir su crecimiento, es de vital importancia para reducir los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Ejemplos de todo el mundo demuestran que se puede lograr. Por lo general sólo se logra cuando otras opciones de transporte son buenos, y cuando los viajeros se les ayuda a darse cuenta de que no tienen que depender de los vehículos para desplazarse. Esto puede lograrse mediante la información y la educación, cambios de precios, reforma de calles y políticas de parqueo, y a través de medidas para fomentar el uso compartido de automóviles. Las localidades que han tenido estas medidas se han dado cuenta de que la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es sólo uno de tantos beneficios que pueden conseguir.

## USO DE BICICLETAS

### **Descripción:**

La bicicleta es un medio barato, sano y eficiente de transporte que sólo produce gases de efecto invernadero en la producción y distribución de bicicletas y que puede ser fácilmente adaptado para distancias cortas y medianas de viaje. Es una herramienta económica para las ciudades y otras localidades, en relación con el costo de la infraestructura de transporte. Si se adoptan medidas para proveer esta infraestructura, para abordar las cuestiones de la densidad urbana, la accesibilidad de bicicletas, acceso a los servicios, la seguridad y el estado de la bicicleta, es probable que aumente en popularidad como una parte importante de los sistemas de transporte de bajo carbono en los países en desarrollo.

## LA LOCALIDAD TRANSITABLE - ALENTANDO A CAMINAR

### **Descripción:**

Caminar es una forma económica, eficiente y saludable para recorrer distancias cortas, y para enlazar con el transporte público para grandes distancias. En el entorno adecuado, caminar también puede ser un modo muy agradable de transporte y las ciudades que cuentan con buenas instalaciones peatonales normalmente son lugares muy agradables para vivir. Además, caminar no produce gases de efecto invernadero ni contaminación local y además no es un peligro para nadie más en la medida en que el transporte motorizado puede serlo. Los circuitos peatonales deben ser bien diseñados, seguros, bien conectados y con cruces peatonales. En particular, los circuitos peatonales deben ser conectados a las estaciones de transporte, a las principales áreas residenciales y sitios de la actividad humana y si las áreas urbanas son bastante densas y tienen un uso mixto del suelo, caminar se convierte en un modo de transporte razonable

## SISTEMAS DE GESTIÓN DE TRANSPORTE

### **Descripción**

Para la implementación de sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) se aplican tecnologías de información y comunicación a los vehículos y a la infraestructura. Esto puede aumentar la fiabilidad, la seguridad, la eficiencia y la calidad de los sistemas de transporte. Un aumento en la eficiencia del sistema de transporte generalmente también conduce a una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero. Algunas aplicaciones de STI ya están siendo utilizados en los sistemas de información al viajero y peajes electrónicos. Los sistemas más avanzados para la gestión del tráfico, la ayuda "eco-conductor", la gestión intermodal de mercancías y el transporte público se están desarrollando en todo el mundo. Barreras para la implementación incluyen la complejidad tecnológica, los costos de capital y de protección de la privacidad.

Fuente: <http://climatetechwiki.org/category/2006-ipcc-sector-categorization/energy-supply-and-consumption-excl-industry/use-primary-e-1>. Resumen y traducción, este estudio.

CUADRO 3: EJEMPLOS DE MEDIDAS BLANDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES DE GEI PROCEDENTES DE VEHÍCULOS LIGEROS, QUE HAN SIDO EMPLEADAS EN PAÍSES EN DESARROLLO

OPCIONES TÉCNICAS	EJEMPLOS DE MEDIDAS BLANDAS	EFECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES	CONSIDERACIONES ADMINISTRATIVAS, INSTITUCIONALES Y POLÍTICAS
<p>Mejorar la gestión del parque para aumentar el factor de carga de los vehículos; pasar al transporte público y no motorizado; pasar a fuentes de energía alternativas</p>	<p><u>Instrumentos basados en el mercado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Impuestos sobre los combustibles: determinados localmente para incluir costos sociales y ambientales en el precio del combustible.</i></li> </ul>	<p><u>Rentabilidad</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Costos más altos para los usuarios de la carretera</i></li> </ul>	<p><u>Factores administrativos/ institucionales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Dificultad para evaluar el costo social y ambiental</i></li> <li>• <i>Fuente de ingresos para los gobiernos, con un costo de administración adicional insignificante</i></li> </ul> <p><u>Factores políticos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Oposición de productores y suministradores de combustibles</i></li> <li>• <i>Oposición de las organizaciones de motoristas y otros grupos con intereses especiales</i></li> </ul>
<p>Pasar a fuentes alternativas de energía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>diésel, GNG, GPL como alternativas a la gasolina</i></li> <li>• <i>combustibles sintéticos de fuentes de biomasa hidrógeno o electricidad de fuentes de energía renovables</i></li> </ul>	<p><u>Instrumentos económicos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Incentivos fiscales o subvenciones por el uso de combustibles alternativos y vehículos eléctricos</i></li> </ul> <p><u>Instrumentos reglamentarios</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Prescripciones sobre combustibles alternativos/ vehículos eléctricos</i></li> </ul>	<p><u>Rentabilidad</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Costos financiados por el usuario inferiores a la gasolina en el caso de GPL, GNC y diésel, en algunas aplicaciones.</i></li> <li>• <i>Costos para el usuario más altos en el caso de biocombustible, VE e hidrógeno.</i></li> </ul> <p><u>Cuestiones macroeconómicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Con la sustitución de petróleo por combustibles producidos domésticamente se puede impulsar el empleo</i></li> </ul> <p><u>Cuestiones de equidad</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Con el uso de la biomasa se puede aumentar el empleo rural</i></li> </ul>	<p><u>Factores administrativos/ institucionales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bajos costos de administración para el gobierno</i></li> <li>• <i>Pueden requerir nuevas normas de seguridad y Técnicas</i></li> <li>• <i>La cooperación internacional es útil</i></li> </ul> <p><u>Factores políticos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>La cooperación de los fabricantes de autos es importante</i></li> <li>• <i>Apoyo de productores de combustibles alternativos, incluidos los agricultores en el caso de biocombustibles</i></li> </ul>
<p>Reducir las emisiones de los gases de escape sin CO<sub>2</sub></p> <p>– Catalizador de bajo N<sub>2</sub>O</p>	<p><u>lyD</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>– Para eliminar la producción de N2O en convertidores catalíticos</i></li> </ul>	<p><u>Rentabilidad</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>No evaluada</i></li> </ul>	<p><u>Factores administrativos/ institucionales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>La cooperación internacional es importante</i></li> </ul>

<p>Reducir el uso de vehículos motorizados; uso de la tecnología de la información para mejorar la gestión de los vehículos, los parques y el tráfico; modificación de los sistemas de urbanización y transporte, incluida una mejor infraestructura del transporte no motorizado; telecomunicaciones (trabajo a domicilio, sistemas de realidad virtual, etc.)</p>	<p><u>Transporte y planificación urbana/ infraestructura</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Iniciativas de transporte local: Definidas localmente; pueden comprender tasas e impuestos, reglamentaciones, planificación, prestación de servicios educación e información</i></li> </ul>	<p><u>Rentabilidad</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>En general, las medidas se adoptan principalmente por razones distintas de la mitigación de GEI, por lo que esta mitigación tiene un costo bajo o negativo</i></li> </ul> <p><u>Cuestiones macroeconómicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Positivos o negativos, según las circunstancias locales y la concepción de medidas</i></li> </ul> <p><u>Cuestiones de equidad</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Positivos o negativos, según las circunstancias locales y la concepción de medidas</i></li> </ul>	<p><u>Factores administrativos/institucionales</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Los procesos de adopción de decisiones locales son importantes</i></li> <li><i>La cooperación entre diferentes niveles de gobierno y diferentes grupos con intereses en políticas es importante</i></li> </ul> <p><u>Factores políticos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Oposición de la industria de construcción de carreteras</i></li> <li><i>Las empresas locales pueden oponerse a las restricciones de acceso</i></li> </ul>
---	--	---	--

Fuente: IPCC, 2000

CUADRO 4: EJEMPLOS DE MEDIDAS BLANDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES DE GEI PROCEDENTES DE VEHÍCULOS PESADOS, QUE HAN SIDO EMPLEADAS EN PAÍSES EN DESARROLLO

OPCIONES TÉCNICAS	MEDIDAS	EFECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES	CONSIDERACIONES ADMINISTRATIVAS, INSTITUCIONALES Y POLÍTICAS
<p>Cambio a fuentes alternativas de energía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustibles sintéticos de fuentes de biomasa</li> <li>• Hidrógeno o electricidad de fuentes de energía renovables</li> </ul>	<p><u>Instrumentos basados en el mercado</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Combustible alternativo/ subvenciones a VE e incentivos fiscales</li> </ul>	<p><u>Rentabilidad</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo de las subvenciones de los ingresos previstos de los impuestos puede ser muy alto pero puede justificarse por la política agrícola u otra</li> <li>• Costos administrativos bajos</li> </ul> <p><u>Cuestiones macroeconómicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con la sustitución de petróleo por combustibles producidos domésticamente se puede impulsar el empleo</li> </ul> <p><u>Cuestiones de equidad</u></p> <p>– Con el uso de la biomasa se puede aumentar el empleo rural</p>	<p>Factores administrativos/ institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo de productores de combustibles alternativos</li> <li>• Pueden requerirse nuevas normas de seguridad y técnicas</li> <li>• La cooperación internacional puede ser útil</li> </ul> <p><u>Factores políticos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo de productores de combustibles alternativos</li> </ul>
<p>Reducir la intensidad energética del transporte (gestión de parques) y reducir el tráfico</p>	<p><u>Planificación/infraestructura/ información</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de gestión del transporte de carga (p. ej., GPS)</li> <li>• Sistemas de carga combinados con desincentivos por el uso de la carretera</li> </ul>	<p><u>Rentabilidad</u></p> <p>– Costo justificado por beneficios ambientales sin GEI</p>	<p>Factores administrativos/institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los procesos de adopción de decisiones locales son importantes</li> <li>• La cooperación entre diferentes niveles de gobierno y diferentes intereses políticos es importante</li> <li>• La cooperación internacional es útil</li> </ul>

Fuente: IPCC, 2000

### 2.1.2. Sector Agrícola y forestal

CUADRO 5: CUADRO DESCRIPTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES PARA EL SECTOR AGRÍCOLA Y FORESTAL

#### RESTAURACIÓN DE TIERRAS DEGRADADAS

**Descripción:**

La degradación de la tierra en general se produce debido a una variedad de factores. El IPCC, basado en varios artículos, enumera los siguientes factores: perturbación excesiva, erosión, pérdida de materia orgánica, salinización, acidificación u otros procesos que limitan la productividad (IPCC, 2007). El almacenamiento de carbono puede ser restaurado en parte a través de prácticas que buscan recuperar la pérdida de productividad tales como: reforestación, mejora de la fertilidad a través de enmiendas de nutrientes, aplicación de sustratos orgánicos como estiércol, reducir la labranza, retener los residuos de cosecha y conservar el agua (IPCC, 2007).

Esta descripción se centra en la restauración de suelos orgánicos o turberas. Las turberas acumulan grandes cantidades de carbono debido a la descomposición anaeróbica de la materia orgánica; esta descomposición (en ausencia de oxígeno), se produce debido a las condiciones de inundación de las turberas. Cuando se convierte en tierras agrícolas, los suelos se drenan y se eliminan las condiciones anaeróbicas y se introduce oxígeno al suelo. Este proceso favorece la descomposición aeróbica (descomposición con oxígeno) que resulta en altos flujos de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O (IPCC, 2007). Kasimir-Klemedtsson (1997) anota que, aunque las emisiones de metano son eliminadas después de drenaje del suelo, este efecto es en gran medida contrarrestado por el pronunciado aumento de las emisiones de N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>.

Las turberas son consideradas un aspecto especialmente importante en el ordenamiento del territorio, esto debido a la noción de que aunque las turberas cubren sólo 3% de la superficie de la tierra, almacenan más carbono que la vegetación de los bosques del mundo combinado (Portal de turba, 2008). Este enorme stock de carbono de los ecosistemas de turberas es atribuido a las gruesas capas de turba que contienen. La turba se compone en gran parte de la materia orgánica y tiene un contenido de carbono superior al 50% (Portal de turba, 2008).

Freibauer et (2004) entre otros autores, afirman que la práctica de mitigación más importante relacionada con suelos de turba y orgánicos es evitar el drenaje de estos suelos o a re-inundarlos (manejo del nivel freático). Existen otras prácticas que contribuyen a reducir las emisiones, tales como evitar tubérculos y cultivos en hileras, evitar la labranza profunda y mantener un nivel freático menos profundo; sin embargo estas prácticas son menos eficaces.

**Reducción de emisiones GEI:**

El Manual Global de restauración de las turberas (2008) resume los principales objetivos de la restauración de las turberas en tres puntos: a) la restauración de la diversidad de las turberas; b) la restauración de las funciones hidrológicas de las turberas y; c) la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de las turberas.

Este mismo Manual señala que para lograr la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de las turberas se recomiendan las siguientes prácticas de manejo:

a) Reactivar la formación de la turba. Esto puede hacerse mediante la reducción de la descomposición aeróbica, lo cual se realiza a través de la gestión eficaz del agua, es decir, aumentando los niveles de agua, reduciendo la evapotranspiración y elevando el nivel de agua de captación.

b) Reducir la erosión. Para esto es importante reducir los daños y perturbaciones a la vegetación y la superficie de la turba. Por lo tanto, el impacto humano y herbívoro deben ser minimizadas. Además, es importante estabilizar la turba descubierta para prevenirla del nuevo lavado. Esto puede hacerse a través de la revegetación de áreas desnudas o cubriendo áreas sueltas y desnudas con material estabilizado (por ejemplo, hojas de geo-yute o redes). Por otra parte, la erosión puede reducirse a través del mejoramiento de la hidrología de la cuenca; por ejemplo, realizar un flujo estable de agua con un mínimo de inundación y corriente de aire.

c) Reducción de sustancias nocivas. Esto puede hacerse a través de la recolección y extracción de biomasa, la estimulación de la precipitación química y la eliminación de superficies de tierras degradadas.

d) Finalmente, el manejo de incendios también es un aspecto esencial de la restauración de la turba. Prevención de incendios da lugar a un terreno más estable de la turba y evita las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto puede lograrse a través de una variedad de métodos. En primer lugar, el acceso a la turbera puede restringirse en períodos sensibles al fuego y a las áreas sensibles al fuego. En segundo lugar, un sistema de monitoreo resulta apropiado. Esto puede hacerse a través de Torres de vigilancia, patrullaje regular y monitoreo aéreo. En tercer lugar, proporcionar descansos de fuego (espacios donde el fuego no pueda cruzar) y proporcionar los suministros de agua para fines de lucha contra el fuego previene la expansión de los incendios. El desarrollo de modelos de riesgo de incendio, humedecer la superficie de turba en períodos sensibles al fuego y proporcionar mapas de seguridad contra incendios son varias opciones para el eficaz manejo del fuego.

**Cobeneficios:**

La restauración de las turberas y restauración de tierras degradadas contribuyen al desarrollo socio-económico y la protección del medio ambiente. Sin embargo, la magnitud exacta del efecto depende de la escala y la intensidad de las medidas de mitigación adoptadas así como de las políticas del sector en el que se realizan (IPCC, 2007).

Aunque no se tienen detallados los co-beneficios, se pueden mencionar varias posibles: 1) restaurar las tierras degradadas y turberas mejora la biodiversidad. 2) las turberas purifican el agua y por lo tanto pueden considerarse como una fuente importante de abastecimiento de agua. 3) las tierras restauradas pueden utilizarse más eficazmente como zonas de mitigación de inundaciones. 4) Las turberas restauradas han demostrado reducir significativamente el riesgo de incendio (informe de evaluación del portal de turba, 2008). 5) Finalmente, debido a la calidad estética de las turberas totalmente restauradas y otras tierras degradadas, se puede apoyar el desarrollo sostenible a través de actividades eco-turísticas.

La restauración de suelos orgánicos por lo tanto tiene una variedad de biodiversidad y beneficios ambientales. Sin embargo, el impacto económico depende de si los agricultores reciben pago por evitar emisión de gases de efecto invernadero y por las reducciones que se logren. Mecanismos basados en el mercado podrían ser capaces de apoyar la restauración de las turberas y las tierras degradadas a medida que agregan valoración de carbono. La restauración de tierras degradadas proporcionará mayores rendimientos y beneficios económicos, menos nuevas tierras de cultivo y proporcionará beneficios sociales mediante la estabilidad de la producción.

**Escala y tiempo de implementación:** Larga escala – largo tiempo

#### **Los costos y requisitos financieros**

A precios bajos, estrategias dominantes son las relacionadas con la producción ya existente como cambios en la labranza, aplicación de fertilizantes, formulación de dieta de ganadería y manejo del estiércol. Precios más altos provocan cambios de uso de la tierra que desplazan la producción existente, como los biocombustibles. Una práctica efectiva para reducir las emisiones de un sitio puede ser menos eficaz o incluso contraproducentes en otros lugares. Por consiguiente, no existe ninguna lista universalmente aplicable de prácticas de mitigación. Las prácticas deben evaluarse para sistemas agrícolas individuales basados en clima, entorno social y edáfico y patrones históricos de uso de la tierra y la gestión.

## GESTIÓN DE TIERRAS DE CULTIVO

#### **Descripción y Reducción de emisiones de GEI**

Debido a que a menudo se manejan intensivamente, las tierras de cultivo ofrecen muchas oportunidades para imponer prácticas que reducen las emisiones netas de GEI (IPCC, 2007). Estas oportunidades son diversas y con frecuencia se agrupan en términos tales como Agricultura de Conservación, Agricultura Sostenible, etc. Esencialmente, estas categorías tienen como objetivo minimizar la alteración del suelo mientras se aumenta al máximo su rendimiento.

Las prácticas de manejo para mitigación de las tierras de cultivo incluyen las siguientes categorías, parcialmente superpuestas:

a) **Agronomía:** El aumento del almacenamiento de carbono en el suelo se puede lograr mediante la mejora de las prácticas agronómicas. Estas prácticas aumentan los rendimientos, mientras generan mayores entradas de residuos de carbono. Algunos ejemplos de prácticas agronómicas son: el uso de variedades mejoradas de cultivos, ampliar la rotación de cultivos y evitar o reducir el uso del barbecho.

La adición de nutrientes a través de fertilizantes también puede promover el aumento de carbono en el suelo. Sin embargo, los beneficios del aumento de carbono en el suelo pueden ser (en parte), compensados por el aumento de las emisiones de  $N_2O$  del suelo e incrementa las emisiones de  $CO_2$  asociadas con la manufactura del fertilizante.

Por otra parte, las emisiones del suelo también se pueden reducir mediante la adopción de sistemas que tienen una menor dependencia de los fertilizantes, pesticidas y otros insumos. Esto no sólo evita las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la fabricación de estos insumos, sino que también aumenta el carbono del suelo. Un ejemplo importante es el uso de la rotación con los cultivos de leguminosas. Estos cultivos reducen la dependencia de insumos externos de nitrógeno, lo que reduce la demanda de fertilizantes.

Otro grupo de prácticas agronómicas son los que proporcionan una cubierta vegetal temporal entre los cultivos agrícolas sucesivos, o entre hileras de cultivos de árboles o de viñedos. Estos cultivos de “captura” o “cubierta” añaden carbono a los suelos y también puede extraer N no utilizado por el cultivo anterior, reduciendo así las emisiones de  $N_2O$ .

b) Manejo de nutrientes: la mejora de la eficiencia del uso de nutrientes puede reducir las emisiones de  $N_2O$ , además de reducir indirectamente las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la fabricación de fertilizantes (IPCC, 2007). Esto se debe al hecho de que el nitrógeno aplicado en fertilizantes, abonos y biosólidos no siempre se utiliza de manera eficiente en los cultivos y el nitrógeno restante es susceptible a la emisión de  $N_2O$ . La mejora en la eficiencia del uso de nutrientes también puede prevenir las emisiones de  $N_2O$  fuera del cultivo, debido a la reducción en la lixiviación de nitrógeno y pérdidas de sustancias volátiles. Algunos ejemplos de prácticas que mejoran la eficiencia de uso son: la agricultura de precisión (es decir, el ajuste de las tasas de aplicación de nutrientes con base en la estimación precisa de las necesidades de los cultivos); el uso de formas de fertilizantes lentos o de liberación controlada o inhibidores de la nitrificación; mejorar la periodicidad de aplicación de nitrógeno; disponer el nitrógeno con mayor precisión para que sea más accesible a cultivos de raíces y evitar las aplicaciones de nitrógeno en exceso con respecto a las necesidades inmediatas de plantas.

c) Gestión de labranza / residuos: los sistemas de cero labranza pueden reducir las emisiones de GEI de varias maneras. Lo mismo es cierto para los sistemas de labranza mínima (también llamado reducción de la labranza), pero en menor medida. Si bien anteriormente la labranza era una característica esencial de la agricultura, los avances en los métodos de control de malezas y la maquinaria agrícola permiten ahora muchos cultivos que se cultivan con un mínimo o no laboreo. Estas prácticas se están utilizando cada vez más en todo el mundo (Cerri et al., 2004). La gestión de residuos en forma de la retención de residuos de cultivo también tiende a aumentar el almacenamiento de carbono en el suelo. El aumento del almacenamiento de carbono del suelo se produce cuando el residuo es el precursor de la materia orgánica del suelo. Adicionalmente, el evitar la quema de residuos también evita las emisiones.

d) Gestión del agua: Alrededor del 18% de las tierras de cultivo del mundo reciben agua mediante el riego (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005). Ampliar el uso de riego o el uso de medidas de riego más eficaces puede mejorar el almacenamiento de carbono en los suelos a través de la mejora los rendimientos y retornos de residuos. Sin embargo, algunas de estas ganancias pueden ser compensadas por el  $CO_2$  de la energía que se utiliza para entregar el agua, o de las emisiones de  $N_2O$  provenientes de la mayor humedad en el suelo y el aumento de los insumos de fertilizantes. La cuantificación de las emisiones de estos requiere de investigaciones adicionales.

El drenaje de las tierras de cultivo en las regiones húmedas también puede promover la productividad y por lo tanto carbono en el suelo, y quizás también suprimir las emisiones de  $N_2O$  mediante la mejora de la aireación. Sin embargo, la pérdida de nitrógeno a través del drenaje podría ser susceptible a la pérdida como  $N_2O$ .

e) La agrosilvicultura: la agrosilvicultura es la producción de ganado o cultivos de alimentos en tierras en donde también se cultivan árboles para madera, leña u otros productos forestales. Incluye cinturones de protección y zonas ribereñas / franjas de protección con especies leñosas. El stock permanente de carbono en la biomasa aérea suele ser más alto que el uso de la tierra equivalente sin árboles, la plantación de árboles también puede aumentar la retención del carbono en el suelo. Sin embargo, los efectos sobre el  $N_2O$  y  $CH_4$  no se conocen bien.

f) Cambio de la cobertura terrestre: según el IPCC (2007), uno de los métodos más eficaces para reducir las emisiones es permitir o alentar la reversión de tierras de cultivo a otra cobertura del suelo, por lo general una similar a la vegetación nativa. La conversión de tierra a otra cobertura del suelo puede ocurrir en toda una superficie o en puntos localizados.

Los cambios de cobertura de suelo suelen aumentar el almacenamiento de carbono. Por ejemplo, la conversión de tierras de cultivo en pastizales típicamente resulta en el aumento de carbono debido a los menores trastornos del suelo y la reducción de la eliminación de carbono a través de los productos cosechados (IPCC, 2007). Por otra parte, los pastizales también pueden reducir las emisiones de  $N_2O$  debido a sus entradas de nitrógeno inferiores. Del mismo modo, la conversión de las tierras de cultivo drenados a humedales da como resultado la rápida acumulación de carbono en el suelo. La plantación de árboles también pueden reducir las emisiones. El IPCC (2007) concluye que, debido a que la conversión se produce a expensas de la productividad agrícola, por lo general es una opción aplicable sobre el excedente de tierras agrícolas o en tierras de cultivo de productividad marginal.

**Co-beneficios**

Las consecuencias para el desarrollo socio-económico y la protección del medio ambiente de las prácticas de manejo del suelo de cultivo son difíciles de establecer. Los resultados de la mayoría de las categorías de mitigación son esencialmente positivos. Sin embargo, está claro que hay todavía varios aspectos que requieren más investigación antes de otorgarles una connotación positiva o negativa

Las prácticas de manejo de las tierras de cultivo influyen la situación socio-económica y ambiental de las comunidades, pero también es claro que una variedad de factores también influyen en esta situación. Dado que es difícil cuantificar el efecto global de las medidas de mitigación relacionadas con el manejo de suelos agrícolas, resulta útil observar los efectos de la aplicación de estas medidas de mitigación en situaciones específicas. Por ejemplo, la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) analizó los efectos de la aplicación de la agricultura de conservación en Lesoto, África, lo cual generó los siguientes beneficios:

De acuerdo con el informe de la FAO (2010), el incremento del rendimiento a largo plazo y la estabilidad de la producción se pueden lograr, mientras que al mismo tiempo detener y revertir la degradación del suelo. Además, la FAO (2010) señala que las técnicas de agricultura de conservación que racionalizan el uso de mano de obra son particularmente útiles en las áreas rurales, donde la migración y las emergencias de salud han reducido la oferta de trabajo y han contribuido a la creciente "feminización" de la agricultura.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala I – Largo plazo

**Costos de implementación**

Como lo señala el IPCC (2007), el papel de las estrategias alternativas para el cambio de gestión de la tierra cambia a través de toda la gama de precios de carbono, (ver figura abajo). En los precios bajos, las estrategias dominantes son las compatibles con la producción existente, como los cambios en la labranza, la aplicación de fertilizantes, la formulación de dietas para el ganado y la gestión del estiércol. Los precios más altos están relacionados con cambios del uso del suelo que desplazan la producción existente, como los biocombustibles, y permiten el uso de opciones costosas de mitigación asociadas con la alimentación animal. Una práctica eficaz en la reducción de las emisiones en un sitio puede ser menos eficaz o incluso contraproducente en otras partes. En consecuencia, no existe una lista de aplicación universal de las prácticas de mitigación, las prácticas deben ser evaluadas para los sistemas agrícolas individuales basadas en el clima, entorno social, las condiciones edáficas y los patrones históricos de uso y manejo de la tierra.

**GESTIÓN DE TIERRAS DE PASTOREO****Descripción y reducción de emisiones de GEI**

Los ecosistemas agrícolas tienen grandes reservas de carbono (IPCC, 2001a), concentradas en gran parte en la materia orgánica del suelo. Históricamente, estos sistemas han perdido más de 50 Pg de carbono, pero parte de este carbono perdido se puede recuperar a través de una mejor gestión, reduciendo así el CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera (Paustian et al, 1998;. Lal, 1999, 2004a). Las tierras de pastoreo ocupan áreas mucho más grandes que las tierras de cultivo (FAOSTAT, 2006) y por lo general se manejan con menos intensidad. Existen varias técnicas de gestión que pueden apoyar los esfuerzos de mitigación del cambio climático:

a) Gestión de la intensidad de pastoreo: la intensidad y el tiempo de pastoreo pueden influir en la eliminación, el crecimiento, la distribución de carbono y la flora de las praderas, lo que afecta la cantidad de almacenamiento de carbono en los suelos (Conant et al, 2001;. 2005; Freibauer et al, 2004;. Conant y Paustian , 2002; Reeder et al, 2004). La acumulación de carbono en las tierras óptimamente pastoreadas suele ser mayor que en las tierras en donde se practica el sobrepastoreo (Liebig et al, 2005;. Rice y Owensby, 2001). Los efectos son inconsistentes, sin embargo, debido a los muchos tipos de prácticas de pastoreo empleadas y la diversidad de especies de plantas, suelos y climas involucrados (Schuman et al, 2001;. Derner et al, 2006). La influencia de la intensidad de pastoreo sobre las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> no está claramente establecida, además de los efectos directos sobre las emisiones provenientes de los ajustes en el número de animales.

b) Aumento de la productividad (incluyendo fertilización): en cuanto a las tierras de cultivo, el almacenamiento de carbono en las tierras de pastoreo puede ser mejorado mediante una variedad de medidas que promueven el aumento de la productividad. Por ejemplo, suplir las deficiencias de nutrientes mediante fertilizantes o abonos orgánicos incrementa la producción de residuos vegetales y, por tanto, el almacenamiento de carbono en el suelo (Schnabel et al, 2001;.. Conant et al, 2001). La adición de nitrógeno, sin embargo, generalmente provoca las emisiones de  $N_2O$  (Conant et al., 2005), compensando así algunos de los beneficios. De manera similar, los pastizales irrigados pueden promover ganancias de carbono en el suelo (Conant et al., 2001). El efecto neto de esta práctica, no obstante, depende también de las emisiones del uso de energía y de otras actividades en las tierras de regadío (Schlesinger, 1999).

c) Manejo de nutrientes: las prácticas que ajustan a la medida la adición de nutrientes para la captación de la plantas, tales como las descritas para las tierras de cultivo, pueden reducir las emisiones de  $N_2O$  (Dalal et al, 2003;.. Follett et al, 2001). La gestión de los nutrientes en las tierras de pastoreo, sin embargo, puede ser complicada debido a la deposición de las heces y la orina de los animales, las cuales no son fáciles de controlar, incluso aplicado uniformemente abonos nutritivos en las tierras de cultivo (Oenema et al., 2005).

d) Manejo de quemas: la quema de biomasa in situ (no debe confundirse con la bioenergía, en donde la biomasa se quema fuera del lugar) contribuye al cambio climático de varias maneras. En primer lugar, se liberan gases de efecto invernadero, en particular,  $CH_4$  y, en menor medida,  $N_2O$ . En segundo lugar, la práctica genera emisiones de hidrocarburos y nitrógeno que reaccionan para formar ozono troposférico, un potente GEI. En tercer lugar, los incendios producen una gama de aerosoles de humo que pueden tener efectos de calentamiento o de enfriamiento en la atmósfera, se cree que el efecto neto es un forzamiento radiativo positivo (Andreae et al, 2005;.. Jones et al, 2003;.. Venkataraman et al. , 2005; Andreae, 2001; Andreae y Merlet, 2001; Anderson et al, 2003;.. Menon et al, 2002). En cuarto lugar, el fuego reduce el albedo de la superficie de la tierra durante varias semanas, causando su calentamiento (Beringer et al., 2003). Por último, la quema puede afectar a la proporción de arbolado frente a la cobertura de hierba, especialmente en las sabanas, las cuales ocupan alrededor de una octava parte de la superficie terrestre. La reducción de la frecuencia o la intensidad de los incendios típicamente conduce a una mayor cobertura de árboles y arbustos, lo que resulta en un sumidero de  $CO_2$  en el suelo y la biomasa (Scholes y van der Merwe, 1996).

Las medidas de mitigación incluyen la reducción de la frecuencia o el alcance de los incendios a través de una extinción más eficaz, la reducción de la carga de combustible para el manejo de la vegetación y la quema en un momento del año en que menos  $CH_4$  y  $N_2O$  sean emitidos (Korontzi et al, 2003.). Aunque la mayoría de los incendios agrícolas tienen origen humano, hay evidencia de que el área quemada está en última instancia bajo el control climático (Van Wilgen et al., 2004). En ausencia de la inflamación de origen humano, los ecosistemas propensos al fuego se quemarían como consecuencia de los factores climáticos.

e) Introducción de especies: la introducción de gramíneas con mayor productividad, o la distribución de carbono a las raíces más profundas, han demostrado aumentos en el carbono en el suelo. Por ejemplo, se ha reportado que el establecimiento de pastos de raíces profundas en las sabanas produce altas tasas de acumulación de carbono (Fisher et al, 1994.), aunque la aplicabilidad de estos resultados no ha sido ampliamente confirmada (Conant et al, 2001;.. Davidson et al., 1995). Sin embargo, es muy importante tener en cuenta los impactos ecológicos de la introducción de especies.

En la sabana brasileña (bioma de Cerrado), se están adoptando sistemas agropecuarios integrados que utilizan pastos *Brachiaria* y prácticas de cero labranza (Machado y Freitas, 2004). La introducción de leguminosas en las tierras de pastoreo puede promover el almacenamiento de carbono en el suelo (Soussana et al., 2004) a través de una mayor productividad de las entradas de N asociadas, y probablemente reduce las emisiones procedentes de la fabricación de fertilizantes si la fijación biológica de  $N_2$  desplaza a los fertilizantes nitrogenados (Sisti et al. , 2004; Diekow et al, 2005).

### **Co-beneficios**

Las consecuencias para el desarrollo socio-económico y la protección del medio ambiente de las prácticas de manejo del suelo de cultivo son difíciles de establecer. Los resultados de la mayoría de las categorías de mitigación son esencialmente positivos. Sin embargo, está claro que hay todavía varios aspectos que requieren más investigación antes de otorgarles una connotación positiva o negativa

Las prácticas de manejo de las tierras para el pastoreo influyen la situación socio-económica y ambiental de las comunidades, pero también es claro que una variedad de factores también influyen en esta situación. Dado que es difícil cuantificar el efecto global de las medidas de mitigación relacionadas con el manejo de suelos pastoriles, resulta útil observar los efectos de la aplicación de estas medidas de mitigación en situaciones específicas

Un ejemplo de los co-beneficios del manejo mejorado de suelos de pastoreo puede ser consultado en Gebremedhin et al. (2004) "Collective action for grazing land management in crop-livestock mixed systems in the highlands of northern Ethiopia". El estudio muestra, entre otros, que la gestión de pastizales por parte de la comunidad contribuyó a un uso más sostenible de los recursos y a la reducción de la escasez de alimento. La acción colectiva para el manejo de las tierras de pastoreo puede ser más beneficiosa y más eficaz en zonas de población intermedia, con mayor capital social y menor heterogeneidad en la propiedad de animales en los lugares que están más lejos del mercado.

**Escala y tiempo de implementación** Gran escala – largo plazo, Gran escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

El papel de las estrategias alternativas para el cambio de gestión de la tierra cambia a través de toda la gama de precios de carbono. En los precios bajos, las estrategias dominantes son las compatibles con la producción existente, como los cambios en la labranza, la aplicación de fertilizantes, la formulación de dietas para el ganado y la gestión del estiércol. Los precios más altos están relacionados con cambios del uso del suelo que desplazan la producción existente, como los biocombustibles, y permiten el uso de opciones costosas de mitigación asociadas con la alimentación animal. No existe una lista de aplicación universal de las prácticas de mitigación, estas deben ser evaluadas para los sistemas agrícolas individuales basadas en el clima, entorno social, las condiciones edáficas y los patrones históricos de uso y manejo de la tierra.

## MANEJO DEL GANADO

### **Descripción**

Los rumiantes tienen un sistema digestivo único, poseen un rumen o un grande estómago delantero en el que la fermentación microbiana descompone material vegetal constituyendo así la digestión. Los animales no rumiantes domesticados (por ejemplo, cerdos, caballos, mulas) también producen emisiones de CH<sub>4</sub> a través de la fermentación entérica, pero se diferencia en que la fermentación microbiana se lleva a cabo en el intestino grueso, donde la capacidad de producir CH<sub>4</sub> es inferior (USEPA, 2005b). Fermentación entérica permite a los rumiantes para comer material vegetal, pero también produce metano, un gas de efecto invernadero que contribuye al cambio climático global. Durante la digestión, los microbios presentes en el sistema digestivo del animal, fermentan la comida consumida por el animal. Este proceso de fermentación microbiana se conoce como fermentación entérica y produce CH<sub>4</sub> como un subproducto, que puede ser exhalado o eructado por el animal. La cantidad de CH<sub>4</sub> producido y excretado por un animal depende principalmente de su sistema digestivo y de la cantidad y tipo de alimento que consume.

La figura de abajo muestra las emisiones de metano en los Estados Unidos a través del tiempo y es evidente que una de las mayores fuentes de emisión de metano es el proceso de digestión de los rumiantes, es decir, la fermentación entérica, con una emisión de aproximadamente 140.8 Tg CO<sub>2</sub>eq en 2008, la fermentación entérica reúne alrededor del 2% de las emisiones totales de Estados Unidos en 2008 (EPA, 2010). La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos calcula que el ganado, especialmente rumiantes como el ganado vacuno y ovino, representan aproximadamente un tercio de las emisiones antropogénicas mundiales de metano (US-EPA, 2006). Además, el ganado también es considerado una fuente de emisión de N<sub>2</sub>O, producido a través de la orina y las heces, las cuales contienen nitrógeno.

Las medidas para reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O procedentes del ganado, se pueden clasificar en tres categorías generales:

1. La mejora de las prácticas de alimentación
2. El uso de agentes específicos o aditivos dietéticos
3. Cambios de la gestión de ganado a largo plazo y cría de animales

#### **Mejora de las prácticas de alimentación**

La calidad de la alimentación de un animal y el consumo de alimentos tienen un impacto directo sobre las emisiones de CH<sub>4</sub>. En general, la calidad de alimentación y el aumento del consumo de alimentos puede aumentar las emisiones de CH<sub>4</sub>. El consumo de alimento se relaciona directamente con el tamaño de los animales, la tasa de crecimiento y la producción (por ejemplo, la producción de leche, el crecimiento de la lana, el embarazo, o cuando son empleados para realizar trabajos). Por lo tanto, el consumo de alimento y las prácticas de manejo varían según el tipo de animal.

Debido a las emisiones de CH<sub>4</sub> representan una pérdida económica para el agricultor porque el alimento se convierte en CH<sub>4</sub> en lugar de convertirse en productos, las medidas de mitigación relacionadas con las mejoras en las prácticas de alimentación, pueden asociarse con la rentabilidad por unidad de carne o leche que se produzca por animal (IPCC, 2007).

A través de sustitución de forrajes y la implementación de más concentrados, las emisiones de metano se pueden reducir (Lovett et al., 2003). Sin embargo, los concentrados pueden aumentar las emisiones de metano diarios por animal pero se ha demostrado que las emisiones por kg de consumo de alimento y por kg de producto se reducen. El grado de reducción de las emisiones por kg de consumo de alimento o por kg de producto, disminuye a medida que aumenta la producción (IPCC, 2007). Los beneficios de la alimentación con concentrado dependen de si el número de animales puede ser reducido o si la edad de masacre se puede reducir. Además, es importante considerar cómo esta práctica afecta el uso del suelo, debido al contenido de nitrógeno en el estiércol y también considerar, las emisiones del transporte y la producción de los concentrados (Lovett et al, 2006; IPCC, 2007).

Otras prácticas para reducir las emisiones de metano están disponibles tales como: adición de ciertos aceites de oleaginosas para la alimentación, mejora de la calidad del pasto, optimización de la ingesta de proteínas para reducir la excreción de nitrógeno y por ende las emisiones de N<sub>2</sub>O, entre otros (IPCC, 2007).

#### **Aditivos y agentes alimenticios**

Los agentes y/o aditivos alimenticios también pueden reducir las emisiones de metano. La mayoría de estos agentes o aditivos apuntan a la supresión de la metanogénesis que es el proceso químico que crea metano. A continuación se mencionan algunos agentes o aditivos propuestos en el informe del IPCC de 2007, para reducir las emisiones de metano:

- a) Los ionóforos son antibióticos que pueden reducir las emisiones de metano, pero sus efectos pueden ser transitorios y han sido prohibidos en la Unión Europea.
- b) Compuestos halogenados inhiben el crecimiento de bacterias metanogénicas, pero sus efectos también pueden ser transitorios y pueden tener efectos secundarios tales como la ingesta reducida.

- c) Adición de compuestos al material vegetal consumido por el animal, también puede reducir las emisiones de metano. Ejemplos de tales compuestos son los taninos condensados, saponinas, o aceites esenciales. Sin embargo, la adición de dichos compuestos pueden tener un efecto secundario negativo, reduciendo la digestibilidad.
- d) Los probióticos han demostrado tener efectos pequeños e insignificantes. Sin embargo, la selección de cepas específicas podría mejorar los resultados.
- e) Precursores de Propionato tales como el fumarato o malato, son capaces de reducir la formación de metano. Estos precursores actúan como aceptores de hidrógeno alternativos. Sin embargo, esta opción requiere de una elevada dosis de precursores para provocar efecto.
- f) La aplicación de hormonas de crecimiento no reducen específicamente las emisiones de metano pero sí mejora el rendimiento de los animales con lo cual podría reducirse las emisiones por kg de producto animal.
- g) Las vacunas contra las bacterias metanogénicas están siendo desarrollados, pero aún no están disponibles comercialmente.

#### **Cambios de la gestión de ganado a largo plazo y cría de animales**

Los aumentos de productividad a través de una mejor gestión y de prácticas de crianza apropiadas, a menudo reducen las emisiones de metano por kg de producto de origen animal (Boadi et al, 2004). Sin embargo, la selección directa de ganado para reducir la producción de metano, es todavía poco práctico debido a la dificultad de medir con precisión las emisiones de metano (IPCC, 2007). A través de una mayor eficiencia, los animales productores de carne alcanzan el peso para matadero a una edad más joven. Por lo tanto, se reducen las emisiones de su vida (Lovett y O'Mara, 2002). Sin embargo, las emisiones de todo el sistema no siempre pueden disminuir al implementar esta práctica. Por ejemplo, la selección intensiva para un mayor rendimiento en el ganado lechero podría reducir la fertilidad y la fertilidad reducida requiere más animales de reemplazo en la manada, lo que aumentaría las emisiones de todo el sistema (Lovett et al., 2006).

#### **Co-beneficios**

El desarrollo socio-económico y la protección del medio ambiente son las contribuciones que hasta el momento no se han determinado con claridad. El IPCC (2007) muestra que hay un beneficio económico de las prácticas de alimentación mejoradas. Sin embargo, los otros aspectos son inciertos y requieren más investigación.

Además de la investigación adicional necesaria en el desarrollo social y las consecuencias de protección ambiental, también existe la necesidad de una investigación adicional en consecuencias para la salud, tanto para el ganado, así como las consecuencias para la salud relacionados con el consumo de los productos pecuarios.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – Corto plazo, Pequeña escala – Largo plazo

#### **Costos de implementación**

Los costos de implementación de esta estrategia, varían en un gran rango de precios altos a bajos. En los precios bajos, las estrategias dominantes son aquellas que son compatibles con la producción existente como los cambios en la labranza, la aplicación de fertilizantes, la formulación de dietas de ganado y la gestión del estiércol. Por otro lado, los precios más altos se relacionan con los cambios de uso del suelo que desplazan la producción existente, como los biocombustibles, y permiten el uso de costosas opciones de mitigación de alimentación de origen animal. Una práctica eficaz en la reducción de las emisiones en un sitio determinado, puede ser menos eficaz o incluso contraproducente en otras partes. En consecuencia, no existe una lista de aplicación universal de estas prácticas de mitigación, las prácticas deben ser evaluadas para cada sistema agrícola individual basándose en el clima, entorno social y los patrones edáficos e históricos de uso y manejo de la tierra.

## PRÁCTICAS DE MANEJO DE ESTIÉRCOL

### **Descripción**

El estiércol es un recurso valioso que, si se utiliza adecuadamente, puede sustituir cantidades significativas de fertilizantes químicos (van der Meer et al, 1987; BREMAND y de Wit, 1987; van Boheemen, 1987). Sin embargo, a menos que el estiércol se maneje con cuidado para minimizar las pérdidas de nutrientes y emisiones de olores, puede convertirse en una fuente de contaminación y una amenaza a los acuíferos y aguas superficiales. La tecnología más conocida para la gestión del estiércol es la digestión anaerobia, que es un proceso en el que la materia orgánica de desechos húmedos (es decir, el estiércol líquido, los desechos de procesamiento de alimentos, etc.) se convierte en metano a través de bacterias que prosperan en ausencia de oxígeno. El metano es recogido y puede ser utilizado para generar electricidad. Además, el proceso de digestión anaeróbica crea subproductos potencialmente valiosos, tales como la fracción de sólidos - fibra, y el líquido con nutrientes disponibles.

Otra técnica común es la digestión aeróbica, útil en el tratamiento de estiércol líquido para la reducción de olor, la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el control de patógenos. El tratamiento aeróbico se lleva a cabo por lo general como un proceso por lotes o como un proceso semi-continuo. En un proceso por lotes, todo el material tratado se retira de la instalación antes de cargar el digestor o reactor nuevamente con la suspensión sin tratar. En un proceso de alimentación semi-continuo, parte del material tratado es desplazado por la adición de material no tratado en el digestor. Un tercer método aplicado ampliamente en el sector agrícola en todo el mundo es el compostaje. Sin embargo, el compostaje de una suspensión en la que no se han separado los sólidos requiere una gran cantidad de material adicional para retener el líquido. Esto es muy poco práctico debido al costo de la materia y la energía requerida para girar o airear el compost. El compost de estiércol es un fertilizante orgánico de alta calidad y tiene un gran potencial como producto comercializable en el mercado de la jardinería.

### **Reducción de emisiones de GEI**

El reciclaje de subproductos agrícolas, como residuos de abonos animales y de cultivos, ofrece oportunidades para la mitigación directa de las emisiones de GEI provenientes de combustibles fósiles (IPCC, 2007). Según el IPCC (2010), teniendo en cuenta todos los gases, el potencial técnico de mitigación de la agricultura mundial (excluyendo las compensaciones de los combustibles fósiles a partir de biomasa) para el año 2030 se estima en aproximadamente 5.500-6.000 MtCO<sub>2</sub>-eq/año. La EPA (2006) prevé que las emisiones de metano combinadas de la fermentación entérica y la gestión del estiércol se incrementarán en un 21% entre 2005 y 2020, teniendo en cuenta que se espera que la producción mundial de metano relacionada con la ganadería aumente en un 60% hasta 2030.

### **Co-beneficios**

Según la AIE (2008), el uso de residuos y desechos de biomasa puede reducir los costos para los agricultores y proporcionarles ingresos adicionales. Con base en el IPCC (2007), una combinación adecuada de cultivos de arroz con ganado, conocida como sistemas integrados de cultivos animales anuales; puede mejorar los ingresos netos, mejorar los agro-ecosistemas cultivados e incrementar el bienestar humano. Tales combinaciones de ganado y cultivos, especialmente de arroz, puede mejorar la generación de ingresos, incluso en las zonas semiáridas y áridas del mundo. Por otra parte, una mayor demanda de estiércol puede generar ingresos para el sector de la cría de animales en donde, por lo general, opera la población más pobre. Existen otros beneficios derivados de la gestión adecuada del estiércol; como por ejemplo, la reducción de los nutrientes que entran en las aguas superficiales y los impactos aguas abajo; a través de prácticas de almacenamiento y esparcimiento ambientalmente sostenibles. Las aguas ricas en nutrientes promueven el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas que reducen el hábitat de la fauna y las actividades recreativas, además de aumentar los costos de tratamiento de agua. Adicionalmente, las bacterias y otros patógenos pueden entrar en las aguas superficiales de escorrentía, causando problemas a la salud humana. Con un tratamiento adecuado, estos impactos ambientales adversos pueden minimizarse.

La aplicación al suelo de estiércol crudo o compost se puede adaptar para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y su impacto en el medio ambiente. La aplicación de más nitrógeno del que necesita un cultivo a través del estiércol dará como resultado la acumulación de exceso de nitrógeno en el suelo y aumentará la liberación de nitrógeno como óxido nítrico. La aplicación de estiércol en el momento inapropiado del año también aumenta la liberación de óxido nítrico, así como la aplicación de estiércol crudo en condiciones húmedas. Los investigadores creen que la aplicación de estiércol en un tiempo adecuado y la aplicación de cantidades apropiadas contribuyen a una reducción global de las emisiones de GEI de las operaciones agrícolas.

En climas más fríos, suspensión en digestores anaeróbicos se debe calentar a entre 25 ° C y 35 ° C para promover el crecimiento de las bacterias productoras de metano. El calor requerido para alimentar a la caldera a menudo puede ser producido mediante el uso de parte de las biogás emitido de la suspensión. El resto de las biogás se puede utilizar para alimentar un generador eléctrico o para la calefacción de locales, reduciendo así la necesidad de importar combustibles para tales servicios energéticos.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – corto plazo

**Costos de implementación:**

La magnitud de los métodos de tratamiento de estiércol conduce a que exista una amplia gama de costos y requisitos financieros para su aplicación, ya que estos métodos dependen de la tasa de dispersión y concentración de compuestos nocivos, la producción de compuestos similares por otras fuentes y los tipos de recursos naturales afectados (por ejemplo, agua). Los costos por lo tanto son altamente dependientes de la ubicación específica en donde el método se lleva a cabo (Brandjes et al. 1991). El valor de estiércol puede ser difícil de determinar. Desde el punto de vista agronómico, el estiércol tiene muchas características beneficiosas. Aparte de sus beneficios nutricionales, el estiércol también mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y promueve organismos beneficiosos. Sin embargo, un mayor volumen de estiércol debe ser aplicado para hacer efectivos estos beneficios cuando se usa como fuente principal de nutrientes. Con grandes cantidades de estiércol, se incurre en mayores costos de aplicación. Por lo tanto, el valor nutricional por unidad de estiércol puede ser menor que para el caso de los fertilizantes comerciales. Es aquí en donde se espera que los atributos beneficiosos del estiércol más su valor nutriente sean iguales al valor nutricional por unidad de fertilizante comercial (Rausch y Songen, 1999).

Con respecto a la calidad del agua, los costos de eliminación de los compuestos contaminantes han sido evaluados previamente. Estos costos varían de acuerdo con la tecnología utilizada, los precios locales de la energía, mano de obra, etc. Los costos de explotación para la eliminación de N y P se estiman en USD \$ 27-50 por kg de emisiones de nutrientes directamente vertidos desde una fuente puntual, como el estiércol (valores calculados para Europa del Este).

La información sobre los costos de tratamiento de estiércol líquido es aún escasa. Las pocas estimaciones sobre los costos operativos totales de las instalaciones de depuración varían entre 6.75 y 19 dólares por m<sup>3</sup> en EE.UU (Ten Have y Chiappini, 1993), mientras que la calidad del efluente requerido no se alcanza, aunque las plantas funcionen a un nivel óptimo. La conclusión es que el tratamiento a gran escala del estiércol líquido o purines como aguas residuales no se justifica económicamente.

Fuente:<http://climatetechwiki.org/category/2006-ipcc-sector-categorization/agriculture-forestry-and-other-land-use>. Resumen y traducción, este estudio.

CUADRO 6: EJEMPLOS DE MEDIDAS BLANDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR AGRÍCOLA, QUE HAN SIDO EMPLEADAS EN PAÍSES EN DESARROLLO

OPCIONES TÉCNICAS	MEDIDAS	EFFECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES	CONSIDERACIONES ADMINISTRATIVAS, INSTITUCIONALES Y POLÍTICAS
<p>Reducir el uso de energía de combustibles fósiles</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reducir la labranza</li> <li>– Reducir el uso de fertilizantes</li> <li>– Programación de los regadíos</li> <li>– Secado por energía solar</li> </ul>	<p>Programas basados en el mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuestos sobre combustibles agrícolas</li> </ul> <p>Acuerdos voluntarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de tecnología</li> </ul>	<p>Cuestiones macroeconómicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de los costos del combustible y de los fertilizantes</li> </ul>	<p>Factores administrativos/ institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La cooperación de organismos gubernamentales y la integración de programas agrícolas es esencial</li> </ul> <p>Factores políticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de impuestos</li> </ul>
<p>Aumentar el almacenamiento de C en tierras agrícolas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la labranza</li> <li>• Mejorar el tratamiento de residuos</li> <li>• Restablecer la productividad de suelos degradados</li> <li>• Aumentar la reserva permanente en regiones templadas</li> </ul>	<p>Acuerdos voluntarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modificación de programas de productos básicos para lograr mayor flexibilidad y apoyo de mejores prácticas de gestión</li> <li>• Transferencia de tecnología</li> </ul>	<p>Rentabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El mayor costo de los herbicidas se compensa con la menor necesidad de mano de obra</li> </ul> <p>Cuestiones macroeconómicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reducción de los costos del Combustible</li> </ul>	<p>Factores administrativos/ institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La cooperación de organismos gubernamentales y la integración de programas agrícolas es esencial</li> <li>• La disponibilidad de créditos puede ser una limitación</li> </ul>
<p>Mejorar la gestión de animales rumiantes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la digestibilidad de los alimentos</li> <li>• Mejorar la genética animal y la Fertilidad</li> </ul>	<p>Medidas reglamentarias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamentación de la densidad animal</li> </ul>	<p>Cuestiones macroeconómicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesidad de directores formados y transferencia de tecnología</li> </ul>	<p>Factores políticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Preocupación especial en zonas de elevada densidad animal, como en países del Anexo I</li> </ul>
<p>Adoptar prácticas de gestión de estiércol para la recogida de CH<sub>4</sub></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagunas cubiertas y generadoras de biomasa</li> </ul>	<p>Acuerdos voluntarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia de tecnología</li> </ul>	<p>Rentabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de costos mediante la disponibilidad de energía local</li> </ul>	<p>Factores administrativos/ institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La transferencia internacional de tecnología es necesaria</li> </ul>
<p>Aumentar la eficiencia en el uso del fertilizante N</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejorar los métodos de aplicación</li> <li>• Adaptar el suministro de N a las necesidades de los cultivos – Maximizar el uso de estiércol</li> <li>• Optimizar la labranza, la irrigación, y el drenaje</li> </ul>	<p>Programas basados en el mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impuestos sobre el uso de fertilizantes N</li> </ul> <p>Medidas reglamentarias</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitación del uso de Fertilizantes</li> </ul>	<p>Rentabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compensación de costos reduciendo las necesidades de N</li> </ul>	<p>Factores políticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los posibles efectos negativos sobre la producción de alimentos es una cuestión políticamente sensible</li> </ul>

Fuente: IPCC, 2000

### 2.1.3 Sector Residuos Sólidos

CUADRO 7: CUADRO DESCRIPTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES PARA EL SECTOR RESIDUOS

RECICLAJE AVANZADO DE PAPEL		
<b>Descripción:</b>		
<p>El proceso de reciclaje de papel consiste en la recuperación de residuos del papel y su posterior reprocesamiento (por ejemplo, los productos de desecho del papel pueden ser reciclados y transformados en papel higiénico). El reciclaje de papel avanzado incorpora el proceso de reciclaje dentro de la cadena productiva del papel. A través de esta tecnología, es posible obtener ahorros considerables de energía dentro del sector de celulosa y papel a través de prácticas de reciclaje eficaces y eficientes.</p>		
<b>Reducción de emisiones de GEI:</b>		
<p>El sector del papel y la pulpa es el cuarto sector industrial que más consume energía en todo el mundo con aproximadamente 164 Mtep de energía en el 2007, lo que se corresponde a un 5% del total del consumo global de energía por parte del sector industrial. El reciclaje avanzado de papel genera ahorros significativos de energía (generalmente se requiere menos energía para la fabricación de productos a partir de materias primas recicladas) y por lo tanto la reducción de emisiones de gases efecto invernadero y otros contaminantes. La pulpa de papel recuperada utiliza entre 10 y 13 GJ menos energía por tonelada de la producción de pulpa virgen (IEA, 2010).</p> <p>La magnitud de los beneficios relacionados con la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero resultantes de la aplicación de esta tecnología, es altamente dependiente de los materiales específicos involucrados (cartón, papel normal, papel de alta calidad); las tasas de recuperación de los materiales; las opciones locales para la gestión de materiales y la fuente de energía específica utilizada en el proceso de producción. Es difícil proporcionar información específica relacionada con la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero debido a la implementación de esta tecnología. No obstante, como se observa en la siguiente tabla, las emisiones durante el ciclo de vida de un producto de papel reciclado son sustancialmente más bajos en comparación con las emisiones de materiales vírgenes.</p>		
<p>Emissiones del ciclo de vida para la producción de papel (kg CO<sub>2</sub>/ton paper). Resultado de varios estudios resumidos en Smith et al., 2001. Fuente: Smith et al., 2001</p>		
Tipo de papel	Materiales Vírgenes	Materiales Reciclados
Papel periódico	1755	849
Papel Kraft sin blanquear	1080	633
Papel gráfico	436 (sin recubrimiento)	586 (con destinte)
Papel gráfico	730 (recubierto)	380(sin destinte)
Cartón corrugado	644 (25 % reciclado)	522-536
<b>Co-beneficios:</b>		
<p>El proceso tiene una variedad de beneficios socioeconómicos y ambientales: prolonga las reservas de recursos no renovables (por ejemplo, los minerales metálicos); contribuye al uso sostenible de los recursos; evita el impacto de la extracción de la materia prima como minerales, arena y la tala de bosques para producir madera para papel; reduce la necesidad de rellenos sanitarios y la incineración de residuos y genera menores niveles de contaminación atmosférica y del agua, debido a que se evitan o reducen en magnitud los procesos de producción primaria del papel (como la minería, explotación de canteras, procesamiento, etc.).</p>		

Uno de los aspectos principales de desarrollo social relacionados con el reciclaje de papel y el reciclaje en general, es que tiende a conducir a un aumento del empleo. Esta es la conclusión de un amplio estudio sobre la economía de reciclaje (IER, 2001). Las oportunidades de incremento del empleo aumentó surgen debido a que el reciclaje es un proceso relativamente intenso en trabajo, y que crea un sector de empleo adicional que, naturalmente, aumenta las oportunidades de empleo. Se estima que el sector de los residuos en el año 2004 en la Federación de Rusia empleó a cerca de 500.000 personas en un mercado de más de 28 mil millones de rublos, es decir, aproximadamente US \$ 1 billón de dólares (Abramov, 2004).

**Escala y Tiempo de Implementación:** Gran escala – corto plazo

**Costos de Implementación:**

A nivel mundial, las tasas de reciclaje han alcanzado aproximadamente el 50%, lo que básicamente significa que la mitad de los productos de desecho de papel son enviados a plantas de incineración o vertederos. Aunque muchos países se acercan o se encuentran en sus límites prácticos, todavía existe un gran potencial para la tecnología de reciclado de papel según la AIE (2010). La alta tasa de reciclaje global se logra principalmente debido a altos índices de reciclado en los países desarrollados, y como tal, las tasas de reciclaje en los países en desarrollo todavía pueden incrementarse sustancialmente. Sin embargo, debido a la multiplicidad de residuos que se pueden reciclar y las especificidades de cada proceso, aún no existe una estimación clara de los costos del proceso.

La economía de las prácticas de gestión de residuos y actividades de reciclaje es a menudo un factor crucial en la adopción exitosa de un nuevo proceso o tecnología. En general, hay muchos factores que determinan el entorno económico y financiero a las iniciativas de reciclaje. En algunos casos, los cambios legislativos básicos, como el cierre de un relleno sanitario cercano o una prohibición regional pueden hacer el reciclaje más atractivo ya que los costos de eliminación de residuos suben. Otros ejemplos generales que modifican las condiciones de competencia son los subsidios e impuestos para determinadas tecnologías, como la incineración de residuos. En algunas zonas de Europa, donde los rellenos sanitarios están prohibidos, la incineración de residuos ha ganado mucha atención en los últimos años. Por lo tanto, las prácticas de recuperación y reciclaje nuevas y más innovadoras tienen que competir con la práctica ya probada de incineración de residuos.

## TRATAMIENTO BIOLÓGICO AEROBIO (COMPOSTAJE)

**Descripción:**

La biodegradación es un proceso biológico natural y continuo que ocurre comúnmente en ambientes artificiales y naturales. El término compostaje o tratamiento biológico aerobio, se utiliza para definir la degradación biológica aeróbica bajo condiciones controladas. El proceso se utiliza para estabilizar los sólidos de aguas residuales antes de su uso como abono en jardinería, la horticultura y la agricultura (EPA, 2000).. Los residuos se descomponen en CO<sub>2</sub>, agua y abono. Además, se produce almacenamiento de carbono también en el compost residual. El proceso destruye los patógenos, minimiza olores y reduce el potencial de atracción de vectores.

Las tres técnicas de compostaje que se encuentran disponibles para realizar compostaje de los son: a) compostaje en contenedor cerrado, b) pilas horizontales de compostaje y c) pilas estáticas aireadas. Cada técnica utiliza los mismos principios científicos, pero varía en los procedimientos y el equipo necesario para implementarla. Otras variaciones entre las tecnologías están relacionadas con el suministro de aire, control de temperatura, la mezcla y el tiempo requerido para el compostaje. Por otra parte, su capital y costos de operación también son muy diferentes.

### **Reducción de emisiones de GEI**

En los rellenos sanitarios, los residuos orgánicos compostables sufren una descomposición anaerobia y producen cantidades significativas de metano, hasta un 80% de este gas no es capturado por un sistema de captura en los vertederos. El compostaje, por otro lado, es un proceso fundamentalmente aeróbico, y las instalaciones de compost bien administradas no producen metano. El compostaje es una alternativa ambientalmente superior a la disposición final de residuos orgánicos en rellenos sanitarios ya que elimina la producción de metano y ofrece una serie de los beneficios económicos y ambientales colaterales, teniendo un impacto sustancial en la reducción de gases de efecto invernadero.

- El compostaje de materia orgánica reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los rellenos sanitarios con sistemas de recuperación de energía
- El compost puede reducir significativamente la demanda de energía agrícola: las plantas que crecen en suelos ricos en abono requieren menos riego debido al aumento de la infiltración y la capacidad de almacenamiento del sistema radical y la reducción de la escorrentía, evaporación y el uso del agua por la maleza. La investigación ha demostrado que la aplicación de compost puede reducir la necesidad de riego por 30-70%. Una disminución sustancial del consumo de agua para riego reduciría significativamente el consumo de energía, generando reducciones indirectas de emisiones de GEI.
- La aplicación de compost resulta en una menor necesidad de utilizar fertilizantes químicos, pesticidas, herbicidas y aditivos. Estos productos químicos tienen una producción carbono-intensiva y emiten grandes cantidades de GEI durante su aplicación y a medida que se descomponen en el suelo. El uso de compost puede reducir la necesidad de fertilizantes para cultivos de hortalizas en un 33-66%.
- La aplicación de compost aumenta en gran medida la cantidad de carbono en el suelo. Estudios experimentales han demostrado que el aumento de la retención de carbono en el suelo generado por la aplicación de compostaje es de entre 6 y 40 toneladas de carbono por hectárea.

### **Co-beneficios:**

La tecnología del compostaje contribuye al desarrollo socioeconómico y a la protección del medio ambiente en una variedad de maneras:

- Reducción del volumen de flujo de residuos, lo cual se traduce en un volumen reducido de residuos de ingresando a los rellenos sanitarios.
- El compost puede ser comercializado, produciendo ingresos ordinarios.
- Las empresas rurales y las empresas de manejo de desechos son compatibles.
- Los beneficios económicos de desarrollo se producen en los casos en que los costos de otras opciones de gestión de residuos son elevados.
- Menor dependencia de los fertilizantes por parte de las empresas rurales.
- En el caso de sustitución de lagunas anaeróbicas y abiertas aeróbicas, se previenen las emisiones de metano y se sustituyen por emisiones de dióxido de carbono.
- La tecnología es aplicable a pequeña y gran escala y ambas apoyan la generación de empleo local.
- El lixiviado a partir de las prácticas convencionales de manejo de desechos en los países en desarrollo pueden ser abordados a través de la implementación de la tecnología de compostaje.

La economía de muchos países en desarrollo se basa en el sector agrario y el compostaje contribuye al desarrollo de las empresas rurales. La necesidad de comprar fertilizantes se reduce y las granjas no necesitan encontrar un destino final para el exceso de desechos orgánicos, reduciendo el costo de operación de las fincas. El compostaje también proporciona beneficios para las empresas de manejo de residuos ya que parte de los residuos que la empresa recibe, incrementa la vida útil de los rellenos sanitarios y proporciona a la empresa de manejo de residuos un producto comercial en forma de compost.

Adicionalmente, debido a que el compostaje también puede ser utilizado para aplicaciones a pequeña escala, las comunidades pequeñas también pueden iniciar programas locales de compostaje. Estos programas pueden proporcionar beneficios a la comunidad local a través del aumento del empleo local y la reducción de los costos para la eliminación de residuos. En casos en los que anteriormente no existía un mecanismo de gestión de residuos, el inicio de un programa de compostaje también puede mejorar la salud local.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo, Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

El compostaje es una tecnología probada y se está utilizando en todo el mundo. En los países en desarrollo, el potencial futuro del mercado de la tecnología es grande. Al ser economías marcadamente agrarias, los orgánicos constituyen una gran parte de los residuos tratados en los países.

Como cualquier operación adicional, el compostaje requiere de un equipo, de trabajo y gestión. Mientras que las inversiones iniciales para la operación de compostaje pueden ser bajas cuando el equipo existente y las instalaciones se utilizan (por ejemplo, en el caso las pequeñas empresas rurales); cuando el volumen de material es grande, es probable que el equipo existente no sea suficiente para satisfacer las demandas, o se requiere demasiado trabajo. En este caso, se requiere adquirir equipo adicional de compostaje. Dependiendo del método de compostaje seleccionado y de las características de la corriente de residuos a ser compostada, los costos pueden ser altos.

En el ámbito de la comunidad, el compostaje puede ofrecer una ventaja económica atractiva cuando los costos de las otras opciones de tratamiento de residuos son altos. En la actualidad, cerca de 40 proyectos MDL utilizar el tratamiento biológico aeróbico para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, existe un proyecto MDL en Brasil que utiliza el tratamiento biológico aerobio para reemplazar las lagunas anaeróbicas en el tratamiento de aguas residuales. En Uganda, existe un proyecto de compost de residuos sólidos urbanos para reemplazar la disposición final en rellenos sanitarios. El proyecto genera ingresos a través de créditos de reducción de emisiones y de la venta del compost.

## TRATAMIENTO BIOLÓGICO ANAEROBIO (DIGESTIÓN ANAEROBIA)

### **Descripción**

El proceso de digestión anaeróbica consiste en la descomposición de material biodegradable por microorganismos en ausencia de oxígeno. La digestión anaerobia se utiliza a menudo para fines industriales o domésticos con el fin de manejar diversos flujos de residuos. Los tres productos principales que se obtienen a través de la digestión anaerobia son: a) biogás, principalmente de  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ , que puede ser utilizado para la producción de energía en una planta de cogeneración de energía; b) un producto de digestión rico en nutrientes similar al compost; y c) un licor que puede ser utilizado como fertilizante.

Una instalación de generación de biogás con digestor anaeróbico tiene cuatro componentes principales:

- 1) un sistema de recolección de aguas residuales o estiércol.
- 2) un digestor anaeróbico, en donde tiene lugar la producción de biogás

3) un sistema de tratamiento de biogás

4) un dispositivo que dispone el biogás para su utilización en la producción combinada de calor y electricidad

### **Reducción de Emisiones GEI**

El principal beneficio para el clima relacionado con esta tecnología es la prevención de las emisiones de metano a la atmósfera. Las prácticas convencionales de manejo de estiércol emiten grandes cantidades de metano, gas que contribuye de manera significativa al cambio climático. Con el fin de evitar las emisiones de metano, es esencial que la instalación de un digestor anaerobio cuente con mecanismos para su aprovechamiento (por ejemplo, mediante la alimentación en una unidad de cogeneración) o quema. La quema de biogás genera emisiones de  $\text{CO}_2$ , sin embargo, el potencial de calentamiento global del metano es 21 veces más fuerte que el del  $\text{CO}_2$  por lo que aún así se reduce el efecto sobre el cambio climático global. Adicionalmente, la energía producida por la planta de biogás compensa la energía derivada de combustibles fósiles. Por lo tanto, los digestores anaeróbicos con un sistema de recuperación de biogás pueden ayudar a reducir las cantidades globales de  $\text{CO}_2$ . Un ejemplo de una granja de cerdos en Colorado con un digestor anaeróbico fue capaz de reducir las emisiones de combustibles fósiles derivados de  $\text{CO}_2$  en 409 toneladas por año y las emisiones de metano de forma  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  por lo menos 3022 toneladas por año (ERG, 2003).

### **Co-beneficios**

#### *Contribución de la tecnología al desarrollo social:*

Los proyectos que utilizan la tecnología de digestión anaerobia mejora la viabilidad de las empresas rurales. La tecnología es por tanto capaz de fortalecer la columna vertebral de la economía de los países en vías de desarrollo y, posteriormente, mejora el desarrollo social. Al ser utilizada como reemplazo de lagunas anaerobias abiertas, la tecnología genera mejoramientos en la calidad del aire local y las condiciones de trabajo.

#### *Contribuciones al desarrollo económico*

Algunos beneficios del desarrollo económico se asocian con esta tecnología y surgen principalmente de la producción de energía: la autosuficiencia energética nacional se incrementa debido a la producción de energía local. La reducción de la dependencia de fuentes extranjeras de energía conduce a una mejora del balance económico del país y un mayor nivel de seguridad energética. En algunos países, la energía generada localmente podría proporcionar un suministro más confiable de energía que la red eléctrica nacional. Por otra parte, cuando la tecnología se aplica extensivamente, la producción de energía combinada puede reducir la necesidad de construir nuevas plantas de energía a nivel nacional y por lo tanto preservar los recursos nacionales.

#### *Contribución de la tecnología a la protección del medio ambiente*

La disposición de estiércol animal en el suelo y el agua puede tener impactos ambientales severos. La aplicación de una digestión anaeróbica ofrece una serie de beneficios de calidad del aire y el agua, como controlar las emisiones de amoníaco y sulfuro de hidrógeno producto del estiércol; reducir las cargas de fósforo y metales como el cobre y el zinc en el agua; aislar y destruir organismos causantes de enfermedades que de otra manera podrían entrar en las aguas superficiales y suponer un riesgo para la salud animal y humana; y ayudar a proteger las aguas subterráneas. Adicionalmente, se reducen de las necesidades de rellenos sanitarios al reducir el volumen de residuos y promueve el reciclaje de los sólidos, como fertilizante reduce aún más el volumen de desechos.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo, Gran escala – corto plazo

**Costos de implementación:**

La instalación y operación de un sistema de digestión anaeróbica difieren entre el tipo y variedad de sistema a implementar. Además, las características de la corriente de desechos también influyen en la economía del sistema. Una revisión de los costos del sistema de digestión anaerobia de varias lecherías de EE.UU. compilada por Lusk, ha establecido que el sistema anaeróbico típico construido en los EE.UU. tiene un costo promedio de 470 dólares americanos por res. En términos más generales, los sistemas anaeróbicos de digestión, el procesamiento de sólidos y la generación pueden costar entre 500 y 800 dólares por vaca en los EE.UU. (Burke, 2001).

La Tabla siguiente ilustra los costos operativos y de capital de los sistemas de digestión europeos. Burke señala que los costos de capital, operación y mantenimiento son considerablemente mayores en Europa que los reportados en los EE.UU. Sin embargo, Burke señala también que los ingresos derivados de la venta de los sólidos es considerablemente mayor en Europa.

Costos de capital y operación de sistemas de digestión anaerobia en Europa		
	Gran granja lechera 1 MW, 5000 ejemplares	Pequeña granja - 25 kW, 125 ejemplares
Costo de capital	US \$ 9.113.000,-	US \$ 500.000,-
Costo operativo anual	US \$ 643.000,-	US \$ 8.800,-
Venta de energía eléctrica \$/kW	US \$ 0.06	US \$ 0.06
Venta de energía calórica \$/kW	US \$ 0.01	US \$ 0.01
Venta de sólidos	US \$ 700.000,-	US \$ 20.000

Adicionalmente, los resultados de un estudio realizado en 2004 en EE.UU. muestra que la digestión anaeróbica con aprovechamiento de biogás puede producir ingresos suficientes para recuperar la inversión de capital requerida y aumentar el ingreso neto de una la finca a través de la utilización in situ y venta de electricidad generada (ERG, 2004). El estudio encontró que la inversión de capital se pueden recuperar en aproximadamente once años, para luego añadir aproximadamente 32.000 dólares EE.UU. anuales a los ingresos netos de la finca sobre la vida útil restante del sistema (ERG, 2004).

## BIOPLÁSTICOS

**Descripción**

La mayoría de los bioplásticos biodegradables se utilizan para artículos desechables tales como envases o bolsas de desechos orgánicos. Las aplicaciones no desechables incluyen artículos tales como carcasas de teléfonos móviles, fibras de alfombras e interiores de automóviles. En estas áreas el objetivo no es la biodegradabilidad, sino crear elementos a partir de recursos sostenibles.

Los bioplásticos tienen mucho en común con los plásticos convencionales, sin embargo, dos características principales los separan de éstos: 1) el uso de materiales renovables de biomasa en la fabricación de Bioplásticos: los bioplásticos son fabricados a partir de fuentes tales como el aceite vegetal y almidón en lugar de plásticos a base de combustibles fósiles, que se derivan del petróleo; y 2) la biodegradabilidad y compostaje de los bioplásticos. Algunos pero no todos los bioplásticos son biodegradables o compostables. El objetivo de la industria de los bioplásticos es para cerrar el ciclo de producción, imitando el ejemplo de la naturaleza.

### **Reducción de emisiones de GEI**

En la actualidad, no existen proyectos del MDL que hayan sido registrados y que aborden el cambio de la producción de plásticos convencionales a los bioplásticos. Dicho cambio previene las emisiones de gases de efecto invernadero debido a que los bioplásticos se producen a partir de un recurso renovable.

Los plásticos convencionales requieren de combustible fósil como materia prima clave. Además, los plásticos a base de petróleo como el polipropileno (PP) y el poliestireno (PE) requieren más energía durante el proceso de desarrollo en comparación con bioplásticos. Un análisis del ciclo de vida de plásticos típicos PP y PE muestran una huella de carbono de aproximadamente 2,0 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por kg de plástico (desde el origen hasta la puerta de la fábrica). Estas emisiones de CO<sub>2</sub> son 4 veces más altas que de la resina de ácido poliláctico (PLA), un tipo de bioplástico.

### **Co-beneficios**

Desde el punto de vista geográfico, los EE.UU. y Europa son líderes en la producción de bioplásticos. Sin embargo, la distribución geográfica ha cambiado y se ha equilibrado entre las regiones del mundo (PRO-BIP, 2009). Por ejemplo, la participación de EE.UU. en la producción se redujo de 84% en 2003 al 33% en 2007. Parte de Europa aumentó en el mismo período del 15% al 36%. La región Asia-Pacífico y América del Sur tienen mercados en desarrollo y se espera una trayectoria de crecimiento largo y sostenido en el mundo en desarrollo (PRO-BIP, 2009).

Además de las ventajas del plástico convencional (por ejemplo, ser ligero y multifuncional), los bioplásticos tienen ciertas ventajas que pueden contribuir al desarrollo socioeconómico y la protección del medio ambiente. Debido a que los bioplásticos están hechos de recursos renovables, la utilización de los recursos fósiles es limitada. Además, las características biodegradables de algunos de los bioplásticos pueden ser útiles en los países en desarrollo con condiciones áridas en las que el suelo carece de humus. El compostaje de estos plásticos proporcionaría fertilizantes y sustrato para mejorar la calidad del suelo (Bioplásticos Europeos, sin fecha). Por otra parte, la biodegradabilidad de los bioplásticos reduce la presión sobre los rellenos sanitarios.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo, Costos de implementación:

Al igual que con los plásticos convencionales, el espectro de aplicación de los bioplásticos es muy amplio. Varias aplicaciones ya se han establecido con éxito en mercados importantes. La siguiente figura muestra varios sectores de la economía en la que los bioplásticos ya han sido establecidos con éxito. La tabla a continuación presenta algunos ejemplos:

Segmento de la economía	Ejemplos
Empacado	Botellas, bandejas, mallas, bolsas
Fibras / Textiles	Ropas, textiles técnicos, telas
Medicina	Implantes, higiene oral, guantes
Horticultura	Macetas, cintas para semillas/fertilizantes, bolsas de turba
Agricultura	Películas de abono, película de amarre
Electrodomésticos	Carcasas, tableros de circuitos, almacenamiento de datos

En el 2007, la capacidad mundial de producción de bioplásticos se estimó en 0,36 Mt (millones de toneladas métricas). Según el estudio PRO-BIP la industria de los bioplásticos se encuentra al comienzo de la curva de aprendizaje en forma de S. Aunque las plantas todavía son pequeñas, están aumentando rápidamente en tamaño. Por lo tanto, no pasará mucho tiempo hasta que estas plantas tengan una producción similar a las plantas convencionales de producción de plástico.

Debido a que los plásticos petroquímicos se han utilizado ampliamente por más de setenta años, son relativamente baratos en comparación con bioplásticos. Si bien existe una serie de bioplásticos con un gran potencial y características únicas, todavía existen ciertas barreras que impiden que compitan en una amplia gama de aplicaciones que de momento están dominadas por los plásticos basados en petróleo. Idealmente, para competir, un bioplástico debe ser ambientalmente sostenible, de bajo costo y funcionalmente equivalente a los plásticos convencionales. Por lo general, los bioplásticos son sostenibles, pero siguen siendo relativamente caros y no pueden reemplazar a los plásticos petroquímicos en algunas aplicaciones (Barker y Safford, 2009).

En la actualidad, los bioplásticos son de dos a cuatro veces más caros que los plásticos convencionales (Barker y Safford, 2009). Barker y Safford identifican varias razones para esto: 1) hay un alto costo de producción, 2) un alto costo de las materias primas utilizadas, 3) la actual escala de producción no proporciona economías de escala, y 4) los costos de investigación y desarrollo de bioplásticos son altos (Barker y Safford, 2009). Debido a que los bioplásticos se basan en recursos renovables, no están relacionados con la volatilidad del precio del petróleo. Las previsiones sobre la evolución de los precios del petróleo ponen de manifiesto que el aumento del precio del petróleo llevará al uso de los recursos renovables cada vez más económicos en el futuro (European Bioplastics, 2009).

## BIO-REFINERÍAS

### **Descripción**

La Agencia Internacional de Energía define bio-refinería como “el procesamiento sostenible de la biomasa en un espectro de productos comercializables y en energía”. Una bio-refinería combina/integra una serie de tecnologías de conversión de biomasa para producir una gama de productos y materiales (base) tales como alimentos, piensos, productos químicos, materiales, petróleo, gas, calor y / o electricidad. El concepto es similar al de una refinería convencional en donde múltiples productos derivados del petróleo y de los combustibles son producidos. Una bio-refinería combina una serie de tecnologías; como por ejemplo para la producción de bio-diesel, bio-etanol, bio-plásticos, bio-cogeneración, biogás (1, 2, 3, 4), bio-char, y bio- polímeros, etc; para formar una planta integrada que tiene como objetivo optimizar el proceso de conversión de la biomasa de tal manera que el mayor valor añadido puede ser “extraído” de la biomasa utilizada.

La configuración específica tecnológica de una bio-refinería puede variar de un caso a otro, ya que es altamente dependiente de las circunstancias locales, tales como las prácticas agrícolas y las variaciones climáticas. Dichos factores determinan el tipo, calidad y cantidad de la materia prima que está disponible para su procesamiento. Las posibles materias primas que se pueden utilizar en una bio-refinería son la remolacha azucarera, el licor negro, trigo, maíz, madera, residuos agrícolas, caña de azúcar, comida sobrante, paja, biomasa acuática, la fracción de biomasa de tipo municipal y de otro tipo residuos urbanos (RSU), etc. Los grupos de productos principales de una bio-refinería son: productos químicos, biocombustibles, electricidad y el calor, materiales (fibras, almidón, madera), alimentos, piensos, minerales, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

### **Reducción de emisiones de GEI**

El impacto de los productos biológicos de bio-refinerías sobre el clima depende fuertemente del tipo de material de alimentación, de su impacto sobre el uso de la tierra y de la eficiencia del proceso de conversión. La evaluación de las emisiones de GEI de estos productos mediante un análisis de ciclo de vida completo depende fundamentalmente de la inclusión de las emisiones causadas por el cambio de uso del suelo.

En la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, se calculan las reducciones de emisiones de gas GEI típicas y por defecto para una serie de procesos de producción de biocombustibles. Los datos muestran que los procesos de producción de biocarburantes podrían contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los procesos de referencia basados en combustibles fósiles. Sin embargo, para en la metodología utilizada se asume que la producción del biocombustible seleccionado no produce ningún impacto neto de GEI por el cambio de uso del suelo. Estudios específicos de análisis de ciclo de vida y de los GEI generados por de bio-refinerías son escasos y no están ampliamente disponibles.

### Co-beneficios

La bio-producción de polímeros en el sector químico podría contribuir a:

- Una reducción del consumo de energía basada en combustibles fósiles y una reducción relativa de la dependencia del combustible fósil de importación, en el caso de la gran producción de bioenergía,
- Una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (en función del impacto específico del ciclo de vida),
- Una reducción en el flujo de las corrientes de desechos de procesos relacionados, dado que la mayoría de las materias primas de biomasa son procesadas y 're-utilizadas' con fines comerciales, ya sea para el consumo de las plantas de energía o en los mercados de productos nuevos (por ejemplo, productos químicos, farmacéuticos, etc.)
- Un posible aumento del empleo en el sector agrícola/forestal (por ejemplo en la cosecha y almacenamiento), y un posible desarrollo rural con efectos positivos sobre la renta,
- Un potencial positivo de competitividad industrial e innovación

A pesar de los posibles impactos positivos del desarrollo y despliegue de bio-refinerías, su sostenibilidad de las depende en gran medida de la manera en que se implementan. Los diseños defectuosos y los procesos tecnológicos y/o prácticas no sostenibles de manejo agrícola, forestal o acuícola también podría dar lugar a efectos secundarios no deseados; por ejemplo, cuando los problemas de la tierra, cambio de uso o la degradación del suelo (pérdida de nutrientes, por ejemplo) no se tratan.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo, Gran escala – corto plazo, Pequeña escala – largo plazo

#### **Costos de implementación:**

El costo de producción de los productos biológicos y, en particular, la inversión necesaria para la infraestructura y la oferta tiene un impacto directo en su éxito como alternativa a los productos basados en los combustibles fósiles. Una bio-refinería eficaz garantiza la minimización de costos y un costo competitivo del producto final. En la actualidad, la eficiencia es difícil de definir ya que una bio-refinería eficiente es todavía un concepto. Sin embargo, si uno describe la eficiencia de una bio-refinería en términos de su utilización de recursos locales y la infraestructura existente y la maximización de las tasas de conversión de biomasa en productos, entonces está claro que tendrá un gran impacto en la viabilidad económica de las bio-refinerías.

Adicionalmente, la optimización de la cartera de productos de bio-refinería con el fin de ser capaz de vender un alto valor añadido de productos biológicos tales como productos químicos, materiales y productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos, así como los bio-productos básicos como la bioenergía líquida o gaseosa y calor y electricidad, puede mejorar significativamente la economía del concepto de bio-refinería. La mayoría de las tecnologías de bio-refinería todavía no son plenamente competitivas, ya que la inversión requerida y los gastos de operación son muy altos, ya sea debido a un mayor costo de financiamiento (riesgo tecnológico) o debido a las desfavorables condiciones de la competencia (es decir, subsidios fósiles y/o ausencia de una política orientada a internalizar los costos ambientales asociados a los procesos de producción).

## COMBUSTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA LA PRODUCCIÓN LOCAL DE ENERGÍA TÉRMICA O ELECTRICIDAD

### **Descripción**

Los residuos sólidos urbanos (RSU) se refieren a la corriente de desechos recolectada través de los servicios de saneamiento de la comunidad. Este tipo de residuos puede consistir en una variedad de materiales, incluyendo tanto las fuentes de energía renovables (tales como alimentos, papel y madera) como fuentes no renovables de energía (por ejemplo, vidrio, plásticos y neumáticos). Obviamente, desde una perspectiva medioambiental, la opción más sostenible es reducir la cantidad de residuos. Sin embargo, la incineración de corrientes de RSU permite la producción de electricidad y/o calor.

En los incineradores de desechos, los RSU de los camiones recolectores son descargados y triturados o procesados para facilitar su manipulación. Los materiales reciclables se separan, y el residuo remanente se introduce en una cámara de combustión para ser quemado. El calor producido por este proceso se usa para llevar agua a su punto de ebullición y el vapor resultante se puede utilizar directamente en un sistema de calefacción o en una fábrica. Normalmente, sin embargo, el vapor se usa para hacer girar una turbina (generador) para producir electricidad. Los pasos adicionales permiten el reciclado de metales de los residuos incombustibles.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La combustión de RSU puede contribuir a reducir las emisiones de GEI, cuando el calor y la electricidad producida sustituyen la capacidad basada en combustibles fósiles. Dependiendo de la mezcla predominante de combustibles primarios utilizados para la generación de electricidad o la producción de calor y la composición de los residuos recolectados (que puede diferir mucho de un país a otro, o de una región a otra), las emisiones de CO<sub>2</sub> podrían reducirse en 0.6 a 1.2 ton / MWh para electricidad y a 0.25-0.6 ton / MWh en la producción de calor.

Sin embargo, la combustión de RSU también produce emisiones de CO<sub>2</sub>. En cuanto a la parte de la biomasa de los RSU se refiere el proceso se considera neutro en emisiones de CO<sub>2</sub>, pero la combustión de otro material derivado de combustibles fósiles tales como plásticos causan las emisiones de CO<sub>2</sub> y debería por tanto tenerse en cuenta en el cálculo de las reducciones de emisiones. Una vez más, esto depende en gran medida de la composición de los residuos. Además, la combustión de RSU evita la producción de emisiones de metano de los residuos sólidos en descomposición.

De Desechos a Energía (DAE) es el método por excelencia de eliminación de residuos en Europa y Asia; debido a su capacidad de reducir el volumen de residuos, generar energía valiosa, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En los Países Bajos, 2535 GWh de electricidad se produjeron en el año 2004 a partir de los RSU, de los cuales el 78% se entregó a la red o para otras instalaciones. El porcentaje restante se utilizó in situ para alimentar los incineradores de residuos. Por otra parte, 8,8 PJ de calor han sido entregados para uso externo, por ejemplo, para procesos industriales o calefacción urbana. Sin embargo, se necesita de tecnología avanzada para minimizar las emisiones de GEI distintas del CO<sub>2</sub> y de gases no GEI durante el proceso de combustión. Por ejemplo, una buena combustión minimiza la formación de CO y de los productos de la combustión incompleta.

### **Co-beneficios**

A través de la combustión de RSU, el volumen de los residuos se puede reducir de manera significativa en un proceso de combustión controlada; hasta 90% en volumen y 75% en peso (EPA de EE.UU., sin fecha). Algunos materiales (por ejemplo metales, latas, vidrio, etc.) pueden ser eliminados durante el proceso, así como recuperados para fines de reciclaje. Por lo tanto, es importante señalar que la incineración de residuos no compite necesariamente con programas de reciclaje. Se ha encontrado que el aumento de incineración de RSU con recuperación de energía no se correlaciona con tasas de reciclado bajos (Kiser, 2003; Jackson, 2006; Stengler, 2006).

La combustión de RSU reduce la necesidad de nuevos rellenos sanitarios, sólo las cenizas generadas en el proceso de incineración deben disponerse en vertederos pero éstas son mucho más pequeñas en volumen y por lo tanto requieren menos espacio. Tales cenizas pueden ser tóxicas, por lo que se requiere de pruebas regulares para evitar que sustancias tóxicas migren hacia los suministros de aguas subterráneas. En la UE, la incineración de residuos se prefiere sobre los rellenos sanitarios y el vertido de residuos biodegradables está limitado por la ley.

Otros beneficios para el desarrollo sostenible son bastante similares a las de las tecnologías de captura de gas de rellenos sanitarios.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

En Suecia, los costos de inversión de una planta que incinera alrededor de 460 kilotoneladas de residuos al año, tanto para calor (para las zonas residenciales cercanas) como para e electricidad; son de alrededor de USD 286 millones. Sus ingresos anuales varían de USD 36 millones a USD 70 millones, por lo que el costo de la inversión inicial se recupera en un plazo de diez años (Schönning, 2006). El depósito de residuos en rellenos sin tratamiento ya no está permitido en Europa, lo que constituye un incentivo para ofrecer los residuos domésticos a las centrales eléctricas y a las incineradoras de residuos. Además, como las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden reducirse, esta opción potencialmente podría beneficiarse del comercio de emisiones.

Por último, el MDL puede ser una oportunidad interesante para reducir las emisiones de los vertederos en los países en desarrollo. Sin embargo, en la actualidad, el foco en el MDL es en gran medida la gestión de rellenos sanitarios y la recuperación del metano emitido por los mismos, la cual es más simple en términos de contabilidad de GEI (metodología relativamente simple) y generalmente se traduce en una mayor reducción de emisiones (teniendo en cuenta que los proyectos de captura de biogás reducen las emisiones de metano, cuyo potencial de calentamiento global es 21 veces el del CO<sub>2</sub>).

## **GASIFICACIÓN DE RSU PARA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD Y CALOR A GRAN ESCALA**

### **Descripción**

La gasificación térmica RSU es un proceso químico que genera un producto gaseoso, rica en combustible. Este producto puede ser quemado en una caldera para la producción de vapor para la generación de energía. Al igual que con la combustión de RSU, la gasificación térmica no compite necesariamente con programas de reciclaje. Este procedimiento difiere del de Desechos a Energía (DAE) que se basa en la combustión de residuos. Otra opción de gasificación de RSU es la bio-gasificación (sin calentamiento de los residuos), pero esta se considera menos eficiente térmica.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La gasificación de RSU reduce la cantidad de residuos dirigida a los vertederos. Esto a su vez evita las emisiones de metano a partir de los RSU en descomposición. Además, la electricidad generada por la gasificación de los RSU sustituye otros combustibles utilizados para generar electricidad, a menudo los combustibles fósiles.

### **Co-beneficios**

De manera similar a la tecnología DAE, la gasificación de residuos tiene la ventaja reducir el volumen de residuos enviados a rellenos sanitarios (posiblemente, la cantidad de RSU se puede reducir en un 95%). En consecuencia, las emisiones de metano de los vertederos se reducen. Además, la electricidad producida a través de la tecnología de gasificación de RSU podría conducir a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que podría sustituir a los combustibles fósiles en la producción de electricidad.

Los subproductos del proceso pueden también pueden tener un valor económico. Por ejemplo, la escoria inerte y cristalina recuperado de la gasificación de alta temperatura es similar a la producida en las fábricas de acero y termoeléctricas que funcionan con carbón, y se puede utilizar para la fabricación de tejas o como chorro de arena y relleno de asfalto (Jenkins, 2007). Los digestores pueden estar cerca de las zonas urbanas, reduciendo así los costes de transporte. Así mismo, mucho menos terreno se requiere para esta tecnología.

A través de sistemas de pre-procesamiento, se puede producir un material de alimentación más homogéneo, el cual se conoce como combustible derivado de residuos. Esto proporciona la oportunidad de recuperar plástico que contiene cloro (para reciclar), que de otro modo podría contribuir a la formación de compuestos orgánicos o contaminantes traza. Además, el gas de síntesis producido por las tecnologías de conversión térmica es un combustible mucho más homogéneo y más limpio que los RSU, ya que el sistema de conversión es cerrado.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo

### **Costos de implementación**

La viabilidad económica de la gasificación de RSU aumenta si la contribución de la tecnología a la protección del medio ambiente se valora de alguna manera. Por ejemplo, si los efectos negativos de los rellenos sanitarios se incluyeran correctamente en los cálculos de costos, la competitividad relativa de la gasificación térmica de los RSU se incrementaría. Los siguientes elementos determinan la economía de la tecnología térmica de gasificación de RSU (AES, 2004):

- Costo de la potencia básica de energía alternativa
- Costo de la eliminación de los RSU en los rellenos
- La imposición o no imposición de tarifas asociadas con la eliminación de los RSU en rellenos.

Klein (2002) estima que los costos de un sistema de Gasificación Integrada de Biomasa pueden variar entre USD 1.200 y USD 2.000 por kW de capacidad instalada. Sin embargo, los costos de explotación por tonelada de residuos tratados son mayores para las plantas de gasificación. La gasificación se considera generalmente una tecnología más compleja que requiere más mano de obra y mantenimiento. En general, por cada tonelada de residuos tratados, la gasificación genera más electricidad, tiene un menor costo inicial de capital y es más eficaz en la reducción de contaminantes en el gas de combustión. Sin embargo, los costos de operación relativamente altos que están asociados con el mantenimiento de los sistemas de gasificación resultan en unos costos ligeramente superiores globales por tonelada de residuos tratados en comparación con las instalaciones de DAE (Klein, 2002: 45). Las oportunidades de financiación de esta tecnología se limitan principalmente a los ingresos provenientes de la venta de electricidad y/o calor producido. Por lo tanto, la tecnología debe ser completamente autofinanciada.

## CAPTURA DE METANO EN RELLENOS SANITARIOS PARA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA

### **Descripción**

En las condiciones anaeróbicas de los rellenos sanitarios, los residuos orgánicos se descomponen por acción de los microorganismos, lo que lleva a la formación de gas de relleno sanitario (GRS). Este biogás es una mezcla gaseosa que consiste principalmente en metano y dióxido de carbono, pero también de una pequeña cantidad de hidrógeno y, ocasionalmente, niveles traza de sulfuro de hidrógeno. Los proyectos de captura de biogás tienen por objeto evitar las emisiones de gases (metano y otros contaminantes) de los rellenos sanitarios. La idea básica detrás de la tecnología es que los rellenos sanitarios se cubran (por ejemplo, por una capa de tierra) y que se extraiga el biogás mediante una serie de pozos y un sistema de soplador/quemador (o vacío). Este sistema dirige el gas recolectado a un punto central donde puede ser procesado y tratado dependiendo de su uso final. A partir de este punto, el gas puede ser simplemente quemado (lo que convierte el metano en CO<sub>2</sub>) o se utiliza para generar electricidad y/o calor. El gas también se puede llevar a los estándares de gas natural. El rendimiento de gas dependerá de la naturaleza del relleno. Para un relleno sanitario moderno grande, el biogás utilizable puede ser generado durante 15 a 30 años.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La combustión de biogás para la producción de energía contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de dos maneras. La captura del GRS impide la liberación de metano a la atmósfera y la electricidad producida por la combustión de biogás produce menos emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del uso de combustibles fósiles convencionales. Sin embargo, la producción de energía a partir de biogás también resulta en emisiones de CO<sub>2</sub> (debido a la reacción de metano - CH<sub>4</sub> - con oxígeno - O<sub>2</sub>). Sin embargo, como el biogás proviene en parte de la biomasa almacenada en los rellenos sanitarios, una porción de este CO<sub>2</sub> ya había sido secuestrado con anterioridad en el ciclo de la biomasa y se secuestrará de nuevo en plantas, árboles, etc.

### **Co-beneficios**

En un estudio sobre las contribuciones de desarrollo sostenible que podrían ser generados por proyectos de captura de y combustión en los países en vías de desarrollo ejecutados en el marco del MDL, los siguientes aspectos fueron identificados (Países Bajos Ministerio de Asuntos Exteriores, 2007):

- Mejora de la calidad del agua subterránea, debido a que el manejo del sitio puede ser combinado fácilmente con la recolección y eliminación de lixiviados.
- Mejora de la calidad del aire local y de la seguridad (menos emisiones de SOx, NOx y partículas), mediante la quema menos carbón para la generación de electricidad y la reducción de gases de vertedero liberado en el aire,
- Reduce el riesgo de concentraciones peligrosas de gas metano en los rellenos sanitarios y una menor exposición de las zonas residenciales al olor,
- Pequeño aumento en el empleo local, y
- En algunos casos, pagos adicionales por parte del patrocinador del proyecto para apoyar los programas de la comunidad, incluido el apoyo a las personas que viven cerca de los sitios y que se ven afectados por el proyecto.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

En 2005, el Banco Mundial publicó una evaluación de los costos de capital de las inversiones en captura de biogás para la producción de energía eléctrica (World Bank, 2005). Una de las plantas evaluadas fue una hipotética de 5-MW en EE.UU. Bajo los supuestos aplicados en el estudio, los costos generación de electricidad a partir de la planta de biogás serían los siguientes:

<i>Municipal Waste-to-Power Generation Costs</i>	<i>(Centavos de dólar de 2004/kWh)</i>
Capital	4.78
Operación y mantenimiento fijos	0.11
Operación y mantenimiento variable	0.13
Combustible	1.00
Total	6.02
<i>Fuente: World Bank, 2005</i>	

Estas cifras proporcionan una visión en los aspectos financieros de proyectos de captura y uso de biogás, aunque el orden de magnitud de las partidas de gastos puede ser diferente entre países y entre los países industrializados y en desarrollo. Como se explicó anteriormente, la captura de biogás y su uso se han establecido en el marco del MDL, donde por lo general los proyectos también pueden beneficiarse del valor de las Reducciones Certificadas de Emisiones que generan.

## RECICLAJE DE VIDRIO AUMENTADO

### **Descripción**

Las materias primas vírgenes para la producción de vidrio son principalmente arena de sílice, sosa y caliza. El vidrio se produce por la fusión de estos materiales en hornos de vidrio. Después del proceso de fusión, el vidrio se forma y es recocido. Los vidrios rotos o residuos (también llamado vidrio de desecho) pueden sustituir las materias primas minerales. Los desperdicios de vidrio pueden estar compuestos de pérdidas del proceso, así como de vidrio reciclado.

### **Reducción de emisiones de GEI**

Más de la mitad del consumo de energía en el proceso de producción de vidrio se utiliza para la fusión. Esto normalmente se realiza en hornos de funcionamiento continuo. La mayoría de los hornos utilizan gas natural o aceite combustible, pero también se aplica el calentamiento eléctrico. La adición de desechos de vidrio reduce el uso de energía y por tanto las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que el punto de fusión de vidrio de desecho es menor que el de las materias primas minerales. Como regla general, la adición de un extra de 10% de desperdicios de vidrio resulta en un ahorro del 2,5 al 3% del consumo de energía del horno.

Una ventaja adicional de adicionar una mayor proporción de vidrio de desecho es que se requiere menos sosa para el proceso de producción. Alrededor de un 18% de sosa se añade a la arena a fin de reducir la temperatura de fusión. La producción de soda requiere aproximadamente 10 GJ/ton de energía. Un 10% de desechos de vidrio adicionados resultan en 1,0 GJ/tonelada de ahorros adicionales debido a la producción reducida de soda (IEA, 2007).

**Co-beneficios**

La Agencia Internacional de Energía estima que entre 0,5 y 0,8 Exajulios de la energía se utilizan para la producción de vidrio en todo el mundo. La producción de vidrio plano y para contención resultan entre 50 y 60 megatonnes de emisiones de CO<sub>2</sub> por año (IEA, 2007). Al aumentar el reciclado de vidrio, mejora la eficiencia energética de esta industria y reduce los costes asociados con la energía. Esto puede afectar positivamente a la seguridad energética y reducir las emisiones de GEI relacionadas con la generación de energía. Además de las emisiones de GEI, la fabricación de vidrio también causa emisiones de procesos relacionados. Estas emisiones de proceso también se pueden reducir mediante el uso de una mayor proporción de vidrio reciclado.

Adicionalmente, el aumento del reciclaje reduce los flujos de residuos y disminuye el uso de los recursos naturales. El reciclaje puede generar empleos. Un efecto positivo para la industria puede ser que, a causa de la disminución de las temperaturas de fusión y el ingreso de lotes menos corrosivos, la vida de los hornos se puede aumentar hasta en un 30% (GPI, 2002).

**Tiempo y escala de implementación:** Gran escala – corto plazo

**Costos de implementación**

El aumento de la tasa de reciclaje reduce los costos de energía y los costos de las materias primas en el proceso de fabricación del vidrio. Sin embargo, la creación o la ampliación de un sistema de reciclaje de vidrio requiere de inversiones e incentivos económicos. Para que la industria del vidrio compre vidrio reciclado, debe existir un mercado. El gobierno podría fomentar el reciclaje a través de reducciones fiscales o bonificaciones a las empresas que reciclan vidrio. Los impuestos de residuos también puede ayudar a promover el reciclaje (DANIDA, 2005).

El reciclaje de vidrio es común. En la fabricación de envases de vidrio, el uso de vidrio de desecho puede variar de 10% a más del 90%. Incluso la producción de vidrio plano de alta calidad, utilizado para las ventanas o paredes transparentes, permite el uso de una gran proporción de vidrio reciclado. El potencial depende de la disponibilidad de vidrio secundario de calidad adecuada. Para el vidrio verde, por ejemplo, el residuo de vidrio de casi cualquier color puede ser utilizado. La producción de vidrio Blanco requiere vidrio de desecho blanco.

**RECICLAJE DE RESIDUOS DE APARATOS DE EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS (RAEE)****Descripción:**

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), también llamados desechos electrónicos o e-waste, son un flujo rápidamente creciente de residuos y describe los dispositivos eléctricos o electrónicos descartados, excedentes, obsoletos o rotos y con frecuencia se consideran residuos peligrosos. Debido al rápido crecimiento de los RAEE y de sus cualidades potencialmente peligrosas, han sido calificados como una corriente de residuos prioritarios por la Unión Europea. La eliminación de los RAEE es a menudo inadecuada y causa graves problemas de salud y contaminación

El hierro y el acero son los materiales más comunes que se encuentran en los equipos eléctricos y electrónicos y representan casi la mitad del peso total de RAEE. Los plásticos son el segundo mayor componente del peso, el cual representa aproximadamente el 21% de los RAEE. Los metales no ferrosos, incluyendo metales preciosos, representan aproximadamente el 13% del peso total de los RAEE y el vidrio alrededor del 5%.

### **Reducción de emisiones de GEI**

En general, existe un potencial significativo para la reducción de las emisiones GEI a través de los procesos de reciclado, debido a la reducción del consumo de energía del proceso productivo. Los procesos de producción primaria de los productos intermedios, tales como la producción de aluminio, requieren grandes cantidades de entrada de energía para fundir la materia prima. Recuperar y fundir aluminio secundario requiere mucha menos energía que la chatarra de aluminio, ya que ésta última es de alta pureza. Un menor consumo de energía, a su vez implica menos emisiones de CO<sub>2</sub>.

El impacto de los GEI de la producción de algunas categorías de residuos, tales como lavadoras viejas, computadoras, teléfonos móviles, etc.; teóricamente también puede reducirse significativamente mediante la mejora de los procesos de producción. Sin embargo, como la mayoría de los desechos electrónicos también utilizan energía durante la etapa de uso, la eficiencia del aparato es también un factor importante a considerar cuando se evalúa el impacto de GEI de los productos electrónicos durante su ciclo de vida.

### **Co-beneficios**

Junto a las ventajas generales de reciclaje como el uso más eficiente de los recursos, la reducción del uso de energía y aumento del empleo, la gestión ambientalmente sostenible de los RAEE tiene varias ventajas adicionales. Un estudio de la Red de Acción de Basilea (BAN) identifica varios problemas ambientales y laborales relacionados con la gestión inadecuada de estos residuos en los países en desarrollo. Por ejemplo, la ruptura, remoción de cobre y disposición final de los tunos de rayos catódicos puede ocasionar silicosis, cortes en caso de implosión e inhalación o contacto con metales pesados. Igualmente, la recuperación de tóneres llevada a cabo sin protección puede causar irritación del tracto respiratorio y exposición de los trabajadores a compuestos orgánicos volátiles peligrosos, posiblemente carcinógenos. El reciclaje de RAEE reduce estos problemas y riesgos.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo, Gran escala – corto plazo

### **Costos de operación**

Dada la amplia variedad de tipos de residuos y el gran número de procesos de reciclaje posibles, es difícil proporcionar cifras claras sobre los costos del reciclaje. La viabilidad económica del reciclaje sólo se puede probar de forma específica para cada caso, según el contexto local. Por ejemplo, los costos de inversión se relacionan con las tasas de interés de préstamos comerciales cobradas por las instituciones financieras locales y la estabilidad económica y monetaria del país de inversión. Adicionalmente, los costos de mano de obra para la construcción, así como la disponibilidad local de materiales de construcción y maquinaria determinan las necesidades financieras y los costos para el inversionista.

Fuente:<http://climatetechwiki.org/category/2006-ipcc-sector-categorization/waste..> Resumen y traducción, este estudio.

CUADRO 8: EJEMPLOS DE MEDIDAS BLANDAS PARA MITIGAR LAS EMISIONES DE GEI DEL SECTOR RESIDUOS SÓLIDOS, QUE HAN SIDO EMPLEADAS EN PAÍSES EN DESARROLLO

OPCIONES TÉCNICAS	MEDIDAS	EFFECTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES	CONSIDERACIONES ADMINISTRATIVAS, INSTITUCIONALES Y POLÍTICAS
<p>Reducción de desechos en la fuente</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reciclado</i></li> <li>• <i>Compostación</i></li> <li>• <i>Incineración</i></li> </ul> <p>Recuperación de metano</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instalaciones de eliminación de desechos sólidos</i></li> </ul>	<p>Creación de instituciones y asistencia técnica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fortalecimiento de instituciones locales y nacionales para la eliminación de desechos sólidos y el tratamiento de aguas residuales</i></li> </ul>	<p>Rentabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Medida menos costosa</li> </ul> <p>Cuestiones macroeconómicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Amplia gama de beneficios</li> </ul> <p>Cuestiones de equidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Importante calidad de las mejoras de vida para las generaciones actuales y futuras</i></li> </ul>	<p>Factores administrativos/ institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Es difícil evaluar los resultados</i></li> <li>• <i>Se pueden desplazar los equilibrios de fuerzas</i></li> <li>• <i>Muy replicables</i></li> </ul> <p>Factores políticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Oposición de algunas instituciones</i></li> <li>• <i>Más apoyo que con la reglamentación</i></li> </ul>
	<p>Programas voluntarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Programas de cooperación con la industria, el gobierno y los operadores de instalaciones para estimular la aplicación de opciones técnicas</i></li> </ul>	<p>Rentabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Menor costo que con medidas reglamentarias</i></li> <li>• <i>Fomento de proyectos rentables</i></li> </ul> <p>Cuestiones macroeconómicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Supresión de obstáculos a proyectos económicamente justificados</i></li> </ul> <p>Cuestiones de equidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Como anteriormente</i></li> </ul>	<p>Factores administrativos/ institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Limitada certidumbre en las reducciones</i></li> <li>• <i>Se requiere apoyo institucional</i></li> <li>• <i>Muy replicables, si existe el marco institucional</i></li> </ul> <p>Factores políticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Más apoyo que con la reglamentación</li> </ul>
	<p>Programas reglamentarios</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Establecimiento de normas o reglamentos para la eliminación de desechos, el tratamiento de aguas residuales y/o la recuperación de CH<sub>4</sub></li> </ul>	<p>Rentabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Costo más alto, según el rigor de la reglamentación</li> </ul> <p>Cuestiones macroeconómicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mayores costos sociales</i></li> </ul> <p>Cuestiones de equidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Como anteriormente, pero costos sociales más altos para mayores reducciones de las emisiones</i></li> </ul>	<p>Factores administrativos/ institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Certidumbre en las reducciones</i></li> <li>• <i>Se requiere infraestructura institucional</i></li> <li>• <i>Replicables si existe la infraestructura para la aplicación y se apoyan políticamente</i></li> </ul>
	<p>Programas basados en el mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Provisión de incentivos al mercado para prácticas deseadas de tratamiento de desechos o actividades directas de recuperación de CH<sub>4</sub></i></li> </ul>	<p>Rentabilidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Costo más alto, según el nivel de incentivos</i></li> </ul> <p>Cuestiones macroeconómicas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Pueden reflejar el valor social de las reducciones de las emisiones</i></li> </ul> <p>Cuestiones de equidad</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Como anteriormente</i></li> </ul>	<p>Factores administrativos/institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Menos certidumbre en las reducciones</i></li> <li>• <i>Se requiere apoyo institucional</i></li> <li>• <i>Deben adaptarse a las condiciones económicas locales</i></li> </ul> <p>Factores políticos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Posible oposición debido al costo</i></li> </ul>

### 2.1.4 Sector Minería de Carbón

CUADRO 9: CUADRO DESCRIPTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES PARA EL SECTOR MINERÍA DEL CARBÓN

#### RECUPERACION Y POSTERIOR USO DEL METANO DE LAS MINAS DE CARBÓN

Las tecnologías y los mecanismos para la mitigación de la liberación de metano al ambiente, se diferencian principalmente por la forma en que se recupera este metano y por el posterior uso que se le dé al mismo.

Según se describe en el informe Coal Mine Methane Recovery: A Primer, elaborado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos en el año 2009. Las tecnologías Para la recuperación del metano de la minería del carbón y los usos posteriores que se le da a este, son los que se describen a continuación:

##### Para la recuperación:

- Pozos de relleno (*gobwells*) (drenaje): en la minería subterránea de tajo largo, se perforan pozos desde la superficie para extraer el metano de las áreas derrumbadas.
- Perforación horizontal en minas subterráneas (drenaje): perforación desde el interior de la mina subterránea para de-gasificar la veta de carbón justo antes de la minería.
- Pozos verticales y horizontales (drenaje): es un pozo perforado desde la superficie a través de una veta de carbón, con tecnología similar a la usada para extraer gas convencional. Se puede aplicar a minería a cielo abierto y minería subterránea.
- Desgasificación: a través de los sistemas de ventilación forzada de las minas subterráneas de carbón, donde queda un remanente de gas metano en el aire de ventilación (VAM) en bajas concentraciones.

##### Uso posterior:

- Alta concentración (>950 BTU/scf)
  - Gas natural comercializable (>97% CH<sub>4</sub>)
  - Insumo para la producción de compuestos químicos como el amoníaco, metanol y ácido acético (> 89% CH<sub>4</sub>)
- Media concentración (300-950 BTU/scf)
  - Producción de gas licuado (>80% CH<sub>4</sub>)
  - Combustible para motores de combustión interna (> 20% de CH<sub>4</sub>)
  - Combustible de calderas industriales
  - Quema del metano en teas (>30% de CH<sub>4</sub>)
  - Combustible para los secadores de carbón
  - Combustible para micro-turbinas (>35% CH<sub>4</sub>)
  - Combustible para calefacción de las instalaciones de la mina
  - Celdas de combustible (>30% CH<sub>4</sub>)

- Baja concentración (<300 BTU/scf)
  - Uso del aire de la ventilación como aire de combustión en la producción de energía (<1.0% CH<sub>4</sub>)
  - Uso del aire de la ventilación como aire de alimentación para turbinas o motores de combustión (<1.0% CH<sub>4</sub>)
  - Oxidación del metano remanente en el aire de ventilación (VAM) por: reactor de flujo termal (*Thermalflowreversal reactor-TFRR*); reactor de flujo catalítico (*Catalyticflowreversal reactor-CFRR*) o reactor catalítico monolítico (*Catalyticmonolith reactor-CMR*).

Si el metano de las minas no puede ser utilizado en ninguna aplicación, la opción de mitigación más simple es oxidar (quemar) el metano.

Fuente: EPA 2009. Resumen y traducción: Este estudio

### 2.1.5 Sector Residencial

#### CUADRO 10: CUADRO DESCRIPTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES PARA EL SECTOR RESIDENCIAL

##### BIOGÁS PARA COCINAR Y PARA ELECTRICIDAD

###### **Descripción:**

El biogás es una mezcla gaseosa generada durante los procesos de digestión anaeróbica utilizando aguas residuales, residuos sólidos (por ejemplo, en los vertederos), residuos orgánicos como estiércol animal, y otras fuentes de biomasa (Welink et al., 2007). En ausencia de oxígeno, las bacterias anaerobias fermentan materia biodegradable en metano (40-70%), dióxido de carbono (30-60%), hidrógeno (0-1%) y sulfuro de hidrógeno (0-3%), una mezcla llamada biogás. El biogás se puede producir en una escala muy pequeña para uso doméstico, principalmente para cocinar y calentar agua o a escala industrial. En esta aplicación, puede ser quemado en dispositivos de generación de energía en el proceso de co-generación, llevar a los estándares de gas natural para su inyección en la red como biometano, o para utilizar directamente como biocombustible gaseoso. Un sistema pequeño de biogás doméstico consistirá típicamente los siguientes componentes:

- Estiércol recolectado
- Digestor anaeróbico
- Almacenamiento de efluentes
- Manejo de gas
- Dispositivo de uso de gas

### **Reducción de emisiones de GEI**

El biogás ofrece varios beneficios para el desarrollo sostenible, ya que es una fuente de energía limpia y neutral en términos de gases de efecto invernadero. La mayoría del biogás tiene un componente de metano del 50 al 60%, un componente de CO<sub>2</sub> de 35 a 50% y una cantidad relativamente pequeña de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y amoníaco. No obstante, la aplicación del MDL para el tipo de proyectos o programas que involucran biodigestores ha demostrado ser problemática por varias razones. En primer lugar, un biodigestor reduce entre 3 y 5 tCO<sub>2</sub>-eq./año, lo que hace necesario agrupar las actividades del proyecto con el fin de cubrir los costos de transacción. En segundo lugar, aunque a pequeña escala, las metodologías de contabilidad de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero que se han aplicado a los proyectos de biogás en Nepal, han demostrado ser de engorrosa aplicación y poco prácticas en el contexto de los programas de biodigestores.

### **Co-beneficios**

Las aplicaciones a pequeña escala pueden traer varios beneficios sociales y ambientales:

#### *Beneficios sociales*

- Cocinas libres de humo y cenizas, por lo que las mujeres y sus hijos ya son menos propensos a las infecciones respiratorias;
- Las mujeres evitan la carga de la recolección de leña;

#### *Beneficios ambientales y de salud*

- Mantener el estiércol y los residuos en un espacio cerrado y en procesamiento reduce la cantidad de contaminantes en el medio ambiente inmediato y el saneamiento mejora;
- Las familias no tienen que extraer leña para cocinar, lo que puede reducir los niveles de deforestación, en aquellos lugares en los que se depende de la leña;
- El lodo residual de la digestión es un buen fertilizante, incrementando la productividad de la tierra (y los ingresos agrícolas).
- La liberación de metano se evita, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático.

#### *Los beneficios económicos*

- No es necesario comprar combustibles fósiles
- El cambio de los recursos de biomasa tradicionales (por ejemplo, en los países en desarrollo) o de los combustibles fósiles (en los países industrializados) a la capacidad de generación de biogás mejora la seguridad energética (a nivel local y a nivel nacional o regional) debido a que la materia prima puede en su mayoría pueden ser adquirida localmente

Por otro lado, los posibles aspectos negativos de las instalaciones de biogás son la posible reducción de la fertilidad del suelo (ya que el estiércol animal se utiliza como materia prima para la instalación de biogás en lugar de para la fertilización) y la posible acumulación de patógenos (gusanos, protozoos y algunas bacterias mortales como la salmonella).

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – corto plazo, Pequeña escala- corto plazo

### **Costos de implementación**

Las categorías de costos importantes para un biodigestor son (GTZ, 1999):

- Costos de producción: todos los gastos e ingresos perdidos que sean necesarios para la construcción de la planta
- Costos de operación y mantenimiento (gastos de funcionamiento): adquisición y manejo del sustrato (materia prima), alimentación y operación de la planta, supervisión, mantenimiento y reparación, almacenamiento y la eliminación de la lechada, distribución de gas y utilización;

Una estimación aproximada de los costos de una planta simple de biogás, incluyendo todas las instalaciones esenciales pero no la tierra, es de entre 50-75 dólares americanos por m<sup>3</sup> de capacidad. Entre 35 - 40% de los costos totales corresponden al digestor (GTZ, 1999). La iniciativa de biogás para África estima que el costo de una unidad familiar pequeña es superior a los 600-800 euros por unidad (Biogás para África, 2007). Así mismo, para aplicaciones de pequeña escala en los países en desarrollo, el agricultor normalmente contribuye a la financiación del digestor en períodos de amortización que están en función del precio de la leña o queroseno que de otro modo hubiera comprado, ya que el digestor tiene cero costos de combustible.

## PRODUCCIÓN DE CARBÓN VEGETAL PARA COCINAR Y PARA CALEFACCIÓN

### **Descripción**

La producción de carbón se realiza a través de un método llamado pirólisis de la biomasa. La pirólisis es el cambio químico irreversible provocado por el calentamiento de la biomasa en ausencia de oxígeno. Durante la pirólisis, la biomasa se somete a una secuencia de cambios y normalmente produce un sólido carbonoso sólido negro, llamado carbón, junto con una mezcla de gases y vapores. Generalmente, la producción de carbón vegetal a través de pirólisis se maximiza en un proceso de bajas temperaturas y bajas tasas de calentamiento, llamado carbonización.

El carbón vegetal se usa como combustible doméstico para cocinar y calentar en muchos países en desarrollo. Sus ventajas cuando se utilizan como combustible doméstico son que produce menos humo mientras se quema, requiere poca o ninguna preparación antes del uso, tiene un mayor contenido de energía por unidad de masa, puede ser fácilmente transportado y almacenado y reutilizarse después de la cocción. Hasta ahora, la principal materia prima para la producción de carbón ha sido la leña. Sin embargo, considerando el hecho de que los suministros de madera son a menudo limitados, una variedad de residuos agrícolas y forestales que no se usan regularmente pueden ser empleados como materias primas para la producción de carbón vegetal. Varios proyectos exitosos en la producción de carbón eficiente se han reportado hasta el momento.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La tecnología involucra un mejor uso del carbón vegetal, lo que contribuye a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y al ahorro de combustible. Para el cálculo de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente metano), se recomienda aplicar la metodología aprobada para la mitigación de las emisiones de metano en la actividad de carbonización de la madera para los proyectos de producción de carbón vegetal que ha sido desarrollado en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

### **Co-beneficios**

#### *Contribuciones al desarrollo socio-económico y la protección ambiental*

Hay varios beneficios ambientales y socioeconómicos asociados con cada fase (extracción, procesamiento, uso y eliminación) en el proceso de producción de carbón eficiente. Con la producción sostenible de leña, aumentan los sumideros de carbono y depósitos de humedad, se logra una mayor seguridad energética de los hogares y oportunidades empresariales creadas a través de la venta de postes y leña. La recolección de la biomasa eficiente ayuda a reducir los residuos de madera y otros, por una parte, y por otra aumenta las ventas de los residuos como leña y astillas de madera. La pirólisis mejorada en eficiencia reduce las emisiones de CH<sub>4</sub>. El potencial de absorción de carbono de los bosques se conserva evitando la tala de árboles, ya que se requiere menos cantidad de madera para producir la misma cantidad de carbón vegetal.

#### *Contribución de la tecnología para el desarrollo económico*

El tiempo dedicado diariamente a la recolección de leña se ahorra para su uso en actividades más productivas y con ingresos más altos, lo que podría mejorar los medios de vida. Además, las capacidades de los locales para iniciar y sostener proyectos de biomasa y de fabricación de estufas se verían reforzadas. Otras habilidades ganadas incluyen la gestión de la pequeña empresa y la comercialización.

#### *Contribución de la tecnología a la protección del medio ambiente*

Esta tecnología reduce significativamente los contaminantes tóxicos del aire intramural, lo que se traduce en mejores condiciones de salud, en particular para las mujeres y los niños.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

Para la evaluación de los costos generales del proceso de producción de carbón vegetal, se tomará un ejemplo en los bosques del Chaco de América del Sur. Los costos totales por tonelada de carbón relacionados con la recolección y entrega de madera ascienden a USD 36.50.

## ESTUFAS DE COCINA CON GASIFICACIÓN DE BIOMASA

### **Descripción**

La gasificación es el proceso de convertir un combustible sólido a un gas combustible. Para este proceso, una cantidad limitada de oxígeno es añadida generalmente. La gasificación con aire de la biomasa produce un gas de bajo valor calorífico que contiene aproximadamente 50% de nitrógeno y puede alimentar motores y hornos. La gasificación de la biomasa con oxígeno puro resulta en un gas de valor calorífico medio y libre de nitrógeno.

Según Practical Action (2007), 2.4 millones de personas utilizan biomasa tradicional para cocinar, ya sea madera, residuos de cosechas, carbón o residuos de animales. IEA (2006) afirma que otros 200 millones de personas en todo el mundo se basarán en la biomasa para cocinar y para satisfacer sus necesidades de calefacción en el año 2030. El cambio a combustibles más limpios es una estrategia para hacer frente a los problemas de los efectos en la salud causados por el humo y otros contaminantes liberados en zonas de cocción cerradas.

Las estufas mejoradas de biomasa pueden alcanzar un 30% de eficiencia y reducen la cantidad de combustible de madera utilizado, y por lo tanto disminuye las emisiones contaminantes. Con los costos crecientes de los combustibles fósiles y el gas como combustible para cocinar, los gasificadores de biomasa están atrayendo un interés renovado. Las estufas con gasificador se han utilizado desde mediados de los años noventa para aplicaciones de cocción. Varios cientos de cocinas con gasificador de biomasa ya se encuentran en operación en países como China e India.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La gasificación puede ser considerada una tecnología de producción de energía limpia. Mediante el uso de gasificación en lugar de la combustión directa de biomasa, las emisiones no-GEI pueden ser reducidas a casi cero y, al mismo tiempo, la calidad del gas combustible puede ser mejorado para cumplir con los requisitos de maquinaria especial para producción de calor y electricidad.

Además de ser eficientes en términos de combustible, las estufas con gasificador también son eficientes en emisiones en comparación con las estufas de cocina tradicionales. Las cocinas tradicionales, debido a su muy baja eficacia, emiten más del 10% de su carbono como productos de combustión incompleta, los cuales comprenden una variedad de alquitranes. Adicionalmente, alrededor de 100-180 g de monóxido de carbono y 7,7 g de materia en partículas también se emiten por kg de madera. La emisión de gases de efecto invernadero efecto de la reducción del uso de la biomasa para la producción de energía es objeto de cierta controversia, ya que es importante tener en cuenta el ciclo de vida completo del combustible y los materiales utilizados en la tecnología y los productos de la combustión incompleta.

### **Co-beneficios**

#### *Contribución al desarrollo socio-económico y la protección ambiental*

En cuanto a los beneficios sociales de desarrollo sostenible, las plantaciones de biomasa y su gasificación ayudaría a las zonas rurales pobres para obtener acceso a electricidad producida en centrales eléctricas descentralizadas. Esto también crearía más empleo para la población local, mejores oportunidades para la atención básica de la salud, y, en consecuencia, aumentará el bienestar de las comunidades rurales.

#### *Contribución de la tecnología para el desarrollo económico*

La conversión de la biomasa sólida en gas combustible tiene todas las ventajas asociadas con el uso de combustibles gaseosos y líquidos, tales como la combustión limpia, un equipo de combustión compacto, y alta eficiencia térmica. Los gasógenos ofrecen ventajas económicas en lugares donde la biomasa ya está disponible a precios razonablemente bajos (por ejemplo, los molinos de arroz) o en las industrias que utilizan madera como combustible. La tecnología de gasificación de biomasa tiene el potencial de reemplazar productos derivados del petróleo diesel y otros en varias aplicaciones. La tecnología de gasificación en lecho fluidizado tiene la ventaja de permitir la sustitución de combustibles fósiles costosos por otros más baratos, tales como residuos de madera. Además, las cenizas de gasificación nocivas y los componentes de los gases pueden ser separados del gas combustible antes de la combustión en la caldera. La tecnología también ofrece oportunidades para la sustitución de gas natural en calderas.

#### *Contribución de la tecnología a la protección del medio ambiente*

Como se explicó anteriormente, el cambio a combustibles más limpios y el acceso a los combustibles es una estrategia para hacer frente a los problemas de los efectos en la salud causados por el humo y otros contaminantes liberados en zonas de cocción cerradas.

### **Escala y tiempo de implementación** Pequeña escala – corto plazo

#### **Costos de implementación**

Varios estudios económicos han sido realizados sobre la viabilidad y perspectivas a largo plazo de la gasificación de biomasa. Los proyectos de demostración implementados por primera vez en Europa mostraron que el costo de inversión es demasiado alto, alcanzando hasta 5.000 € / kWh o más en algunos casos. Sin embargo, se espera que debido a los efectos del aprendizaje, los costos de inversión se reduzcan a aproximadamente 1.000 € / kW en la próxima década. Otro aspecto son los costos de funcionamiento, en particular el precio de la materia prima, que puede ser alto (por ejemplo, árboles forestales de ciclo corto) o bajo (por ejemplo, residuos de desecho). Otros costos están relacionados con la manipulación de combustible para el transporte y procesamiento, así como los costos laborales. Varios estudios han demostrado que la gasificación de la biomasa puede competir con otros sistemas de energía renovable, cuando los costos de capital pueden ser reducidos y se pueden crear condiciones favorables.

El costo de los sistemas de gasificación de biomasa para aplicaciones térmicas, excluyendo combustibles y las instalaciones de manejo de cenizas, ascendería a unos US \$ 55.000 para una unidad que sustituye a 100 litros / hora de fueloil, el costo por litro de aceite sustituido por hora tiende a ser mayor para menores capacidades. Los aspectos económicos y financieros de la utilización de un generador de gas para sustituir los combustibles líquidos son muy favorables y el periodo de recuperación para un gasificador de pequeña y mediana es de alrededor de 6 meses.

En Sri-Lanka, dos empresas están involucradas en el diseño y fabricación de los gasificadores. ENERFAB (Pvt) Ltd. es una empresa líder, recientemente establecida, que produce gasificadores para aplicaciones de generación térmica y electricidad. La compañía ha desarrollado y construido un generador de gas de 120 kW para la industria de fundición de latón en el marco de un proyecto financiado por el PNUD (Bhattacharya y Abdul Salam, 2006).

## ESTUFAS DE COCINA A BASE DE ETANOL

### **Descripción**

El etanol es un alcohol que se produce por fermentación de azúcares de diversos cultivos, tales como maíz, sorgo, trigo, mandioca y caña de azúcar. Se puede utilizar para diversas aplicaciones de energía, variando desde calderas de calefacción en la industria hasta el calentamiento de agua y la cocina. Existen varios tipos de estufas de etanol y entre sus diferencias se encuentra la forma del combustible utilizado. Éste puede estar en forma líquida o de gel. El etanol es un líquido, mientras que el 'Greengel', desarrollado en el Sur de África, es un combustible de etanol que se espesa y también contiene colorantes y agentes aromatizantes. Esto hace que no sea tan peligroso como el líquido, ya que no se transmite si se derrama. El Greengel se puede quemar en una estufa para "greengel", pero también en otras estufas.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La emisión de gases de efecto invernadero efecto de la reducción del uso de la biomasa para la producción de energía es objeto de cierta controversia, ya que es importante tener en cuenta el ciclo de vida completo del combustible y los materiales utilizados en la tecnología y los productos de la combustión incompleta.

Algunos aspectos importantes a considerar son:

- la materia prima utilizada: si el etanol se produce a partir de una materia prima que de otra manera sería utilizada para la producción de alimentos, entonces las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la producción de este alimento deben ser incorporadas también.
- la cadena de suministro: la distancia de transporte de materia prima para la producción de etanol
- lo que se sustituye por el etanol

En resumen, sólo ocurrirá un beneficio para el clima de la utilización de las estufas de etanol: cuando contribuyen a detener la deforestación y cuando el balance de CO<sub>2</sub> de la producción de etanol es positiva.

### **Co-beneficios**

Como se explicó anteriormente, el cambio a combustibles más limpios y el acceso a los combustibles es una estrategia para hacer frente a los problemas de los efectos en la salud causados por el humo y otros contaminantes liberados en áreas de cocción cerradas. Algunas alternativas no son necesariamente asequibles para los pobres, tales como gas licuado de petróleo (GLP) o biogás, pero el etanol, así como el metanol y la biogasificación son buenas alternativas. Se afirma que la estufa 'superblu' es capaz de quemar un litro de etanol para proporcionar calor durante 15 horas, cinco veces más que una estufa convencional.

En las zonas rurales la introducción con éxito de las cocinas limpias, tales como estufas de etanol, podría dar lugar a menores esfuerzos y ahorro de tiempo para las mujeres y los niños en la recolección de leña, de manera que pueda ser utilizado de manera más productiva. La presión sobre los bosques para obtener combustible para cocinar, calefacción y agua caliente está dando lugar a una grave degradación de los recursos forestales con consiguiente pérdida de flora y fauna, aunque la deforestación por la tala y las actividades agrícolas siguen siendo la causa principal de la pérdida global. El uso de una fuente de carbono-neutral tal como etanol y/o un proceso de combustión más eficiente, significa que la degradación forestal puede ser detenida y revertida. Esto conserva la diversidad biológica, así como los sumideros de gases de efecto invernadero. Por ejemplo en Malawi, 50.000 hectáreas de bosque se pierden cada año para proveer leña y carbón vegetal.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – largo plazo

#### **Costos de implementación**

Según la AIE (2006), una estufa de gel de etanol podría costar entre US \$ 2 y US \$ 20 por unidad y el costo del combustible sería de USD 0.30-0.70/litro de etanol. La estufa "CookSafe" puede hervir un litro de agua en once minutos, y un litro de etanol puede durar entre once y trece horas de tiempo de quemado. Se estima que la estufa NARI cueste RS 800 al 1000 (entre € 12 y € 15). La estufa "Superblu" de Malawi cuesta aproximadamente 2,5 Kwachas por hora (alrededor de € 0,014) para cocinar, mientras que cuesta alrededor de € 0,14 por hora con carbón vegetal y MK15 (€ 0,12) por hora con parafina.

Como se explicó anteriormente, los costos y la disponibilidad de los fogones también dependerá de las condiciones de cada país, como las diferencias entre las zonas rurales y urbanas, la "competencia" de leña "gratuita", la toma de decisiones de la mujer, y la disponibilidad de materiales. A continuación se muestran algunos costos indicativos de diversos combustibles para cocina.

Costos y características de distintos combustibles para cocina

	Costos de combustible (USD/litro)	Fase
Biogás	0	Comercialmente disponible
Aceites vegetales	0.45-0.60	Fase de despliegue
Dimetil Éter	0.25-0.35	Fase de demostración
Gel de etanol	0.30-0.70	Fase de despliegue
Kerosene	0.50-0.60	Comercialmente disponible
Gas licuado de petróleo	0.55-0.70	Comercialmente disponible

## ESTUFAS PARA COCINAR MEJORADAS

#### **Descripción**

Entre las diversas tecnologías introducidas en el ámbito de la calefacción doméstica y la cocina, las estufas son las más populares y extendidas tanto en las comunidades urbanas como en las rurales. Especialmente en los países en vías de desarrollo, las estufas ocupan un lugar central en los ámbitos de salud, ambientales, económicos y sociales. Al mejorar la eficiencia de las estufas de madera, la cantidad de humo tóxico producido puede ser reducida y los riesgos para la salud de la familia minimizarse. Una estufa de cocina mejorada se define como aquella que cumple con las normas técnicas, científicas y de seguridad, y tiene alta calidad de combustión, eficiencia técnica, emisión de humo mínima, ergonomía y la estabilidad estructural.

Dado que alrededor de 1,5 millones de personas en el mundo utilizan estufas tradicionales para cocinar (y para calefacción), los esfuerzos por mejorar la eficiencia de estufas han sido cada vez más populares en el mundo en desarrollo. En su forma más simple, las estufas mejoradas (ICS) pueden reducir la pérdida de calor por radiación y protegen a la estufa contra el viento. Muchas de estas estufas son de barro o arena.

### **Reducción de emisiones de GEI**

Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la quema de biomasa están sujetas a cierta controversia, ya que es importante tener en cuenta el ciclo de vida completo del combustible, los materiales utilizados en la tecnología y los productos de la combustión incompleta. Para la mayoría de las tecnologías de la biomasa (y muchas otras tecnologías), estos datos no están disponibles. Sin embargo, hay trabajos en donde se comparan las estufas de quema de madera con estufas de queroseno y de GLP (Edwards et al., 2004), que indican que los resultados dependen de si los GEI distintos del metano y el CO<sub>2</sub> están incluidos en el análisis. Por ejemplo, al considerar sólo el CO<sub>2</sub> y el metano, la biomasa renovable cosechada emite menos gases de efecto invernadero que el queroseno, GLP y gas natural o gas de carbón. Si se usa una lista más completa de las emisiones relacionadas con la combustión incompleta de la biomasa, entonces el panorama cambia. Smith et al., (2000) señalan que las emisiones de gases de efecto invernadero más significativas están asociados con las cocinas domésticas. Esta idea es apoyada por Zhang et al. (2001).

### **Co-beneficios**

#### *Contribución de la tecnología al desarrollo social*

La sustitución del queroseno da lugar a menos combustibles importados, lo cual es económicamente beneficioso para el país. Cuando los servicios de fabricación y de reserva son locales, se generan nuevos empleos. Por ejemplo, la estufa 'Superblu' desarrollada en Malawi ha generado numerosos beneficios sociales. Adicionalmente, hay varios beneficios sociales asociados con el cambio a etanol a partir de biomasa o metanol. Una ventaja importante es la mejora de las condiciones de salud por cocinar con un combustible limpio. Como se mencionó anteriormente, el humo y otros contaminantes son conocidos por ser una de las principales causas de muerte para la población rural pobre. También se reduce la monotonía y aumenta el ahorro de tiempo para las mujeres y los niños en la recolección de leña, tiempo que puede ser utilizado de manera más productiva. Los incendios de estufas de queroseno y lámparas son altos, alrededor de 40.000 incendios al año se reportan en Malawi.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

Varias organizaciones han participado en la financiación y la comercialización de estufas mejoradas. Por ejemplo, existe un proyecto en Kenia con el apoyo de la Fundación Shell Winrock y USAID que tiene un aspecto de desarrollo de mercado fuerte. En el marco del proyecto, Winrock y sus asociados están proporcionando a las mujeres empresarias en los barrios bajos de Ngong y Rongai el apoyo técnico y financiero para aumentar la producción estufas mejoradas y revestimientos de cocina (Winrock International, 2006).

En la India, todos los hogares incluidos en el Programa Nacional de estufas mejoradas son elegibles para recibir un subsidio para la compra de una estufa. El subsidio del gobierno central no se entrega directamente al usuario, sino a los organismos estatales para cubrir el material de cocina y los costos de construcción, creación de capacidad y la conciencia y los costos administrativos. En los seis estados encuestados, el costo unitario de una estufa de barro de tipo fijo mejorada varía de RS 110 al 190 (€ 1,91 a 3,30). En algunos estados, como Andhra Pradesh, Haryana, Gujarat y Karnataka, los gobiernos estatales (y las administraciones de distrito) proporcionan un subsidio adicional a la subvención central bajo diversos esquemas de desarrollo. Esto reduce aún más la contribución de los beneficiarios. Una revisión de alto nivel de las geografías seleccionadas indica que la India, Uganda / Kenia y Brasil son los mercados más atractivos comercialmente a tener en cuenta para los programas futuros de estufas mejoradas.

## GAS LICUADO DE PETRÓLEO Y GAS NATURAL LICUADO PARA COCINAS EN HOGARES Y COMERCIALES

### **Descripción**

El Gas licuado de petróleo (GLP) es una mezcla de propano y butano, gases que pasan al estado líquido bajo presión y luego se pueden almacenar en recipientes (Dell y Rand, 2004). La proporción de cada gas varía dependiendo de la fuente y el clima. El propano se prefiere donde el clima es frío y el butano cuando hace calor. El GLP tiene una alta energía por unidad de volumen y es fácil de usar. Su poder calorífico por unidad de volumen es aproximadamente 2.5 veces mayor que la del gas natural (metano). Se utiliza para el transporte por carretera, la cocina, la calefacción, la refrigeración, el aire acondicionado y en latas de aerosol. Es una fuente portátil de energía que se utiliza para aplicaciones remotas en la UE y en la cocina y el transporte en los países en desarrollo. El GLP es fabricado durante la refinación de petróleo crudo (40%) o de gas natural durante la extracción (60%).

El Gas natural licuado (GNL) se compone principalmente de metano. La práctica reciente ha sido la de licuar el gas que normalmente se quema en los campos petroleros en áreas remotas, pero también se puede hacer a partir de gas de relleno sanitario purificado. El GNL ocupa aproximadamente 1/614 el volumen de gas natural a temperatura y presión estándar, lo que es mucho más rentable para transportar a largas distancias, especialmente en donde las tuberías no existen. Al igual que el GLP, esta portabilidad es una ventaja importante. El GNL se usa en el transporte y en el calentamiento y la cocina, así como en la industria como materia prima química.

### **Reducción de emisiones de GEI**

El impacto medioambiental global del cambio de combustible convencional a GNL/GLP puede ser positivo o negativo en términos de gases de efecto invernadero en función de la eficiencia de la combustión y la sostenibilidad del combustible utilizado. Sin embargo, las estufas mejoradas y la mayor eficiencia de la combustión en general, se espera conduzcan a reducciones importantes de GEI (IEA, 2006).

Un ejemplo interesante en donde se exploran los efectos ambientales del GNL es el proyecto KOGAS, puesto en marcha por el Gobierno de Corea en 2002. KOGAS, empresa coreana para la producción de energía, realizó un análisis del ciclo de vida en el ciclo de combustible para el GNL. Estos resultados muestran que el GNL genera menos CO<sub>2</sub> debido a la baja proporción de carbono/hidrógeno del combustible. La producción de CFC es también mucho menor que para otros combustibles. Del mismo modo, la acidificación de dióxido de azufre y la eutrofización de los niveles de NOx son los más bajos en el GNL. Finnegan (2004) muestra que la extracción y refinación de GLP genera emisiones de SO<sub>2</sub>, NMHC, metano y NOx; mientras que el transporte del GLP contribuye al monóxido de carbono y a las emisiones de CO<sub>2</sub>. Reinaud (2005) proporciona cifras de emisiones de CO<sub>2</sub> de las refinerías de gas licuado de petróleo. Dependiendo de la ubicación de la refinería y la configuración particular de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas con el refinado, los niveles se encuentran entre 0.586-0.715 tCO<sub>2</sub> / t GLP.

### **Co-beneficios**

En los países en desarrollo, los principales beneficios de GNL/GLP son ayudar a las personas a pasar de la utilización de la biomasa no sostenible a un combustible limpio y seguro. Esto proporciona enormes beneficios de salud que ayudan a evitar las muertes de 1,6 millones de personas/ año por problemas respiratorios causados por el humo y otros contaminantes liberados por la quema ineficiente de biomasa en espacios cerrados (Warwick y Doig, 2004).

India ha tenido una agresiva campaña de promoción de GLP durante años y anunció en febrero de 2010 que habrá un programa para proporcionar estufas gratuitas a los hogares bajo la línea de pobreza (Energía para el Desarrollo, 2010).

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de Operación**

El GLP y el GNL ya hacen parte de actividades comerciales. Como se ha mencionado anteriormente, estos combustibles se utilizan en lugares remotos y para fines de ocio en la UE. La iniciativa “LPGas Rural Desafío Energético” del PNUD participa en actividades para hacer el GLP asequible. Esto puede incluir iniciativas de microfinanciación. Aun así, el coste del combustible es todavía alto para los pobres. Algunos ejemplos de uso doméstico de GLP / GNL en países en desarrollo:

- En Brasil, el 98% de los hogares tiene acceso a GLP a través de políticas gubernamentales para desarrollar la infraestructura necesaria en todas las regiones urbanas y rurales, en combinación con un subsidio al GLP.
- En 2001, el 17,5% de los hogares de la India (33.6 millones de hogares) utilizaba GLP como combustible para cocinar. Alrededor de tres cuartas partes de estos hogares se encontraban en zonas urbanas y sólo el 5.7% eran hogares rurales. Una vez más, el precio del GLP está subsidiado por el gobierno.
- En China, 80.000 viviendas en Shenzhen han sido convertidas a GNL. Se aseguraba que el precio del GNL era más bajo y más estable que el del GLP y no superaría los 5 RMB/m<sup>3</sup> (€ 0.43/m<sup>3</sup>). Este fue el resultado del acuerdo entre China y Australia para la importación anual de 3.7 millones de toneladas de GNL con un mecanismo de fijación de precios que garantizaban que el precio sería más bajo que el del gas natural en el mercado mundial. No obstante, estas condiciones no se mantuvieron debido a factores externos.

## ESTUFAS DE METANOL

### **Descripción**

Las estufas basadas en metanol pueden ser utilizadas para suministrar servicios de cocción, calentamiento de agua y calefacción. La tecnología se puede aplicar en hogares, instituciones (por ejemplo, escuelas) e industria, donde se utiliza para calderas de calefacción. El metanol se obtiene a partir del gas natural y por lo tanto todavía resulta en emisiones de CO<sub>2</sub>, mientras que las estufas de gasificación de biomasa convierten la biomasa en una mezcla de nitrógeno, monóxido de carbono, hidrógeno y metano que puede ser quemado para cocinar. Una ventaja importante de la tecnología es que la quema de etanol y metanol y la gasificación de la biomasa no tienen los problemas de contaminación del aire generados por la combustión sencilla de biomasa. El etanol y el metanol proporcionan un flujo de calor superior sin hollín o humo, lo cual significa que la cocción y producción de agua caliente puede llevarse a cabo más rápido y sin contaminación.

El metanol como combustible es más barato que el etanol y puede ser producido a partir de gas natural en un proceso sencillo, a la mitad del costo del etanol. Su potencial es particularmente importante en países con suministro de gas natural. El metanol también puede ser utilizado por la mayoría de las estufas de etanol, puesto que las estufas de metanol trabajan bajo el mismo principio.

### **Reducción de emisiones de GEI**

Al igual que con las estufas de etanol, la producción de energía a partir de metanol para sustituir a combustibles fósiles es controversial en términos de emisión de GEI. En este análisis, algunos aspectos importantes a considerar son:

- la materia prima utilizada: si el metanol se produce a partir de una materia prima que de otra manera sería utilizada para la producción de alimentos, entonces las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la producción de este alimento deben ser tenidas en cuenta.
- la cadena de suministro: la distancia de transporte de materia prima para la producción de metanol
- lo que se sustituye por el metanol

En resumen, sólo ocurrirá un beneficio para el clima de la utilización de las estufas de metanol: cuando contribuyen a detener la deforestación y cuando el balance de CO<sub>2</sub> de la producción de metanol es positiva.

**Co-beneficios**

Como se explicó anteriormente, el cambio a combustibles más limpios y el acceso a los combustibles es una estrategia para hacer frente a los efectos en la salud causados por el humo y otros contaminantes liberados en zonas de cocción cerradas. Algunas alternativas no son necesariamente asequibles para los pobres, tales como gas licuado de petróleo (GLP) o el biogás, pero el etanol, así como el metanol y la biogasificación son buenas alternativas. El nivel de partículas y productos de la combustión incompleta a la que mujeres y niños están expuestos, conduce a enfermedades respiratorias y oculares con una alta incidencia de mortalidad (1,6 millones de euros/año).

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – largo plazo

**Costos de implementación**

Como se explicó anteriormente, los costos y la disponibilidad de las estufas depende de las condiciones de cada país, como las diferencias entre las zonas rurales y urbanas, la “competencia” de la “leña gratuita”, la toma de decisiones sobre las responsabilidades de la mujer y la disponibilidad de materiales.

Las actividades a desarrollar e implementar que involucran estufas de etanol/metanol y de gasificación de biomasa en los países en desarrollo han sido financiadas ya sea por los gobiernos nacionales (por ejemplo, las estufas de etanol en Malawi y Sudáfrica), o como resultado de una asociación de transferencia de tecnología con la UE (Grimm et al., 2002), o han sido financiadas por organizaciones benéficas como la Fundación Shell.

**HORNOS O COCINAS SOLARES****Descripción**

Las cocinas solares u hornos solares se han utilizado durante siglos. El primer horno fue desarrollado por un científico suizo en 1797. Las cocinas solares pueden usarse para cocinar los alimentos y calentar agua para bebida. La cocina solar concentra y desvía la radiación solar con la ayuda de una superficie reflectante en la parte trasera, la parte superior, los lados y el fondo de una olla. Su manipulación es sencilla, pero la cocina solar necesita espacio: cuanto mayor sea la superficie del reflector, más fuerte es el poder del fuego generado.

Existe una variedad de tipos de cocinas solares: más de 65 diseños principales y cientos de variaciones de ellos. Los principios básicos de todas las cocinas solares son:

- Luz solar concentrada
- Conversión de luz en calor
- Atrapado de calor
- Láminas de plástico

De acuerdo con el diseño, las cocinas solares son de tres tipos: cocina de caja, cocina de panel y cocina parabólica (Outen, 2005).

### **Reducción de emisiones de GEI**

La cocina solar se ha propuesto como una posible solución para la reducción de emisiones de GEI. En casos óptimos, la cocina solar puede reducir significativamente el uso de madera o biomasa y todos los efectos negativos asociados. Por ejemplo, en una prueba de cocinas solares en el sur de África de la GTZ, durante la primera fase de la prueba de campo, el ahorro total de combustible fue de 38%, casi 60 toneladas de madera, más de 2 toneladas de gas, y más de 2000 litros de parafina (GTZ y el DME, 2002).

Ha habido muchas estimaciones de la contribución potencial de las cocinas solares en la reducción de emisiones de carbono. Una estimación optimista cita un potencial de reducción del consumo de leña en un 36% debido a las cocinas solares, lo que corresponde a aproximadamente 246 millones de toneladas métricas de madera cada año (Tucker, 1999). Esto corresponde a un equivalente en emisiones de CO<sub>2</sub> de 565 gramos por kilogramo de madera quemada. Por ello, una estimación optimista sería de casi 140 millones de toneladas por año no emitidas (Grupp y Wentzel, 2002). Si suponemos que hay 1,5 millones de cocinas solares de funcionamiento a nivel mundial, y que cada una cocina un promedio de 1 comida por día para 3 personas, esto se traduce en una reducción de emisiones de aproximadamente 690 millones de kg (equivalente) de CO<sub>2</sub> al año (Grupp y Wentzel, 2002).

### **Co-beneficios**

#### *Contribución al desarrollo socio-económico y la protección ambiental*

A pesar de que los esfuerzos para introducir cocinas solares han sido fragmentados en el pasado, se han superado recientemente la mayor parte de las barreras técnicas de suministro que han inhibido su introducción a gran escala, tales como el bajo rendimiento y las características de seguridad. La cocina solar está disponible ahora para ofrecer beneficios significativos para el medio ambiente y la calidad de vida de muchas personas (Wentzel y Pouris, 2007).

La introducción de un programa de cocina solar en todo el mundo, implementada a través de una red de actores locales y regionales, tiene el potencial de tener un efecto significativo en las siguientes actividades:

- Mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>;
- Reducir la degradación del medio ambiente local;
- Mejorar la salud;
- Estimular la actividad económica y promover la equidad de género;
- Promover el acceso equitativo a la energía, y
- Luchar contra la pobreza.

#### *Contribución de la tecnología al desarrollo social*

Dado que son principalmente las mujeres que quienes cocinan en el hogar, es el ahorro de su tiempo el que se genera a partir del uso de cocinas solares. En algunos casos, como 'Sol de Vida' en Costa Rica, el principal efecto de la aplicación de las cocinas solares fue la mejora de vida de las mujeres. El proyecto ha construido e hizo hincapié en los vínculos con el empoderamiento de la mujer mediante la creación de nuevas organizaciones encabezadas por mujeres.

### *Contribución de la tecnología para el desarrollo económico*

Los beneficios económicos asociados con el ahorro de tiempo pueden ser importantes si el tiempo se dedica a actividades productivas que generen ingresos. El impacto de las estufas solares en la economía familiar depende de la organización de la misma y el grado en que se vincula el hogar a la red económica más amplia. El ahorro logrado a través del uso de las estufas solares se puede invertir en más alimentos. Como se demostró en la prueba de campo de la GTZ en Sudáfrica, aumentó la seguridad alimentaria, así como la variedad en la dieta diaria.

### *Contribución de la tecnología a la protección del medio ambiente*

En los países industrializados, los beneficios ambientales están relacionados principalmente con la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la reducción de la degradación del medio ambiente local, mientras que en las naciones en desarrollo la mejora de las condiciones de salud, la promoción del acceso equitativo a la energía y la pobreza son las principales ventajas de la tecnología.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

Con el rápido desarrollo de la tecnología de la cocina solar, muchos esquemas de financiamiento para la promoción de proyectos relacionados se han observado en todo el mundo.

Solar Cookers International (SCI) ayuda a las comunidades para utilizar la energía del sol para cocinar los alimentos y pasteurizar agua en beneficio de las personas y el medio ambiente. SCI está llevando a cabo varios programas de investigación sobre cocinas solares. El Centro de Estudios Ambientales Abess y Soluciones Solares son otros ejemplos similares. Varias organizaciones han participado en la financiación de proyectos de cocinas solares. Por ejemplo, la Sociedad Horno Solar (SOS) fue creada para promover la cocina solar ante la opinión pública estadounidense y para proporcionar una forma de colaborar con más de 2 mil millones de personas en todo el mundo que carecen de suficiente combustible para cocinar sus alimentos (SOS, sin fecha). SOS se enfoca en:

- la producción de estufas solares de bajo costo y de alto rendimiento, durables y estéticamente agradables
- el establecimiento de múltiples facetas centros en los países en desarrollo para:
  - o Muestra de variedades de cocinas solares,
  - o educación y formación,
  - o montaje de cocinas solares,
  - o demostraciones de cocinas solares
  - o venta al por mayor y al por menor,
  - o financiación de las cocinas solares a través de sistemas de bancos comunales, y
  - o alentar a los estadounidenses a utilizar cocinas solares

## BOMBAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN O AIRE ACONDICIONADO Y CALENTAMIENTO DE AGUA

### **Descripción**

Las bombas térmicas o de calor generan calefacción, refrigeración y agua caliente a los edificios en los sectores doméstico, público e industrial y se pueden encontrar en cualquier parte del mundo ya que utilizan la temperatura constante de la tierra, la temperatura del aire o de una fuente de agua. Las bombas de calor también se pueden invertir y funcionar como enfriadores de espacios. La mayoría de las bombas de calor funcionan con un ciclo de compresión de vapor y son accionadas por un motor eléctrico. Algunas bombas de calor utilizan el principio de absorción, utilizando gas o calor residual como energía de conducción. Esto significa que el calor, en lugar de ser usado como energía mecánica, se suministra para conducir el ciclo. Las bombas de absorción de calor para refrigeración de espacios pueden ser impulsadas a gas, mientras que en las instalaciones industriales suelen estar impulsadas por vapor a alta presión o calor residual. Existen tres tipos principales de bombas de calor: bombas de calor de suelo, bombas de calor de agua y bombas calor en donde el aire es la fuente principal.

### **Reducción de emisiones de GEI**

En todo el mundo, la capacidad instalada de bombas de calor geotérmicas (de suelo) está generando un ahorro en emisiones de GEI de 16 MtCO<sub>2</sub>. Esto es puramente para el modo de calefacción de las bombas. Si se supone ahorros equivalentes en el modo de refrigeración, esta cifra se duplicaría (Lund et al., 2004). Según el Heat Pump Centre de la Agencia Internacional de Energía (febrero de 2006), una penetración de mercado del 30% de las bombas de calor en los mercados de calefacción existentes podría reducir las emisiones globales de CO<sub>2</sub> en un 6%. Esto es equivalente a 1.500 Mt anuales de CO<sub>2</sub>. El costo de estas reducciones puede ser modesto.

No se producen emisiones de contaminación a partir de las bombas de calor, aunque la generación de la electricidad necesaria para el funcionamiento de la bomba podría causar emisiones de CO<sub>2</sub> (dependiendo de si la generación se lleva a cabo con o sin combustibles fósiles), y el calor producido reduce la necesidad de producir calor a través de la quema de combustibles fósiles, lo que reduciría las emisiones de CO<sub>2</sub>. No obstante, las bombas de calor representan por lo general una opción costosa de reducción de CO<sub>2</sub> para calefacción o agua en los países en desarrollo. Por ejemplo, en China, el calentador de gas promedio tiene un tamaño de almacenamiento de ocho a diez litros y un costo de capital de alrededor de US \$ 100. El equivalente en las bombas japonesas de calor ECO Cute tienen capacidades mucho mayores y costos de capital llegarían a los USD 5.000 en China. Sin embargo, la alta eficiencia de las bombas de calor para la refrigeración y la calefacción son una opción de reducción de emisiones importante en China y otros países en desarrollo o regiones con cargas de calefacción moderadas y significativas cargas de refrigeración durante el verano. La sustitución de una caldera de gas por una bomba de calor se traduciría en una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 2.8 toneladas por año (siempre que la electricidad sea libre de CO<sub>2</sub>), a un costo de por vida de alrededor de US \$ 160 / t CO<sub>2</sub> ahorrada.

### **Co-beneficios**

#### *Contribución al desarrollo socio-económico y la protección ambiental*

Sin embargo, el aumento de la eficacia de las nuevas plantas de energía y el rendimiento de las bombas de calor geotérmicas significa que 70% de la energía final proviene de la tierra y hay un exceso de 40% de la energía renovable por encima de la energía original consumida en la generación de electricidad a accionar la bomba. Si una fuente renovable fue utilizada para la producción de electricidad, toda la energía suministrada es renovable.

Además, las bombas de calor reducen la dependencia de las importaciones de combustible mediante el uso de electricidad de manera eficiente para calentar o enfriar en aplicaciones domésticas o industriales. También reducen la necesidad de infraestructura adicional como tuberías de gas o tuberías de calefacción. La tecnología puede proporcionar ahorros en el largo plazo sobre los sistemas convencionales. Potencialmente, podría proporcionar refrigeración para los hospitales, clínicas de salud y escuelas. Todo esto puede tener un impacto en los pobres. Pueden generarse empleos en la fabricación, mantenimiento, control de calidad, acreditación y otros servicios necesarios para la producción de las bombas.

### *Contribución de la tecnología para el desarrollo económico*

Las bombas de calor pueden mejorar la seguridad del suministro de energía al reducir la demanda de energía. Hay grandes ahorros en los costos de operación en comparación con los sistemas convencionales de calefacción o refrigeración, aunque los costos de capital iniciales son más altos. Las subvenciones pueden hacer que los costos de capital sean más asequibles como el Reino Unido, bajo la iniciativa de edificios bajos en carbono.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala y corto plazo

### **Costos de implementación**

A continuación se presentan algunos costos indicativos de bombas de calor:

- Instalación de una unidad pequeña de tipo aire a través de la pared o la ventana para enfriar y calentar una habitación individual cuesta alrededor de \$ 500 - \$ 1.500.
- Para un sistema de casa entera con los conductos existentes, un sistema típico con bomba de calor de cuesta \$ 2.000 - \$ 5.000 para un hogar medio (3 toneladas de capacidad). Para los hogares sin canalización, la instalación puede costar \$ 4.500 - \$ 6.000 o más, en función del número de unidades interiores (zonas).
- Para climas menos moderados, la instalación de un sistema de doble combustible de bomba de calor con fuente de aire que funciona con gas natural o de un horno de propano bajo un solo sistema de control puede costar \$ 2.500 - \$ 5.500.
- La instalación de una bomba de calor geotérmica cuesta \$ 10.000 - \$ 25.000 o más, dependiendo de la longitud y profundidad de las tuberías subterráneas, condiciones del suelo y la excavación y otros factores de instalación. Los sistemas más caros pueden incluir opciones tales como un compresor de dos etapas o un calentador de agua caliente.

La tecnología de las bombas de calor de absorción aún está en evolución para el uso residencial.

## AISLAMIENTO EN EDIFICACIONES

### **Descripción**

El aislamiento se refiere a una medida de ahorro de energía que proporciona resistencia al flujo de calor. Naturalmente, el calor fluye de un espacio más caliente a un espacio más fresco. Al aislar una casa, se puede reducir la pérdida de calor en edificios en tiempo y reducir el exceso de calor cuando hace buen tiempo o clima. Aislar una casa tiene varias ventajas como el ahorro de energía, ahorro de costos y mayor comodidad. Las barreras para emprender medidas de ahorro energético pueden ser incentivos divididos, los costos de inversión relativamente altos, y el tiempo y esfuerzo requerido para conseguir un ahorro de energía. Existen varios tipos de aislamiento contra la pérdida de calor en climas fríos, cada uno con sus propias características técnicas y costos y beneficios financieros. Las medidas de aislamiento son generalmente una de las más rentables medidas de ahorro de energía.

Existen varios tipos de medidas de aislamiento:

- Aislamiento de paredes, techo, ático, piso y suelo
- Aislamiento de ventanas y puertas
- Sellado de grietas

### **Reducción de emisiones de GEI y otros beneficios**

El aislamiento en edificaciones conduce al ahorro de energía, lo cual reduce la demanda de combustibles fósiles y por tanto las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas y otros impactos ambientales. Se estima que las mejoras en el nivel de aislamiento de los edificios existentes pueden reducir las necesidades de calefacción en un factor de dos a cuatro (Levine et al., 2007). Las nuevas casas construidas de acuerdo con la última tecnología disponible y el diseño en diversos países de clima frío, usan sólo un 10% de la energía para la calefacción de las casas construidas de acuerdo con los códigos locales de construcción nacional (Levine et al., 2007).

Para los países con inviernos menos intensos, donde la calefacción sigue siendo necesaria, como es el caso en muchos países en desarrollo, niveles modestos de aislamiento a un costo razonable ya pueden reducir las necesidades de calefacción en más de la mitad de los niveles actuales, y, además, puede contribuir a reducir la temperatura interior en verano (Levine et al., 2007). Si no hay aire acondicionado, las temperaturas más bajas en el verano mejoran el confort interior, o, si el aire acondicionado se utiliza, la tecnología conduce a ahorros de energía adicionales.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

Los costos de inversión del aislamiento en un edificio y el ahorro en los costos de energía asociados desempeñan un importante papel en las decisiones sobre el nivel de aislamiento en un edificio. Sin embargo, con frecuencia los propietarios no son conscientes de los beneficios económicos de las medidas de aislamiento. La Tabla a continuación muestra los tiempos medios de recuperación de la inversión para las medidas de aislamiento adicionales a los edificios existentes en los Países Bajos.

Tipo de aislamiento	Promedio de periodo de retorno de la inversión
Aislamiento de la cavidad de la pared	3 años
Aislamiento de la pared (interior / exterior)	3 a 11 años
Aislamiento del techo	4 a 9 años
Aislamiento del piso	5 a 11 años
Aislamiento de ventanas	14 a 23 años
Sellado de grietas	+ / - 1 año

Fuente: <http://climatetechwiki.org/technology-options> Resumen y traducción, este estudio.

### 2.1.6 Consumo de energía eléctrica

CUADRO 11: CUADRO DESCRIPTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES RELACIONADAS CON EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LOS DIFERENTES SECTORES.

#### SISTEMAS DE ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES - SAEE

##### **Descripción**

Sistemas de administración energética en edificaciones (SAEE), conocidos como BEMS por sus siglas en inglés, es un método sofisticado para supervisar y controlar las necesidades energéticas de las edificaciones independientemente de si es residencial o comercial. Algunos ejemplos de estas funciones son: calefacción, ventilación y aire acondicionado, iluminación o medidas de seguridad.

Los SAEE consisten en un sistema integral para el control de edificios o grupos de edificios, constituido por ordenadores y microprocesadores distribuidos para el monitoreo, almacenamiento de datos y comunicación (*Levermore, 2000*), con el objetivo de hacer uso eficiente de la energía eléctrica de las edificaciones involucradas. Con este sistema es posible gestionar la calefacción, ventilación y aire acondicionado, iluminación, sistemas de alarma contra incendios, seguridad, mantenimiento y gestión de la energía. Otros términos para referirse a esta tecnología son Building Management System (BMS) y Energy Management System (EMS).

Como tal, la tecnología SAEE es un concepto amplio de control de edificaciones, y puede tener una variedad de características. Sin embargo, esta tecnología está delimitada al uso de sistemas de control sofisticados y avanzados (IEA, 1997). El punto principal en el que un SAEE difiere de otros sistemas de control, es la característica de la comunicación ya que la información de los procesos y equipos del edificio es recibida y controlada por una unidad central que funciona como único operador del sistema. Por ejemplo, la unidad central de mando puede recibir información de temperatura y accesibilidad a lugares de la edificación, y dependiendo de su configuración, tomar la decisión de disminuir la temperatura en las partes del edificio que no están ocupadas, aumentando así, la eficiencia energética.

##### **Los beneficios de los SAEE son:**

- Información en tiempo real de consumo y gestión de energía eléctrica.
- La monitoreo y control remoto de equipos, servicios y funciones de uno o varios edificios
- Posibilidad de control automático de equipos, servicios y funciones. Por ejemplo, el encendido automático, desconexión de aparatos, etc.
- Monitoreo del estado de los edificios y de aspectos ambientales como por ejemplo la temperatura.

##### **Reducción de emisiones**

La reducción de emisiones de GEI al implementar esta tecnología, se da de manera indirecta, ya que mayor eficiencia energética conduce a la disminución en el uso de recursos. Por ejemplo, una mayor eficiencia en el consumo eléctrico de edificaciones, disminuye las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) cuando la electricidad es proporcionada por una planta eléctrica que se alimenta de carbón.

### **Co-Beneficios**

Cuando la tecnología se aplica en edificios comerciales o en instalaciones industriales, puede contribuir al desarrollo social de dos maneras. En primer lugar, debido a la mejora de la seguridad contra incendios y otros procedimientos de emergencia que la tecnología ofrece, el trabajo será mucho más seguro. La tecnología puede localizar peligros potenciales dentro del lugar de trabajo, enviar la señal a los equipos de respuesta a emergencias e informar al personal acerca del peligro potencial.

En segundo lugar, la tecnología puede supervisar y controlar las condiciones ambientales en los edificios. Esta capacidad de la tecnología tiene el potencial para hacer que el lugar de trabajo más saludable. Similar al riesgo potencial de incendio o riesgos de seguridad, la tecnología puede controlar factores como la calidad del aire y la calidad del agua y puede reaccionar cuando se cruzan los umbrales de valor. Por ejemplo, el sistema puede aumentar la ventilación cuando los niveles de monóxido de carbono en una instalación de aumento por encima de un nivel considerado seguro.

Cuando la tecnología se aplica en edificios de viviendas, informa a los residentes acerca de su consumo de energía. Los residentes pueden aprovechar esta información para aplicar medidas de conservación. Además, la tecnología se puede aplicar la configuración de ciertas comodidades para los residentes. La información que la tecnología ofrece a los residentes y las acciones que la tecnología puede llevar a cabo por lo tanto pueden contribuir al desarrollo social mediante el aumento de comodidad y **reducir el consumo de energía**.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo, Pequeña escala – largo plazo

### **Ventajas y Desventajas**

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Aumento de la eficiencia energética	Inversión inicial para el diseño e instalación
Mejora de las condiciones ambientales	Los costos de operación y mantenimiento pueden ser mayores en comparación con los sistemas de gestión más simples.
Uso eficiente de personal	Necesidad de un operador experto
Mejora los procedimientos de seguridad y de emergencia	Exige un compromiso de todos los niveles a lo largo de su vida útil, con el fin de asegurar la máxima eficacia
Mejora la gestión y administración del edificio	

### **Costos de implementación:**

El IPCC concluyó en el 2007 que esta tecnología es, hasta el momento, poco clara en hasta qué punto se puede reducir el consumo de energía y a qué costo. Las diferentes estimaciones sobre el ahorro de energía difieren considerablemente y por lo tanto la tecnología requiere más investigación y desarrollo para determinar las necesidades financieras y los costos.

## USO DE LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS (LFC)

### **Descripción**

El uso de lámparas fluorescentes compactas (LFC) proporciona un servicio de iluminación con bajo consumo de energía al reemplazar el filamento de tungsteno de los bombillos regulares. Las lámparas fluorescentes compactas contribuyen con la seguridad del suministro energético, ya que disminuyen la demanda de electricidad. Aunque el costo inicial podría ser una barrera para su aplicación, los cálculos demuestran que las lámparas fluorescentes compactas amortizan la inversión inicial en un plazo de 900 horas de funcionamiento y también contribuyen a la reducción del consumo de electricidad durante la vida útil de la bombilla, reflejado en las facturas. Los ahorros pueden ser del orden de 10-20 veces el costo inicial durante la vida útil de la bombilla.

### **Reducción de emisiones**

Se calcula que las emisiones de gases de efecto invernadero por iluminación son alrededor de 1900 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que equivale al 70% de las emisiones de los vehículos de pasajeros del mundo.

El informe de la Agencia Internacional de la Energía – AIE, muestra que tan sólo instalando lámparas, balastos y controles, la demanda mundial de electricidad se reduciría sustancialmente y manteniendo los niveles de consumo del año 2005 hasta el año 2030.

La AIE además afirma que “al implementarse estas medidas, se disminuirían las emisiones de CO<sub>2</sub> en más de 16.000 millones de toneladas para el mismo período de tiempo, el equivalente a cerca de 6 años de las actuales emisiones mundiales de automóviles y evitaría el gasto de 2600 millones de dólares en iluminación por la energía reducida y los costos de mantenimiento”. Una sola lámpara compacta fluorescente puede contribuir a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en 0,5 toneladas durante su vida útil. En el Reino Unido se ha estimado (IEA, 2005) que los ahorros potenciales por el uso de CFL son 900 kton de CO<sub>2</sub> en 10 años.

### **Co-Beneficios**

#### Aspectos Sociales

El uso de lámparas fluorescentes compactas genera ahorros en costos de energía durante su vida útil y proporciona un servicio de alumbrado confiable. También genera empleos en el sector manufacturero y minorista. Sin embargo, se requiere de una ruta de eliminación segura. En los países en desarrollo, las lámparas fluorescentes compactas son recomendados para uso con sistemas fotovoltaicos ya que su demanda de energía es mucho menor que las bombillas incandescentes. Como el suministro de electricidad sigue siendo limitado en muchos países en desarrollo, la reducción de la demanda por una iluminación más eficiente es un paso positivo para sus economías.

#### Contribución al desarrollo

Un cambio en el mercado de las lámparas incandescentes ineficientes por lámparas fluorescentes compactas reduciría la demanda mundial de electricidad en un 18%. Si los usuarios finales instalaran lámparas eficientes, balastos y controles, la demanda mundial de electricidad de iluminación en 2030 se mantendría desde 2005, y hasta podría llegar a ser más baja entre 2010 y 2030. Esto podría lograrse a un costo promedio mundial negativo de 161 dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> ahorrada, pero se necesitaría una acción política fuerte. Los ahorros pueden ser del orden de 10-20 veces el costo inicial durante la vida útil de la bombilla. Técnicamente hablando, las lámparas compactas fluorescentes constituyen una tecnología probada y confiable tanto para la red interconectada y las zonas que no lo están.

### Protección del medio ambiente

A pesar de sus muchas ventajas, las lámparas fluorescentes compactas tienen algunos problemas, como por ejemplo, el control de calidad en las fábricas de los países en vía de desarrollo. Para solucionar este problema, la Iniciativa de Iluminación Eficiente (ELI), lanzado en 1999 por la Corporación Financiera Internacional y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, creó un mecanismo de certificación para los productos de alta calidad. Hay algunos problemas ambientales asociados con las bombillas que contienen vapor de mercurio, de modo que cualquier programa a gran escala tiene que ir acompañado de un programa adecuado de recolección de residuos. Esto está previsto por la Directiva Europea sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), que obliga a los fabricantes a realizar depósitos de dinero para contribuir con un sistema para la eliminación de estos residuos, dados los costos adicionales que implica su recolección, tratamiento, reciclado y eliminación.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – Corto plazo

### Costos de implementación

El costo de una lámpara fluorescente compacta ha disminuido significativamente en los últimos años. La importación de bombillas chinas de buena calidad ha contribuido. Sin embargo, los mayores costos al comparar con bombillos convencionales, aún constituyen una barrera, por lo que debe trabajarse más en generar conciencia en el público y difundir el ahorro de costos globales que se obtendría al incrementar la tecnología. Se ha demostrado (IEA, 2006) que las lámparas fluorescentes compactas son más baratas y al analizar los ahorros efectivos durante su vida útil, además de disminuir los costos para la sociedad por el cambio climático y por el incremento de capacidad en centrales eléctricas.

Mientras que el precio de compra de una lámpara fluorescente compacta es típicamente 3 a 10 veces mayor que la de una lámpara incandescente, los beneficios generados por un mayor tiempo de vida y menor consumo de energía, compensarán y más el costo inicial.

## REFRIGERADORES ENERGÉTICO EFICIENTES

### Descripción

Los refrigeradores se utilizan en los hogares de todo el mundo para almacenar y preservar los alimentos a una temperatura de alrededor de 3 a 5 ° C. Con frecuencia, un refrigerador se combina con un pequeño congelador, donde el alimento se mantiene congelado a por debajo de 0 ° C. Esta tecnología se centra solamente en refrigeradores para uso residencial y en su eficiencia energética. No tiene en cuenta los posibles efectos de los GEI causadas por el refrigerante.

La eficiencia energética de los refrigeradores ha mejorado considerablemente en los últimos veinte años, pero sigue constituyendo una medida potencial para la reducción en el consumo de energía eléctrica, sobre todo en los países en desarrollo. Las estrategias exitosas para mejorar la eficiencia energética promedio de los refrigeradores de un país, son normas mínimas de rendimiento energético y etiquetas energéticas obligatorias vinculadas con incentivos financieros para los consumidores.

Técnicamente, hay dos tipos de refrigeradores: de compresión y de absorción. La mayoría de los refrigeradores hoy en día utilizan un compresor que funciona con electricidad obtenida de la red, y un ciclo cerrado de compresión de vapor con un refrigerante (anteriormente amoníaco o clorofluorocarbonos). La temperatura dentro del refrigerador se enfría tanto como el agente refrigerante, que está a alta presión en estado líquido para que sea posteriormente vaporizado, absorbiendo calor del entorno.

Los refrigeradores de absorción son menos comunes. El ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, de absorber otra sustancia, en fase de vapor. Este tipo de refrigeradores usan una fuente de calor, que puede ser GLP, energía solar térmica o un elemento de calentamiento eléctrico, para proporcionar la energía para el sistema de refrigeración. Los refrigeradores de absorción tienen la ventaja de que la mayoría de ellas no dependen de la disponibilidad de electricidad de la red.

### **Reducción de emisiones**

El mayor beneficio de refrigeradores y congeladores energético-eficientes es el incremento de la eficiencia energética, que tiene beneficios medioambientales por la reducción indirecta de gases de efecto invernadero – GEI. Sin embargo, esta reducción depende de la intensidad de CO<sub>2</sub> relacionada con la composición de la matriz eléctrica.

### **Co-Beneficios**

#### *Económicos y sociales*

La implementación de refrigeradores y congeladores energético-eficientes genera beneficios sociales y económicos al contribuir con la seguridad energética y reducir la demanda futura de electricidad. Además, el uso de estos equipos contribuiría con la disminución de tarifas por uso al usuario a lo largo del ciclo de vida del dispositivo.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – Corto plazo

### **Costos de implementación**

En su mayoría, los refrigeradores eficientes son más caros que los modelos menos eficientes, aunque las diferencias de precios no suelen ser muy grandes. El tiempo de amortización de la inversión inicial debe analizarse teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- el precio de compra de los refrigeradores,
- el modo de financiación de la compra, es decir, en efectivo o mediante crédito y las tasas de descuento asociadas,
- el consumo de energía del modelo eficiente y estándar, teniendo en cuenta la temperatura ambiente,
- las tarifas eléctricas,
- la vida útil del refrigerador, que puede variar de 10 a más de 20 años.

## AHORRO DE ENERGÍA EN EDIFICACIONES

### **Descripción**

El ahorro de energía en edificaciones comprende un grupo de tecnologías y medidas que tienen por objeto reducir el uso de energía eléctrica en las edificaciones. Las opciones consideradas para el ahorro de energía en particular que conducen a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> son las siguientes:

- El uso de las energías renovables para la calefacción, refrigeración y electricidad
- Mejoras en los acabados del edificio, incluyendo los materiales, la ventilación natural y la luz del día

- Mejoras en los servicios del edificio, incluyendo la calefacción, la ventilación mecánica y el aire acondicionado

En general, el uso de energía en un edificio depende de:

- el propósito del edificio
- el diseño de acabados y materiales
- la calefacción, refrigeración, ventilación y sistemas de iluminación
- el tiempo diario de uso del edificio (Por ejemplo mañana, tarde, noche)
- densidad de ocupación
- topografía del lugar
- factores externos como el clima y el comportamiento de los ocupantes, por ejemplo, en apagar las luces que no se estén usando.

### **Reducción de emisiones**

Un enfoque alternativo ha sido adoptado por la Alianza Mundial por la Energía Descentralizada (WADE), que promueve un enfoque de “Calefacción, Refrigeración, Construcción y Energía (BCHP, por sus siglas en inglés), en el que se promueve la combinación de unidades de calor y energía a través de las redes eléctricas.

Según la Alianza Mundial por la Energía Descentralizada (WADE) y el Climate Group (2005), el enfoque BCHP en apartamentos, hoteles, escuelas, hospitales, etc, solo, en un escenario optimista, podría reducir las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en Canadá en un 16% en 2020. En los Estados Unidos, el potencial de mitigación de CO<sub>2</sub> es del desplazamiento del 20% de la tendencia de las emisiones futuras. Una casa promedio, podría reducir su demanda energética por un factor de 10, con la consiguiente reducción del 90% en las emisiones de GEI asociadas a la misma.

En los países en desarrollo no existen aún muchos esfuerzos en este ámbito. Sin embargo, se estima que alrededor del 11% de crecimiento en las emisiones de CO<sub>2</sub> podrían ser desplazadas por la implementación de “Calefacción, Refrigeración, Construcción y Energía (BCHP). Los beneficios en la reducción de la demanda de energía en términos de electricidad de un país en desarrollo son altos ya que el suministro de energía es limitada.

### **Co-Beneficios**

El ahorro de energía en edificaciones tiene varias ventajas, por ejemplo la disminución de costos por consumo que aumenta a su vez la calidad de vida y de trabajo, y reducción del impacto sobre el medio ambiente, incluyendo la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Hay otros efectos relacionados a mejoras en la salud y la baja contaminación del aire interior por la implementación de construcción sostenible, que serán abordadas en el sector residencial.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

Los costos relacionados con la eficiencia energética en edificaciones, son sólo ligeramente más altos que en las edificaciones normales, pero con ellos se obtienen grandes ahorros en los costos o facturas de energía. En términos de costos de suministro de energía, se ha demostrado por modelación de económica que el enfoque BCHP no sólo permite un ahorro a nivel nacional, sino que también evita costos por nuevas plantas de eléctricas.

La financiación de proyectos en países en vías de desarrollo a través de la REEEP, el FMAM, GVEP son bien conocidos. PNUMA también financia actividades de creación de capacidad y la transferencia de tecnologías, así como diseño de la investigación y las políticas. En general, el programa EuropeAid tiene fondos para proyectos en el ámbito de la energía.

## ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA: BATERÍAS

### **Descripción**

Las baterías son medios de almacenamiento en el que las reacciones electroquímicas reversibles permiten el almacenamiento de la energía eléctrica como potencial químico y la liberación de energía que se demande. Una batería consiste en dos o más celdas electroquímicas que por reacciones químicas, crean un flujo de electrones o en otras palabras una corriente eléctrica.

Esta tecnología de baterías es ideal para regular la distribución de energía eléctrica proveniente de fuentes de energía renovables intermitentes, como es el caso de la energía eólica y solar. En otras palabras, la tecnología puede almacenar energía cuando la demanda es baja y la producción es alta, y liberar esta energía cuando la producción es baja y la demanda alta. Las baterías de flujo pueden almacenar grandes cantidades de energía, por lo que son adecuadas para este tipo de aplicaciones a gran escala.

### **Reducción de emisiones**

No se han investigado a fondo las reducciones indirectas de GEI. Sin embargo, esta tecnología promueve el uso de energías renovables y el uso eficiente de las plantas de energía eléctrica. Constituyen una buena opción cuando los sistemas requieren inversión en infraestructura por recurrentes retrasos de transmisión, al ser utilizados como reguladores de flujos eléctricos.

### **Co-Beneficios**

Los beneficios asociados del almacenamiento de energía en baterías electroquímicas son:

- a) Apoyo a la implantación y despliegue de tecnologías de energía renovable.

Esta tecnología apoya el funcionamiento de fuentes de energía renovables intermitentes, como es el caso de la energía eólica y solar. En otras palabras, la tecnología puede almacenar energía cuando la demanda es baja y la producción es alta, y liberar esta energía cuando la producción es baja y la demanda alta. Las baterías de flujo pueden almacenar grandes cantidades de energía, por lo que son adecuadas para este tipo de aplicaciones a gran escala. Por lo tanto, esta tecnología es compatible con la protección del medio ambiente debido a la mayor utilización de energías renovables.

- b) Nivelación de cargas

Las baterías tienen la capacidad de nivelar de carga. Plantas eléctricas son más eficientes cuando generan electricidad de forma continua. Esta tecnología de batería podría asegurar la continuidad y en casos específicos, acumular energía para periodos de bajo consumo en los que sólo sería necesario el uso de baterías y no de la planta como tal.

- c) Optimización de procesos de transmisión

Cuando la demanda creciente de electricidad se acerca a la capacidad de un sistema de transmisión, los proveedores de transmisión deben agregar nuevas líneas y transformadores. Dado que la carga crece poco a poco, las nuevas instalaciones son más grandes de lo necesario en el momento de su instalación, y existe una subutilización de los activos de transporte durante los primeros años de operación. Para evitar la compra de una nueva línea y/o transformador, una compañía de cables en lugar podría instalar una planta de almacenamiento de energía de baterías cerca del centro de carga y descarga de la planta de almacenamiento de energía, para cargar los activos de transmisión existentes.

- d) Confiabilidad y calidad de la energía

Las baterías se adaptan a una gran variedad de condiciones, lo que aumenta la confiabilidad y la calidad del servicio de energía eléctrica, evitando perturbaciones en la alimentación de la energía y por lo tanto interrupciones en el servicio. Esto es de vital importancia para clientes de gran magnitud como empresas, industrias, colegios, etc.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Largo plazo, Gran escala – Corto plazo, Pequeña escala - Largo plazo, Pequeña escala - Corto plazo

#### **Costos de implementación**

Los costos de implementación de esta tecnología dependen de la capacidad requerida, tanto en términos de potencia como de tiempos de descarga requerida.

### ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA: CONDENSADORES

#### **Descripción**

Los condensadores electroquímicos son conocidos por una gran variedad de nombres, tales como supercondensadores, supercondensadores, pseudocondensadores, condensadores de doble capa electroquímica o ultracondensadores. Todos estos términos describen un condensador electroquímico con densidad de energía relativamente alta, típicamente del orden de miles de veces mayor que un condensador electrolítico. Los condensadores electroquímicos consisten en dos electrodos, un separador, un electrolito, dos colectores de corriente y el embalaje. Dentro del condensador electroquímico, la carga eléctrica se almacena electrostáticamente, no químicamente como en el caso de las baterías.

#### **Reducción de emisiones**

El uso de condensadores para la reducción de GEI es un tema que necesita más investigación. Sin embargo, las emisiones asociadas provienen del incremento en la calidad de la energía y del almacenamiento de energía. Este último siempre representará un beneficio para las comunidades, al disminuir la demanda energética futura promoviendo el uso eficiente de la energía.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – Largo plazo

#### **Costos de implementación**

Según un estudio realizado por Schoenung y Hasselzahn en el 2003, se demostró que los condensadores electroquímicos son rentables en tiempos de descarga muy cortos. Sin embargo, debido a las características de los condensadores, esta condición cambia rápidamente cuando se requieren tiempos de descarga mayores.

### ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA: AIRE COMPRIMIDO

#### **Descripción**

El concepto tecnológico de almacenamiento de energía por aire comprimido (CAES por sus siglas en inglés) tiene más de 40 años. El almacenamiento de energía por aire comprimido se investigó seriamente en la década de 1970 como un medio para proveer carga constantemente y satisfacer las demandas pico, manteniendo constante el factor de capacidad en la industria de la energía nuclear.

Una planta de almacenamiento de energía por aire comprimido aprovecha los tiempos de exceso de electricidad en la red (por ejemplo debido a la entrega de potencia alta en momentos en los que la demanda es baja), para comprimir y almacenar el aire en una cavidad subterránea. De este modo, cuando la demanda aumenta, el aire almacenado se libera y la energía producida por su liberación se recupera.

Dado que el costo de la electricidad está dado por su demanda, es decir, en tiempos de baja demanda los costos son menores que cuando existe alta demanda y teniendo en cuenta que, la liberación del aire almacenado genera energía eléctrica, esta tecnología no sólo proporciona beneficios para el medio ambiente, al asegurar un flujo constante de energía y almacenamiento seguro de energía, sino también beneficios socio-económicos.

### **Reducción de emisiones**

Constituye una tecnología ideal para el manejo de picos en la demanda de energía eléctrica que contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otras emisiones, al disminuir el consumo de recursos naturales para la producción de energía.

### **Co-Beneficios**

La comisión de Servicios públicos de California (CPUC por sus siglas en inglés) llevó a cabo un estudio sobre esta tecnología en el 2010. Este señala que los beneficios económicos se producen principalmente por disminución en las tarifas de consumo de energía por parte de los usuarios finales, además de reducir los costos de almacenamiento de energía en el futuro cuando la demanda aumente por el consecuente crecimiento poblacional.

Los gastos de almacenamiento de energía del sistema cuando el coste de la energía es baja y se descarga cuando el costo de la energía es alto. Por lo tanto, la instalación es capaz de proporcionar beneficios económicos a su propietario.

Aunque el mercado de almacenamiento de energía aún se considera un mercado emergente, se espera que se posicione, especialmente por la aplicación creciente de tecnologías de energía renovable intermitentes, generando empleo y otras oportunidades de crecimiento económico como por ejemplo puestos de trabajo para la fabricación e instalación de los equipos y redes necesarias. Además, a través de la estabilización y aumento de la confiabilidad de las redes actuales o futuras de energía, es de esperarse que esta tecnología apoye el bienestar social y económico.

Esta tecnología además se puede utilizar para apoyar las operaciones normales de las redes existentes, y por lo tanto proporcionar soporte operativo de la siguiente manera:

- Servicios de regulación de frecuencia
- Reservas para contingencias
- Apoyo para requerimientos de voltaje
- Arranques sin necesidad de energía en la red

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Largo plazo

### **Costos de implementación**

Una planta de almacenamiento de energía por aire comprimido es la única tecnología que puede proporcionar almacenamiento significativo de energía (miles de MWhs) a un costo relativamente bajo (aproximadamente 400 a 500USD/kW). La planta cuenta con una flexibilidad casi ilimitada administrar cargas a nivel local o regional.

La curva de costos de esta tecnología no es constante, ya que deben contemplarse los costos operativos por kWh, que en muchos casos incluye el uso de gas natural. A diferencia de otras tecnologías de almacenamiento de energía que dependen únicamente de la capacidad instalada, el costo esta tecnología depende no sólo de la capacidad instalada, sino de la cantidad de energía que pasa a través de almacenamiento (Schwyzer, 2006).

## CONCENTRACIÓN DE ENERGÍA SOLAR PARA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD

### **Descripción**

La concentración de energía solar (CSP) para producir electricidad, se lleva a cabo mediante el calentamiento de un fluido que al ser llevado a su fase de vapor, acciona una turbina convencional de vapor, bien sea para suministro dentro o fuera de las redes existentes de suministro de electricidad, ya que una de sus ventajas es que se puede integrar bien con los equipos convencionales de generación de energía y tecnología avanzada.

Estos sistemas se pueden ubicar en desiertos o en cualquier área con alta radiación solar. El área necesaria para los espejos varía de acuerdo con los resultados requeridos y el tipo de sistema. Se ha calculado por Trieb et al. (2006) que si el 0,5% de los desiertos del mundo se utilizaran para implementar esta tecnología, se lograría suplir todos los requerimientos de electricidad del mundo en 2050.

### **Reducción de emisiones**

Cuando la electricidad generada proviene de la concentración de la energía solar y esta sustituye a la capacidad instalada proveniente de los combustibles fósiles, se lograría una reducción sustancial de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para calcular la cantidad de emisiones GEI reducidas al implementar esta tecnología, deben contemplarse las emisiones de GEI relacionadas con la fabricación y la construcción del sistema y sus componentes, las cuales deben restarse del total reducido. (Las emisiones promedio por fabricación y construcción del sistema se calculan en 0,010 a 0.015 kt / kWh (ENTTRANS, 2008).

Para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI de proyectos de este tipo, se recomienda aplicar la metodología aprobada ACM0002, que ha sido desarrollada para proyectos termo-solares en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto CMNUCC (MDL). Esta metodología permite determinar un punto de referencia para las emisiones de GEI en ausencia del proyecto (business as usual), y así, realizar el cálculo de la reducción de emisiones por debajo de esta línea base.

### **Co-Beneficios**

En términos de beneficios socio-económicos, los proyectos de tecnología de concentración de energía solar para la generación de electricidad, podrían incrementar el acceso a la electricidad en zonas que no estén conectadas a la red. Las oportunidades adicionales pueden surgir de la sombra generada por los espejos, que podrían utilizarse para la horticultura.

Adicionalmente, se calcula que la implementación de proyectos de concentración de energía solar, podría resultar directa o indirectamente en 54.000 puestos de trabajo en todo el mundo para 2025. Brakmann et al. (2005)

El impacto ambiental en cuanto daños causados a la flora y fauna y la degradación de la biodiversidad son bajos. Además, esta tecnología no emite contaminantes y por último, teniendo en cuenta que los desiertos no han sido utilizados para otros fines, el impacto ecológico sería bajo.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Corto Plazo.

### **Costos de implementación**

Existen grandes variaciones en las evaluaciones de los costos de producción de electricidad y costos de inversión inicial de las plantas de concentración de energía solar, que varían según los supuestos y el estado de desarrollo de los diferentes diseños. En la actualidad, este precio está alrededor de € 210/m<sup>2</sup> y se espera que caiga hasta € 110-130/m<sup>2</sup> a largo plazo (ENTTRANS, 2008).

Los costos de generación oscilan entre € 0.10/kWh a menos de € 0.07/kWh para las plantas híbridas que combinen esta tecnología con otras fuentes adicionales. Hay estimaciones contradictorias de los futuros costos y penetración en el mercado, pero los receptores centrales o sistemas solares de torre no están tan bien desarrollados para uso comercial todavía (Brakmann et al., 2005).

## LINTERNAS Y RADIOS SOLARES

### **Descripción**

La linterna solar es una alternativa barata que presta de 4 a 5 horas de servicio de iluminación de alta calidad o 15 horas de servicio de un radio convencional. Las linternas solares proporcionan una mayor calidad de luz que cuando se usan velas o lámparas de queroseno y adicionalmente, pueden ser usadas para iluminar las calles en zonas rurales empleando diodos emisores de luz (LED).

Este tipo de linternas y radios emplean un panel fotovoltaico, para cargar baterías hasta de 12 voltios. En el caso de las linternas, la fuente de luz es un tubo fluorescente compacto, con tiempo promedio de vida útil de cuatro años en funcionamiento normal. Aunque hay muchas lámparas en el mercado, los principios de funcionamiento son los mismos. Estas linternas solares están disponibles comercialmente a través de una serie de empresas, que ofrecen una amplia gama de características y diseños.

### **Reducción de emisiones**

En los países en desarrollo, la linterna solar ofrece un servicio de alumbrado 500 veces mayor que la de una lámpara de queroseno. Adicionalmente, las emisiones debidas a la combustión del queroseno en términos de CO<sub>2</sub> disminuyen. Para un consumo mensual de entre 7 y 12 litros de queroseno, el promedio de disminución es de 320kg de CO<sub>2</sub>/hogar/año (Begg, K., 2003). Esto es relativamente pequeño si se analiza cada hogar, pero cuando se agrupan todos los hogares que constituyen las regiones, puede constituir una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

También contribuye con la prevención de incendios y por consiguiente a las emisiones al aire producto de las mismas.

### **Co-Beneficios**

En los países en desarrollo el uso de linternas solares representa una gran variedad de beneficios sociales, ya que existen muchas zonas que aún no se conectan con las redes existentes. De esta manera, al proveer iluminación en las noches se habilitan una serie de actividades que son limitadas por la oscuridad. Por ejemplo, en países en donde se han desarrollado proyectos de este tipo, se ha demostrado que los niños tienen una vida más activa al tener iluminación nocturna. Por otro lado, el uso del radio involucra a la gente con los procesos políticos de su país.

Otros ejemplos de beneficios son: ahorros que pueden ser utilizados para la educación o la salud, reuniones sociales, clases y actividades nocturnas se vuelven posibles. Se pueden implementar también en clínicas, hospitales y escuelas.

El uso de las linternas solares pueden conducir a un aumento de la producción y el sistema de alimentación y por consiguiente un aumento del empleo y los ingresos. Los trabajos también se crean en la fabricación y suministro del equipo y piezas de repuesto. Adicionalmente, otro de los beneficios a las economías en desarrollo, es la reducción de las importaciones de queroseno.

En los países industrializados, LED solar para aplicaciones industriales sustituirá a la red eléctrica para los sistemas de iluminación menos eficientes y reducirá el consumo de recursos debido a la larga vida de los LEDs.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

Las linternas solares proporcionan disminución de costos durante su vida útil en comparación con una lámpara de queroseno. En promedio, una familia puede gastar US \$ 4.5 al mes en queroseno por lo que el periodo de retorno de la inversión varía de 20 a 25 meses. Estos ahorros serían entregados por cada año de operación, no habría otros gastos corrientes, excepto para el reemplazo de la batería intermitente. Hay cadenas locales de suministro de piezas de recambio, de modo que los empleos se crean con la implementación de esta tecnología.

El costo de una linterna solar varía con las características de diseño, los materiales utilizados, fuente de luz (CFL o LED) y el país de origen y aplicación. Una encuesta informal indica que el costo de las linternas para proporcionar la iluminación del hogar en zonas remotas de países en desarrollo, está alrededor de USD 85-120.

## SISTEMAS EFICIENTES DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

### **Descripción**

Los acondicionadores de aire son los sistemas comúnmente más usados en todo el mundo para enfriar un espacio o habitación específico. Dependiendo del espacio que necesite enfriarse, dependerá el tamaño del aire acondicionado y por lo tanto el amperaje requerido para su funcionamiento.

La demanda de sistemas de aire acondicionado está aumentando rápidamente en países en desarrollo, por lo que los diseños de las edificaciones deben ser mejorados con el fin de reducir las cargas de enfriamiento y aumentar la eficiencia del sistema de acondicionamiento. El aire acondicionado se usa en numerosos sectores, en edificios, industria y transporte. Los sistemas de aire acondicionado se dividen generalmente en dos categorías: acondicionadores de aire locales y centrales. La eficiencia de las tecnologías disponibles hoy en día para los acondicionadores de aire es considerablemente más alta que las de tecnologías ya instaladas, ofreciendo así una reducción indirecta de emisiones de CO<sub>2</sub>.

### **Reducción de emisiones**

Como se mencionó anteriormente, la reducción de las emisiones de GEI se da al aumentar la eficiencia en el consumo de energía por parte de los equipos para acondicionar ambientes, lo que produciría una disminución en el consumo de recursos naturales empleados para la generación de energía eléctrica.

Como es conocido, los acondicionadores de aire necesitan refrigerantes para trabajar. Anteriormente se usaban los fluorocarbonados convencionales que contribuían con la degradación de la capa de ozono, por lo que hoy en día los hidrofluorocarbonados (HFC) se consideran el mejor refrigerante para equipos de aire acondicionado, ya que no deterioran la capa de ozono y además ofrecen el mismo nivel de rendimiento de refrigerantes convencionales. Estas emisiones no CO<sub>2</sub> por enfriamiento y refrigeración contribuyen más del 15% de las emisiones de 8,6 Gt de CO<sub>2</sub> asociadas a los edificios (IPCC 2007).

Por el momento, la mejor manera de reducir el impacto ambiental es reducir el daño a la capa de ozono por el cambio a HFC, y al mismo tiempo reducir el calentamiento global mediante la recuperación de refrigerantes y fabricación de productos más eficientes energéticamente.

Aunque las emisiones debidas a la vida útil de los refrigerantes de estos equipos, expresados como equivalentes de CO<sub>2</sub> por unidad de enfriamiento, se han reducido significativamente en los últimos 30 años, pero todavía se calcula un potencial de mitigación significativo. Por ejemplo, estudios realizados en India y China, estiman que una reducción factible de CO<sub>2</sub> en ambos países puede ser de entre 52Mt y 216Mt, respectivamente, lo que representaría el 38% y el 15% del total de las emisiones potenciales de CO<sub>2</sub> en los próximos 15 años. En los países en desarrollo, donde algunos estándares mínimos de rendimiento se aplican, estas reducciones de CO<sub>2</sub> también pueden ser significativas.

### **Co-Beneficios**

Los sistemas eficientes de aire acondicionado, junto con otras tecnologías, pueden mejorar la calidad del aire local y regional sobre todo en las grandes ciudades, lo que contribuye a mejorar la salud pública (por ejemplo, mayor esperanza de vida, reducción de citas de urgencia en hospitales, reducción de los ataques de asma, menos ausentismo laboral), además de contribuir con la preservación de las estructuras de los edificios y las obras públicas (IPCC 2007).

Adicionalmente, los sistemas de aire acondicionado consumen sustanciales cantidades de energía eléctrica y pueden llegar a aumentar los costos de funcionamiento de un edificio hasta un 50% y en algunos países son los culpables de los picos de demanda energética, dependiendo de las condiciones climáticas (IEA 2008). Actualmente, los acondicionadores de aire con consumo eficiente de energía usan un 30 a 50 por ciento menos de energía para producir la misma cantidad de refrigeración en comparación con los acondicionadores de aire fabricados a mediados de 1970. Independientemente de la edad de un sistema de aire acondicionado, se estima que el ahorro en los costos de energía por enfriamiento, están entre el 20 y 40% cuando se sustituye por un sistema eficiente.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – Largo plazo.

### **Costos de implementación**

Un número de opciones en Estados Unidos para los sectores residenciales tienen una fuerte reducción de costos negativos, como es el caso de compresores avanzados para unidades centrales de aire acondicionado, que resultaron tener un costo de reducción de USD -95 / t de CO<sub>2</sub> ahorrada y de los ciclos de Cromer para climas húmedos para los cuales se calculó un costo de abatimiento de USD -80 / t CO<sub>2</sub> ahorrada (Sachs 2004).

Para el sector de los servicios, una unidad avanzada de acondicionamiento de aire podría ahorrar más de 4 000 kWh por año a un costo negativo de -72 USD / t CO<sub>2</sub> ahorrada.

## COMBUSTIÓN DE BIOMASA Y COGENERACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y CALEFACCIÓN

### **Descripción**

La combustión es la forma más común de convertir la biomasa (combustibles sólidos) en energía. Mundialmente el 90% de la energía consumida para cocinar y calefacción, es generada a partir de biomasa. La biomasa es una opción interesante para producción de electricidad y calor en algunas partes del mundo donde los residuos procedentes de la agricultura o de la industria de productos forestales son abundantes.

La biomasa en diferentes estados puede usarse para producir energía y el calor en pequeñas instalaciones de generación eléctrica para electrificación rural, en aplicaciones a escala industrial, así como en la generación de electricidad mayor escala y en las plantas de calefacción urbana. Varias combinaciones de materia prima y de tecnologías de conversión están disponibles para producir energía o calor y energía combinados (CHP) a partir de la biomasa. Dos opciones tecnológicamente desarrolladas y atractivas en términos de costos son:

- a) Quema de biomasa en unidades independientes
- b) Cogeneración (Combustión biomasa/fósiles) en las centrales térmicas convencionales.

La combustión de biomasa en unidades independientes se puede hacer utilizando diferentes tipos de material de alimentación, tamaños de las aplicaciones y las rutas de conversión. Por lo anterior se clasifican en:

- i. Unidades alimentadas de biomasa: pueden usar aceites vegetales, como la jatrofa, puede reemplazar el diesel en los generadores diesel para producir electricidad para aplicaciones fuera de la red o redes independientes.

- ii. Centrales eléctricas: El calor producido por la combustión directa de biomasa en una caldera puede utilizarse para generar electricidad a través de una turbina de vapor o motor. La eficiencia eléctrica de ciclo de vapor no es muy alta pero en este momento es la ruta más económica y más fiable para producir energía a partir de biomasa en aplicaciones independientes (IEA Bioenergy, 2009).
- iii. Cogeneración de calor y energía (CHP por sus siglas en inglés): la cogeneración es el proceso de producción de dos formas útiles de energía, normalmente de electricidad y calor, de la misma fuente de combustible. El proceso normalmente utiliza el calor de la combustión de la biomasa para procesos industriales (por ejemplo en industrias de pulpa y papel, ingenios azucareros y fábricas de aceite de palma).
- iv. Plantas de energía a partir de residuos sólidos urbanos (RSU): residuos sólidos urbanos (RSU) constituyen una materia prima muy diversa y por lo general muy contaminada, por lo que para ser usados como biomasa, requieren tecnologías robustas y controles estrictos sobre las emisiones, lo que supone el aumento de los costos de conversión de residuos en instalaciones de energía. Por lo anterior, los RSU siguen siendo un recurso de energía sin explotar a pesar de su gran potencial en la mayoría de los países (IEA Bioenergy, 2009).

### **Cogeneración de biomasa**

Cogeneración de biomasa consiste en complementar la alimentación de plantas de energía que normalmente se alimentan de combustibles fósiles (carbón pulverizado en su mayoría). (IEA Bioenergy, 2009). Las propiedades de los combustibles de biomasa difieren significativamente de las del carbón y también varían considerablemente entre diferentes tipos de biomasa. Dichas propiedades son: contenido de cenizas, contenido de humedad, contenido de cloro, el valor de calentamiento y la densidad. Estas propiedades afectan el diseño, la operación y funcionamiento de los sistemas de combustión combinada por lo que para cada específico deberá hacerse un estudio de factibilidad (IEA Bioenergy, Tarea 32, 2002).

Hay tres tipos de cogeneración de biomasa:

- i. Cogeneración directa: La biomasa se quema directamente en el horno de carbón existente.
- ii. Cogeneración indirecta: La biomasa es gasificada y el gas resultante de este proceso es inyectado posteriormente en el horno de carbón
- iii. Cogeneración paralela: La biomasa se quema en calderas separadas, con "la utilización del vapor producido dentro de los circuitos principales de energía de la estación de carbón" (IEA Bioenergy, 2009).

La cogeneración indirecta y la paralela son opciones diseñadas para evitar la contaminación por la biomasa, sin embargo, se ha comprobado que los costos de implementación son mucho más altos que la co-combustión directa por requerir de infraestructura adicional.

### **Reducción de emisiones**

Esta tecnología puede llevar a la reducción significativa de emisiones de GEI y de contaminantes atmosféricos locales producidos por la de generación de energía (En industrias de la energía), contribuir a la seguridad energética y empleos generales y los ingresos en las zonas rurales.

También pueden contribuir con la reducción de las emisiones de GEI del sector eléctrico, ya que muchos de los residuos agrícolas y forestales podrían declararse como carbono neutrales, lo que conduciría a una reducción significativa de emisiones de GEI atribuibles. Además, esta tecnología conllevaría a la reducción de emisiones de precursores tales como: NOX y SOX en comparación con la combustión del carbón.

La consideración más importante al destinar residuos de biomasa para uso energético, es no exceder las necesidades biológicas del suelo (parte de los residuos se debe dejar en el campo y en el suelo para devolver los nutrientes vitales del mismo).

### **Co-Beneficios**

#### *Oportunidades de desarrollo social*

- Aumento de los ingresos y el empleo en los sectores agrícola y forestal, que actualmente suministran parte de la materia prima utilizada en la producción de electricidad y calor (residuos agrícolas y forestales)
- Creación de empleo en el sector industrial para el diseño, construcción y operación de las plantas.
- Aumento de la inclusión en el sistema económico: los sindicatos de agricultores bien organizados podrían acceder a los mercados de la energía.

#### *Desarrollo económico*

- Aumento de la seguridad energética y el ahorro de divisas mediante la reducción de la dependencia de las materias primas fósiles importadas, como el carbón.
- Desviar parte de los gastos actuales de los combustibles fósiles importados al desarrollo de los agricultores que suministran la biomasa;
- Diversificación del sector industrial;
- Apoyo a la electrificación rural con todos los beneficios del desarrollo.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – corto plazo.,Pequeña escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

Para las unidades de combustión a pequeña escala que utilicen aceite vegetal como combustible, el costo principal será el del material de combustión. Así entonces, el atractivo de estas instalaciones dependerá en gran medida de los precios relativos de diesel y aceite vegetal.

Para instalaciones a escala industrial, el costo de inversión es de aproximadamente 3.500 euros / kWe para una planta de 5 MW, pero se reduce a alrededor de 2.000 Euros / kWe para una planta de 25 MWe.

## TORRES DE ENERGÍA DE TIRO DESCENDENTE

### **Descripción**

Las torres de energía de tiro descendente, son torres huecas verticales, construidas en las regiones secas o en los desiertos, que tienen una altura de 400 metros o más. El agua de fuentes hídricas cercanas se bombea a la parte superior de la torre y se esparce en él para enfriar el aire. Esto crea un flujo de aire frío, que se transfiere a unas turbinas de viento para la generación de energía. La tecnología aún está en una fase de investigación y desarrollo con la participación de institutos de investigación de Israel y la India. La viabilidad de las torres de energía se ve afectada por los costos de capital relativamente altos, la exigencia de una región desértica con un recurso hídrico grande cerca y la distancia, por lo general grande, a los usuarios finales de energía eléctrica. El sistema puede funcionar día y noche, aunque la energía producida puede ser reducida en la noche debido a los cambios en la temperatura del aire ambiente y humedad.

### **Reducción de emisiones**

Para el cálculo de la reducción de emisiones de GEI de esta tecnología, se recomienda aplicar la metodología aprobada ACM0002, que ha sido desarrollada para proyectos de energía renovable de generación eléctrica bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto CMNUCC (MDL). Esta metodología permite determinar un punto de referencia para las emisiones de GEI en la ausencia del proyecto (business-as-usual) y la reducción de emisiones por debajo de esta línea de base.

Sin embargo, en términos del ciclo de vida completo de la tecnología, el balance de gases de efecto invernadero no es claro.

### **Co-Beneficios**

Estas torres de energía podría contribuir a la protección socio-económica y ambiental de las siguientes maneras. En primer lugar, la tecnología podría asegurar la oferta energética. En segundo lugar, el uso de agua de drenaje salobre empleada en la torre puede ayudar a eliminar la salinidad, lo que podría ayudar a proteger los proyectos de riego. En los climas secos del desierto, el agua salobre disponible se puede rociar el interior de las torres de energía. El método preferido para este proceso es de ósmosis inversa. La capacidad de desalinización se puede instalar gradualmente en pequeños módulos sin necesidad de una gran inversión inicial. Por último, la producción de electricidad a través de torres de energía reduce la dependencia de las importaciones de combustibles fósiles y la vulnerabilidad a las fluctuaciones de los precios del combustible. También reduce la necesidad de mantener grandes reservas de combustibles fósiles estratégicas para alimentar plantas de energía eléctricas.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – Largo plazo.

### **Costos de implementación**

Se requiere de una importante inversión para esta tecnología, incluso para la planificación de una unidad de demostración, el cual requiere una inversión estimada de USD 20 millones. El tamaño de una unidad de demostración determina su costo y si puede ser operada como una unidad semi-comercial.

La inversión estimada para la construcción de una unidad de demostración con una capacidad de 50 MW sería de alrededor de USD 135 millones. Otros gastos accesorios ocasionados, se estiman en varias decenas de millones de dólares, dependiendo de las condiciones del sitio. Dicha unidad podría ser capaz de recuperar la inversión inicial, aunque esto depende, entre otras cosas, de los precios de la electricidad en el lugar elegido. El costo de construcción de una unidad comercial de tamaño completo con una producción promedio neta de alrededor de 370 MW se estimó en US \$ 850 millones (Altman et al., 2005). Una mejor estimación de los costos se obtendrá de un estudio de factibilidad para una ubicación específica.

## PILAS DE COMBUSTIBLE PARA APLICACIONES MÓVILES

### **Descripción**

Las pilas de combustible se utilizan para producir electricidad y son consideradas como una de las tecnologías más prometedoras para reemplazar los motores de combustión convencionales en vehículos. Las pilas de combustible pueden reemplazar las baterías en equipos electrónicos portátiles; entre los tipos de celdas combustibles más ampliamente utilizados para dispositivos móviles se encuentran las células de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC, de su sigla en inglés), éstas se utilizan a menudo en vehículos y utilizan hidrógeno o ciertos alcoholes, como el metanol, como fuente de combustible. A su vez las pilas de combustible de metanol directo suelen ser usadas en aplicaciones portátiles.

Las pilas de combustible se utilizan para producir electricidad y son consideradas como las tecnologías más avanzadas y eficientes energéticamente, en comparación con los motores de combustión que queman el combustible. Las pilas de combustible funcionan según el principio de las reacciones electroquímicas y por lo tanto funcionan completamente de forma diferente que los motores de combustión.

En un vehículo con tecnología de combustible de membrana de intercambio de protones (PEMFC), una corriente eléctrica sustituye la combustión tradicional del motor, de modo que las células de combustible generan la electricidad necesaria. En aplicaciones portátiles, como ordenadores portátiles, las pilas de combustible de metanol directo (DMFC, de su sigla en inglés) proporcionan la electricidad necesaria y evitan la necesidad de conectar el aparato a una red eléctrica para la recarga.

### **Reducción de emisiones**

El principal inconveniente para el uso generalizado de las pilas de combustible son los altos costos de la tecnología. Sin embargo, varios fabricantes de automóviles han planeado el despliegue de flotas de vehículos PEMFC. Adicionalmente, debido al auge generado por vehículos eléctricos e híbridos en los últimos años, es posible que algunos de los planes PEMFC anunciados por los fabricantes de automóviles sean pospuestos. Por su parte el despliegue de DMFC ha crecido lentamente, el número de unidades instaladas ha aumentado en los últimos años.

### **Co-Beneficios**

Los sistemas de células de combustible PEM son más eficientes que los motores de combustión interna. Una ventaja importante del uso de las células de combustible PEM en aplicaciones de transporte es el hecho de que los vehículos impulsados por pilas de combustible no emiten ningún contaminante de aire, como el NOx, CO u otras partículas. De esta forma, la calidad del aire local mejoraría, especialmente en las ciudades, adicionalmente el sistema PEMFC no emite ruido significativo durante el funcionamiento. En términos de aplicaciones portátiles, el sistema DMFC podría convertirse en una alternativa para las baterías de litio o las baterías alcalinas. El metanol es un alcohol simple que puede ser producido por procesos simples, sin embargo, debe ser manejado con cuidado, ya que es altamente tóxico.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – largo plazo

### **Costos de implementación**

Los costos de inversión por kW para los sistemas PEMFC y DMFC son más altos que para otros tipos de pilas de combustible. Una de las razones es que los materiales empleados en dichos sistemas, tales como el platino y el rutenio, tienen costos muy elevados. Por otra parte, las aplicaciones de transporte y artículos portátiles requieren sistemas pequeños, por lo tanto, los sistemas de pilas de combustible tienen que ser miniaturizados, de modo que se incurra en mayores costos para los tubos, compresores, controladores, etc, empleados para conectar el sistema con el suministro de combustible y los tubos de gas de escape (Schoots et al. 2010).

El costo de los sistemas de pilas de combustible se debe reducir aún más antes de que las celdas de combustible se vuelvan competitivas con tecnologías convencionales. Un motor de combustión interna de automóviles cuesta alrededor de \$ 25 - \$ 35/kW. Por lo tanto, un sistema de pila de combustible no puede costar más de \$ 30/kW para ser competitivo (US DOE, 2008).

## PILAS DE COMBUSTIBLE PARA APLICACIONES ESTACIONARIAS

### **Descripción**

Las pilas de combustible hacen posible convertir de manera eficiente la energía almacenada en varias clases de gases (hidrógeno y metano) en electricidad. Hoy en día, existen diferentes tipos de pilas de combustible disponibles en el mercado, aunque ninguno de estos es plenamente comercial aun. Las pilas de combustible se pueden utilizar en aplicaciones estacionarias para generar energía eléctrica y calor. Las pilas de Combustible de Ácido fosfórico (PAFC\*), pilas de combustible alcalinas (AFC\*), células de combustible de óxido sólido (SOFC\*) y pilas de combustible de carbonato fundido (MCFC\*) son los tipos más comunes de pilas de combustible empleadas para aplicaciones estacionarias.

Los dos componentes principales de un sistema de energía de células de combustible son las pilas de combustible, que están ordenados en pilas, y en el denominado “equilibrio de planta”, que se compone de tubos, bombas, compresores y sistemas electrónicos para apoyar el sistema y suministrarle el combustible necesario en condiciones operativas adecuadas (Rivera et al., 2010).

Las pilas de combustible pueden ser utilizadas en aplicaciones estacionarias para generar electricidad, por ejemplo, generación distribuida o energía auxiliar. Algunas pilas de combustible pueden generar electricidad y calor, que pueden ser utilizados como sistemas de cogeneración en edificios residenciales, hospitales, piscinas y otros edificios.

\*PAFC, AFC, SOFC, MCFC, de sus siglas en ingles

### **Reducción de emisiones**

Mundialmente las tecnologías PAFC, MCFC y SOFC representan más del 75% de la capacidad instalada de los sistemas de pilas de combustible estacionarias (Adamson, K., 2008) y aún se encuentran en fase de comercialización temprana. El sistema AFC esta en desarrollo con algunos prototipos disponibles en el mercado. La Agencia Internacional de Energía (IEA) inició un acuerdo de implementación de pilas de combustible en 1990, en la que 19 países están participando actualmente: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, Japón, Corea, México, Países Bajos, Noruega, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido y EE.UU. Este acuerdo de ejecución se dirige a las siguientes actividades de comercialización (M. Williams, 2009):

- Realizar la evaluación y el seguimiento del mercado,
- Identificar y reducir las barreras de implementación,
- Desarrollar sistemas de pilas técnicos y económicamente viables,
- Estimular herramientas y conocimiento de balance de planta,
- Aumentar el valor de los programas de demostración mediante la evaluación de los datos de prueba,
- Contribuir a los estudios de factibilidad de la implementación de las tecnologías de celdas

### **Co-Beneficios**

Los sistemas de células de combustible son más eficientes que los motores de combustión utilizados para generar electricidad. Un sistema de pila de combustible con cogeneración puede alcanzar más de 60% de eficiencia.

De la misma forma, una celda de combustible de hidrógeno no genera emisiones de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, en términos generales la emisión de gases de efecto invernadero del sistema dependerá de la intensidad de las emisiones por la producción de hidrógeno. Aun cuando las pilas de combustible que funcionan con gas natural producen CO<sub>2</sub>, las emisiones son inferiores comparadas a las generadas por los motores de combustión y esto se debe a la mayor eficiencia de las pilas de combustible. Adicionalmente, las pilas de combustible producen menos ruido que un motor convencional durante el funcionamiento.

**Escala y tiempo de implementación:** Pequeña escala – largo plazo

## TECNOLOGÍAS DE HIDROGENO

### **Descripción**

El hidrógeno es considerado como un combustible importante en el futuro y su potencial uso en transporte, energía eléctrica central y distribuida, energía portátil, producción combinada de calor y electricidad para el desarrollo industrial. La gran cantidad de fuentes de producción de hidrógeno, junto con la variedad de métodos para extraerlo, hace del hidrógeno un combustible muy prometedor. La introducción del hidrógeno puede ser factible tanto en países industrializados como en desarrollo.

El hidrógeno se encuentra en todas partes de la Tierra: en el agua, los combustibles fósiles y de todos los seres vivos. Sin embargo, rara vez existe libre en la naturaleza. En su lugar, tiene que ser extraído de agua o de hidrocarburos. Hoy en día, casi la mitad del hidrógeno producido en el mundo se obtiene a partir de gas natural a través de un proceso de reformado con vapor.

### **Reducción de emisiones**

Según la Agencia Internacional de Energía (2008), la contribución de hidrógeno en la reducción de las emisiones de GEI en el sector del transporte para el año 2050 puede ser muy importante (se estima en 12,5 Gt de CO<sub>2</sub> si se aplican todas las tecnologías). Para lograr estos ahorros, los gastos para los vehículos de pila de combustible de hidrógeno pueden ser de 3.500 a 4.500 millones de dólares.

Para el cálculo de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero, se recomienda aplicar las metodologías aprobadas para la conmutación de combustibles fósiles y la producción de hidrógeno a partir de metano extraído del proyecto de biogás (actividades de gran escala) que ha sido desarrollado en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto.

### **Co-beneficios**

En cuanto a la estructura de la economía de la energía existente, el hidrógeno podría contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible en diferentes formas:

- *El uso de hidrógeno reduce la contaminación y mejora la calidad del aire:* Cuando el hidrógeno se combina con el oxígeno en una pila de combustible, la energía en forma de electricidad que se produce se puede utilizar en varios sectores económicos. La ventaja de utilizar hidrógeno como portador de energía es que cuando se combina con el oxígeno, los únicos subproductos son agua y calor. No hay producción de gases de efecto invernadero u otras partículas por el uso de las células de combustible de hidrógeno.
- *El hidrógeno puede ser producido localmente a partir de numerosas fuentes:* El hidrógeno puede ser producido de forma centralizada y luego distribuida, o descentralizada para su uso en sitio. El hidrógeno puede ser producido a partir de metano, gasolina, biomasa, carbón, o agua. Cada una de estas fuentes trae consigo diferentes cantidades de contaminación, desafíos técnicos y requisitos de energía, sin embargo puede contribuir con la diversificación de infraestructuras energéticas.
- *Si el hidrógeno se produce a partir de agua, el sistema de producción sería sostenible:* La electrólisis como fuente de electricidad, no tiene las restricciones geográficas que otras formas alternativas de producción de energía si tienen. También permite emplazamiento flexible y remoto de generadores de hidrógeno, proporcionando la generación distribuida de este vector energético, sin necesidad de transporte físico y almacenamiento a gran escala.

La energía renovable puede ser utilizado por electrolizadores de energía que proporcionarían un sistema sostenible independiente de los productos del petróleo y libre de contaminación.

Escala y tiempo de implementación: Gran escala – corto plazo, Pequeña escala – corto plazo.

#### **Costos de implementación**

Los costos de las tecnologías del hidrógeno derivan principalmente de los procesos necesarios para producir, distribuir y dispensar el hidrógeno. Actualmente, la mayoría del hidrógeno se produce con gas natural y donde es requerido para fines industriales.

Los principales factores que afectan el costo del suministro de hidrógeno son los siguientes:

- El material de alimentación y/o la fuente de energía importante con la que se produce el hidrógeno,
- El tamaño de la instalación en la que se produce el hidrógeno y los requisitos de transporte para entregarlo al cliente,
- El estado de la tecnología utilizada y mejoras en el futuro, y
- Si se genera o no un secuestro de CO<sub>2</sub>, cuando se produce hidrógeno a partir de combustibles fósiles.

Fuente: <http://climatetechwiki.org/technology-options> Resumen y traducción, este estudio.

#### *2.1.7 Sector Industrial: Cemento, vidrio y cerámica*

CUADRO 12: CUADRO DESCRIPTOR DE LAS TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN DISPONIBLES PARA EL SECTOR INDUSTRIAL: CEMENTO, VIDRIO Y CERÁMICA.

#### HORNOS DE CEMENTO CON OXICOMBUSTIÓN Y CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO (CAC)

##### **Descripción**

El cemento es un producto global, manufacturado en miles de plantas. La industria se está consolidando a nivel mundial, pero las grandes empresas internacionales representan sólo el 30% del mercado mundial. El principal mercado y más visible para el cemento es la industria de la construcción en una multitud de aplicaciones en las que se combina con agua para hacer hormigón. Las industrias manufactureras en general aportan un tercio del consumo mundial de energía. La cantidad directa de energía industrial y los procesos industriales representan 6.7 gigatoneladas (Gt) de las emisiones de CO<sub>2</sub>, alrededor del 25% del total de las emisiones en todo el mundo, de las cuales el 30% proviene de la industria del hierro y el acero, el 27% de los minerales no metálicos (principalmente cemento) y el 16% de la industria química y petroquímica de producción (IEA, 2008). La producción de cemento implica el calentamiento, calcinación y sinterización de materiales mezclados y molidos para formar clinker. Como resultado, la fabricación de cemento es la tercera causa más importante de las emisiones antropógenas de CO<sub>2</sub> debido a la producción de cal, el ingrediente clave en el cemento. Por lo tanto, el ahorro de energía durante la producción de cemento podría llevar a disminuir el impacto ambiental de dicho proceso industrial.

Las mayores oportunidades para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden alcanzarse mediante la mejora del proceso de fabricación de cemento. En la industria del cemento, el piroprocesamiento (procesamiento de la materia prima para convertirla en cemento a altas temperaturas - por encima de 800°C-) es un procedimiento tecnológico muy común, que representa el 74% del consumo de energía del cemento mundial / industrias del concreto. Dado que la eficiencia térmica a través de la utilización de esta tecnología convencional de piroprocesamiento es ligeramente superior a 30% en promedio (Mersmann, 2007), podría haber un margen considerable para aplicar mejoras. La molienda y el fresado representan el 5.8% del consumo de energía en la producción del cemento / hormigón (Choate, 2003). Estas operaciones tienen una eficiencia energética de entre 6 y 25% y también ofrecen una gran oportunidad para el ahorro de energía.

Una posible forma de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> es a través de la captura y almacenamiento de carbono (CAC). La CAC es una combinación de tecnologías diseñadas para evitar la liberación del CO<sub>2</sub> producido a través de procesos de industriales y de generación de energía mediante la inyección de CO<sub>2</sub> en reservorios subterráneos de almacenamiento adecuados. Básicamente, la tecnología de captura separa las emisiones de CO<sub>2</sub> del proceso, después de lo cual el CO<sub>2</sub> comprimido se transporta a un lugar de almacenamiento geológico adecuado y se inyecta. Los lugares de almacenamiento geológico incluyen yacimientos abandonados, formaciones salinas profundas y capas de carbón no explotables.

Hay varias tecnologías que se emplean en la captura, transporte y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>. La mayoría de la investigación y el desarrollo se ha dirigido hacia la mejora de la eficiencia en las tecnologías utilizadas para separar el CO<sub>2</sub> de otros compuestos normalmente emitidos por un proceso industrial. Estas tecnologías se refieren generalmente como "tecnologías de captura". Los procesos de captura se pueden agrupar en tres categorías y la idoneidad de cada método depende del proceso industrial o tipo de planta de energía de que se trate: postcombustión, pre-combustión y oxicomustión.

#### **Reducción de emisiones de GEI**

La CAC podría capturar entre 85-95% del CO<sub>2</sub> producido en una planta (IPCC, 2005), pero las reducciones netas de las emisiones están en el orden del 72 a 90% debido a la energía que cuesta separar el CO<sub>2</sub> y las emisiones anteriores (Viebahn et al., 2007). Según la Agencia Internacional de Energía (2009), la aplicación de CAC sobre la base de 10 a 20 grandes proyectos de hornos cementeros a nivel mundial (promedio de 6.000 toneladas por día), daría lugar a una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> global de máximo 20-35 Mt por año.

#### **Co-beneficios**

El nivel al que la CAC apoya el desarrollo sostenible es un tema ampliamente debatido. Se sostiene, por un lado, que una tecnología que implica la combustión de combustibles fósiles no puede estar asociada con el desarrollo sostenible, debido a la naturaleza finita de tales recursos. Otros argumentos apuntan a que los efectos del uso de combustibles fósiles, más allá de las emisiones de CO<sub>2</sub>, incluyen los impactos ambientales de la minería del carbón (Coninck, 2008).

Un beneficio importante de la mejora de la eficiencia energética en la industria del cemento sería la reducción de los costes energéticos. En términos generales, en la industria del cemento de la UE la facturación energética representa alrededor del 40% de los costos totales de producción, aún cuando las técnicas de producción de cemento de Europa están entre las más eficientes del mundo.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo

#### **Costos de implementación**

Aunque la concentración de CO<sub>2</sub> en los gases de escape hace que la captura del CO<sub>2</sub> en el proceso del cemento sea una propuesta atractiva en comparación con la generación de energía, las economías de escala hacen que sea más caro. Una sola planta termoeléctrica de carbón de 2GW emite aproximadamente la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que toda la industria del cemento Reino Unido (MPA Cement 2009). Según la AIE (2008), los costos de la CAC para los hornos de cemento son de alrededor de 200 USD / t CO<sub>2</sub> y con una tasa de aprendizaje del 5%, necesita llegar a un costo de 75 USD/ tCO<sub>2</sub> para ser comercialmente viable en el mercado.

Más en detalle, algunas estimaciones de costos para el proceso de captura de carbono de una planta de clinker de 2 Mt anuales revelan que hasta el 2030, se requerirían casi 100-300 M€, con costos operativos que van desde los 10 hasta 50 € / tonelada de clinker. A nivel mundial, las tecnologías CAC para los hornos de cemento durante sus fases de demostración (2015-2030) y comercialización (2030-2050), pueden reducir progresivamente los costes de ahorro 150-75 USD/tCO<sub>2</sub>, mientras que la reducción anual de CO<sub>2</sub> puede aumentar desde 0 – 0.25 Gt CO<sub>2</sub> al año en la fase inicial y de 0.4-1.4 Gt CO<sub>2</sub>/año en la fase de despliegue completo de la tecnología. El uso de la CAC en los hornos de cemento podría, sin embargo, aumentar los costos de producción en un 40% a 90%. Para los sistemas de absorción química o física, el costo sería de aproximadamente USD 50 a USD 75 por tonelada de clinker, o USD 75 a 100 USD por tonelada de CO<sub>2</sub> capturado. Este costo incluye un 40% de capital, costos del 30% correspondiente a energía, y el 30% para el transporte y almacenamiento.

La construcción de una red de tuberías conlleva una inversión de capital considerable, por ejemplo, una tubería de de 5 millones de toneladas / año de rendimiento con una longitud de 100 km, tendría un costo de a 0.8-3.1 €/tCO<sub>2</sub>. Los costos de almacenamiento varían entre 0.15 y 22.3 € / t CO<sub>2</sub> - en función del lugar de almacenamiento (ECRA 2007). Diferentes diseños de procesos utilizando oxidación podrían reducir a la mitad el costo, pero éstos se encuentran todavía en una etapa conceptual.

## SUBSTITUCIÓN DEL CLINKER (ESCORIAS, PUZOLANAS NATURALES, PUZOLANAS SINTÉTICAS)

### **Descripción**

La relación clinker/cemento promedio es de aproximadamente 0.81 en el mundo, comprendiendo el resto de yeso y aditivos tales como la escoria de alto horno, las cenizas volantes, y la puzolana natural. Como la producción de clinker es el paso con más alto consumo energético y emisión de CO<sub>2</sub> del proceso de fabricación del cemento, la reducción de la proporción de clinker/cemento (a través del uso de sustitutos de clinker) reduce el uso de energía y las emisiones del proceso. Una manera de lograr este objetivo es mezclar el cemento con mayores proporciones de materias primas alternativas (no clinker) como ceniza volcánica, de alto horno escoria granulada de la producción de hierro, o ceniza volante de la producción del carbón (IEA 2008, Gielen et al. 2008). Algunos enfoques básicos son:

- Escoria de alto horno que se ha enfriado con agua, en lugar de aire
- Cenizas volantes de centrales eléctricas de carbón, incluyendo también cenizas de pirita y yeso fosforado
- Puzolanas: los materiales de puzolana, en general, no requieren pirometalmurgia y, por lo tanto, pueden ahorrar cantidades muy significativas de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Otros materiales que se podrían utilizar en mayor medida como sustitutos de clinker incluyen cenizas volcánicas, piedra caliza molida y vidrio roto.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La fabricación de cemento produce CO<sub>2</sub>, ya que requiere temperaturas muy altas para quemar las materias primas y dar al clinker sus propiedades únicas. El CO<sub>2</sub> se genera a partir de tres fuentes independientes: de-carbonatación de la piedra caliza en el horno (unos 525 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de clinker), la combustión en el horno (unos 335 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento) y el uso de la electricidad (alrededor de 50 kg CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento). Basado en el Análisis de la AIE para cementos adicionados (2008), en total, el potencial de ahorro en este caso asciende a 300 Mt CO<sub>2</sub> a 450 Mt CO<sub>2</sub> para el año 2050. Si se utilizara toda la escoria de alto horno, esto produciría una reducción de CO<sub>2</sub> de aprox. 100 Mt de CO<sub>2</sub>. Si se utilizara el 50% de todas las cenizas volantes que se destinan actualmente a los vertederos, se reducirían aproximadamente 75 Mt de CO<sub>2</sub>.

### **Co-beneficios**

Las emisiones de SO<sub>2</sub> de las plantas de cemento resultan de la combustión de compuestos que contienen azufre en el carbón, el petróleo y coque de petróleo, y de la transformación de la piritita y azufre en las materias primas. Para mitigar estas emisiones, las plantas de cemento normalmente instalan tecnologías de control de contaminación del aire llamados “limpiadores” para atrapar estos contaminantes en los gases de escape. La piedra caliza utilizada para producir el cemento tiene propiedades de “auto-lavado”, que permiten a la industria manejar combustibles con alto contenido de azufre. Mediante el uso de varios productos de sustitución de clínker, tales como cenizas de carbón, se reduce la necesidad de disponer finalmente estos residuos.

En la fabricación de cemento, las ganancias de eficiencia, rentables en el orden de 10% a 20%, ya son posibles utilizando las tecnologías disponibles comercialmente. La intensidad de la energía de la mayoría de los procesos industriales es al menos un 50% más alto que el mínimo teórico determinado por las leyes básicas de la termodinámica. La eficiencia energética tiende a ser menor en las regiones con bajos precios de la energía. Las tecnologías transversales para los sistemas de motor y vapor producirían mejoras de la eficiencia en todas las industrias, con ahorros de energía típicos en el intervalo de 15% a 30%. El período de recuperación puede ser tan corto como dos años, y en el mejor de los casos, el ahorro financiero durante la vida operativa de los sistemas de mejora puede ejecutar tan alto como 30% a 50%. En aquellos procesos en los que la eficiencia está cerca del máximo en la práctica, las innovaciones en materiales y procesos permitirían incluso mayores ganancias (IEA, 2008).

Adicionalmente, la disponibilidad de sustitutos de clínker es suficiente para permitir que la proporción de cemento-clínker sea reducida a 0.7 a nivel mundial, lo que permite en teoría un ahorro de 15 Mtep de energía térmica. Teniendo en cuenta todos estos potenciales, la intensidad global de la producción de cemento podría reducirse en 0.9 GJ / t de cemento, con ahorros significativamente más altos en muchos países y regiones (AIE 2010). Según los cálculos de la AIE (2008), en total, el potencial de ahorro de cementos mezclados asciende a 300 Mt CO<sub>2</sub> - 450 Mt de CO<sub>2</sub> en 2050.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – corto plazo

### **Costos de implementación**

La industria del cemento ha dedicado gran esfuerzo a la introducción de procedimientos innovadores. Considerables recursos se han gastado en los últimos años para investigar tecnologías emergentes, no contaminantes y no controversiales. Por desgracia, muchas de estas tecnologías presentan capacidades bajas (algunas todavía están en fase de desarrollo), son técnicamente sofisticadas, y en la actualidad no son asequibles por muchos países en desarrollo. Se calcula que la inversión adicional necesaria para lograr la reducción de CO<sub>2</sub> como la que se indica en los escenarios de la AIE está en el rango de US \$ 350 millones a US \$ 840 mil millones. Gran parte de la inversión adicional será necesaria en los países en desarrollo.

## **GASIFICADORES DE LICOR NEGRO PARA EL SECTOR DEL PAPEL Y LA PULPA**

### **Descripción**

La forma predominante de la energía de la biomasa disponible en las fábricas de pasta hoy es licor negro, un subproducto rico en lignina de la extracción de la fibra de la madera. El licor negro contiene aproximadamente la mitad de la energía de la madera que entra a un molino de pasta kraft, junto con todos los productos químicos de fabricación de pasta (Na y NaOH) utilizados en el proceso. Las plantas de celulosa utilizan el licor negro como fuente de energía desde 1930. En las fábricas de pasta de hoy, el licor negro se quema en las denominadas calderas de recuperación de Tomlinson para generar vapor y recuperar productos químicos para la fabricación de pasta. El vapor se expande a través de una turbina para producir electricidad que cubre una porción de las necesidades de electricidad de proceso y parte del vapor se extrae de la turbina para proporcionar todas las necesidades de vapor del proceso de molienda (Larson, 2003). Sin embargo, la gasificación del licor negro es una tecnología alternativa que tiene el potencial de ofrecer el doble de la cantidad de energía eléctrica para la planta de celulosa (Råberg, 2007).

### **Reducción de emisiones de GEI**

A julio de 2010, un proyecto MDL en Brasil se registró en torno al mayor uso de licor negro. Sin embargo, este proyecto no utiliza gasificación. El licor negro es un orgánico de la producción de pulpa y papel, y es considerado como una fuente de combustible renovable.

### **Co-beneficios**

Aparte de los beneficios para la eficiencia energética del proceso de pulpa y papel, una característica distintiva e intrínseca de la tecnología son sus emisiones contaminantes relativamente bajas en comparación con un sistema moderno Tomlinson que emplee sofisticados controles de la contaminación. Por unidad de licor negro procesado, el sistema de gasificación aportaría mejoras considerables en las emisiones a la atmósfera, algunas mejoras en la contaminación del agua, y un perfil de emisiones de residuos sólidos similar a la tecnología de Tomlinson. Cuando las emisiones ambientales se consideran en función de cada unidad de electricidad generada, los sistemas de gasificación de licor negro exhiben mejores características medioambientales en todos los ámbitos, comparados con la tecnología de Tomlinson.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – largo plazo

### **Costos de implementación**

Larsson et al. (2003) investigaron las necesidades financieras y los costos den EE.UU. de una amplia aplicación de la tecnología de gasificación del licor negro. Según los resultados obtenidos, la tecnología es una opción económicamente atractiva con respecto a la tecnología actual (status quo) de la caldera de recuperación Tomlinson. La tasa interna de rendimiento de los sistemas de gasificación es más alta que la de esta última. Además, cuando los créditos para la producción de electricidad renovable se incluyen en la tasa interna de retorno del sistema de gasificación, se espera que la tecnología sea aún más atractiva económicamente.

Junto a los beneficios económicos de la propia fábrica, Larsson et al. también calcularon que los beneficios nacionales para Estados Unidos relacionados con la implementación a gran escala de la tecnología serían los siguientes: 1) Rendimientos de pasta más altos, reduciendo los requisitos de celulosa en aproximadamente un 7% por unidad, 2) hasta \$ 6.5 mil millones (dólares constantes de 2002) en el ahorro energético acumulado de más de 25 años, 3) los valores de crédito adicionales potenciales acumulados (más de 25 años) de emisión en el rango de \$ 450 millones para SO<sub>2</sub>, 3,2 mil millones dólares para el NOx y 3,1 millones de dólares para CO<sub>2</sub>, y 4) la preservación del empleo y el crecimiento en la industria de pulpa y papel.

## ESCORIA GRANULADA DE ALTO HORNO EN EL PROCESO DE CEMENTO

### **Descripción**

Una forma de reducir las emisiones asociadas con el consumo de energía y el proceso de producción del cemento consiste en mezclar el cemento con mayores proporciones de materias primas alternativas (no clinker), como ceniza volcánica, escoria granulada de alto horno proveniente de la producción de hierro, o las cenizas volátiles de la generación de energía a partir del carbón. La escoria de alto horno (BFS) es un subproducto no metálico de la fabricación de lingotes de hierro en un alto horno y se compone principalmente de silicatos, aluminosilicatos, y calcio-alúmina-silicatos. La BFS se forma cuando se añaden agentes de escorificación (por ejemplo, mineral de hierro, ceniza de coque y piedra caliza) al mineral de hierro para eliminar las impurezas. En el proceso de reducción de mineral de hierro a hierro, se forma una escoria como un líquido no metálico que flota en la parte superior del hierro fundido. La escoria fundida se separa entonces del metal líquido y es enfriada (Gielen et al., 2008). Si la escoria fundida se enfría y se solidifica por enfriamiento rápido con agua, se produce poca o ninguna cristalización. Este proceso resulta en la formación de fragmentos o gránulos del tamaño de la arena. La estructura física y la gradación de la escoria granulada dependen de la composición química de la escoria, su temperatura en el momento de temple al agua, y el método de producción. Cuando se tritura o muele en partículas de tamaño muy fino, la escoria granulada de alto horno tiene propiedades cementantes, que hacen un reemplazo parcial adecuado para o pueden ser usadas como aditivo al cemento Portland.

### **Reducción de emisiones de GEI**

La fabricación de cemento produce CO<sub>2</sub>, el cual se genera a partir de tres fuentes independientes: de-carbonatación de la piedra caliza en el horno (unos 525 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de clinker), la combustión en el horno (unos 335 kg de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento) y el uso de la electricidad (alrededor de 50 kg CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento). Si se usara el total de escorias granuladas de todo el mundo en el proceso de producción del cemento, el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> sería de 50 Mt a 100 Mt por año. Las escorias se pueden utilizar como un agregado grueso o como un material cementoso suplementario, donde pueden reemplazar hasta el 70% de cemento en una mezcla de hormigón y reducir así las emisiones de dióxido de carbono por tonelada de hormigón hasta en un 60 o 70%. Las escorias granuladas substituyen típicamente el 35% - 65% del cemento portland en el concreto. Por lo tanto, una sustitución de 50% de cada tonelada de cemento portland daría lugar a una reducción de aproximadamente 0.5 toneladas de CO<sub>2</sub>.

### **Co-beneficios**

Un beneficio importante de la mejora de la eficiencia energética en la industria del cemento sería la reducción de los costes energéticos. De acuerdo con ConstructIreland, el consumo de energía por tonelada de cemento Portland producido es igual a 4.000 MJ (1100 KW.hrs). En contraste, la fabricación de cemento con agregados de escoria granulada sólo implica el transporte, secado y molienda de un subproducto industrial, y es una operación de bajo consumo de energía. Además, es una operación de reciclado y elimina la necesidad de la disposición final en vertederos. El consumo de energía por tonelada de cemento con escoria granulada producido es igual a 307 MJ (85 KW.hrs). Así, la energía que se ahorra mediante la sustitución de cemento Portland con cemento con escoria granulada de alto horno es de 3693 MJ (1015 KW.hrs) por tonelada.

Adicionalmente, el uso de cementos de escoria o escoria por lo general mejora la trabajabilidad y disminuye la demanda de agua debido al aumento en el volumen de la pasta causada por la densidad relativa inferior de escoria (Hinczak, 1990). El menor uso de materiales carbonáceos también reduce las emisiones de SO<sub>2</sub>. Otros beneficios "verdes" son que la producción de cemento de escoria no requiere la extracción de materiales vírgenes.

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala - largo plazo

### **Costos de implementación**

Al comparar el estado de las tecnologías más avanzadas en materia de sostenibilidad, adecuación, rendimiento, robustez, rentabilidad, las restricciones de patentes (disponibilidad), y los requisitos de competencia se puede concluir que, al menos en las industrias del cemento, la producción a corto plazo se va a basar en piropcesamiento y molinos. El precio del cemento de escoria granulada varía dentro de los países productores y su precio promedio oscila 4-6 \$ por tonelada de producto final.

## **EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO**

### **Descripción**

Algunas de las tecnologías disponibles para disminuir la intensidad energética del proceso de fabricación del cemento fueron analizadas con anterioridad. Adicionalmente, es posible lograr aumentos de la eficiencia energética de toda la cadena productiva a través de la aplicación de medidas en etapas como la de transporte, en la cual se pueden sustituir los combustibles fósiles normalmente utilizados por biocombustibles u otras alternativas más sostenibles.

Otra forma de reducir las emisiones del proceso productivo consiste en sustituir los combustibles fósiles presentes en el mismo por residuos o biomasa. Los hornos de cemento son muy adecuados para la combustión de residuos debido a su alta temperatura y a que el producto de clinker y la piedra caliza actúan como agentes limpiadores del gas resultante. Los neumáticos usados, la madera, los plásticos, los productos químicos y otros tipos de residuos pueden ser co-procesados en hornos de cemento en grandes cantidades. Algunas plantas en Bélgica, Francia, Alemania, los Países Bajos y Suiza han alcanzado tasas medias de sustitución de 35% a más del 70%. Algunas plantas individuales incluso han logrado una sustitución del 100% usando los materiales de desecho apropiados. Sin embargo, sólo se pueden lograr muy altas tasas de sustitución si existe un sistema de pre-tratamiento de los residuos y de vigilancia del proceso. Los residuos sólidos municipales, por ejemplo, tienen que ser pre-tratados para obtener valores caloríficos homogéneos necesarios para la alimentación del horno.

Como se mencionó anteriormente, otra forma de reducir las emisiones asociadas con el proceso de producción de cemento consiste en mezclar el cemento con mayores proporciones de materias primas alternativas (no clinker). El uso de este tipo de cementos compuestos varía mucho de un país a otro. En el largo plazo, el cemento carece de una alternativa libre de carbono viable, y los escenarios de la AIE implican una fuerte dependencia de la captura y almacenamiento de carbono (CAC) de los hornos de cemento con oxígeno-abastecimiento de combustible (IEA, 2008).

### **Reducción de emisiones de GEI**

Hay tres medidas centrales a través de las cuales la industria del cemento puede ahorrar emisiones directas de CO<sub>2</sub> en el futuro inmediato:

- Mejora de la eficiencia energética (un máximo de 2% sigue siendo posible),
- Reducción de la relación clinker / cemento (introducción de subproductos industriales útiles), y
- Aumento de la utilización de residuos como combustible alternativo

Con base en el Análisis de la AIE para cementos adicionados (2008), en total, el potencial de ahorro en este caso asciende a 300 Mt CO<sub>2</sub> a 450 Mt CO<sub>2</sub> para el año 2050. Los principales métodos para lograr este objetivo consisten en el uso de:

- Escoria de alto horno que ha sido enfriado con agua, en lugar de aire.

- Cenizas volátiles de centrales eléctricas de carbón: si se pudiera utilizar el 50% de todas las cenizas volantes que actualmente se disponen en vertederos, se produciría una reducción de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 75 Mt.
- Escoria de acero: el proceso de Cemstar, que utiliza una carga de 15% de gránulos de escoria de acero en la mezcla de material de alimentación del horno rotatorio, se ha desarrollado y aplicado con éxito en los Estados Unidos, lo que resulta en una reducción de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 0.47 t / t de escoria de acero añadido (Yates et al., 2004).
- Sustitutos de clinker como cenizas volcánicas, piedra caliza molida y vidrio roto: estos enfoques podrían aliviar los problemas de disponibilidad de sustitución de clinker, y posiblemente preparar el camino para una reducción del 50% del consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>. A largo plazo, podrían desarrollarse nuevos tipos de cemento que no utilizan la piedra caliza como recurso primario. Estos nuevos tipos se denominan puzolanas sintéticas. La viabilidad tecnológica, la economía y los efectos energéticos de estos cementos alternativos siguen siendo especulativas. Los cementos de mezcla ofrecen una gran oportunidad para la conservación de la energía y la reducción de emisiones, pero para su uso se requiere en muchos casos la revisión de las normas de construcción, códigos y prácticas.

#### **Co-beneficios**

Ver "Escoria granulada de alto horno en el proceso de cemento"

**Escala y tiempo de implementación:** Gran escala – corto plazo

#### **Costos de implementación**

(Ver otras medidas relacionadas con el cemento)

Como se describió anteriormente, la manera más convencional de producir cemento es en hornos. Aunque en los países desarrollados se trata de un procedimiento normalizado, en el mundo en desarrollo se pueden enfrentar necesidades financieras que no pueden ser fácilmente satisfechas. Los hornos de cemento de alta temperatura son comunes en la mayoría de los países en desarrollo y pueden constituir una alternativa de tratamiento ambientalmente adecuado y sostenible para algunos tipos de residuos.

En 1999, diez compañías cementeras líderes - que representan aproximadamente un tercio de la producción mundial de cemento - se embarcaron voluntariamente en lo que se convirtió en la Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (CSI), un programa dirigido por los miembros del Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD). Su objetivo es encontrar nuevas formas para la industria para reducir su huella ecológica, comprender su potencial de contribución social, y aumentar los grupos de interés.

Fuente: <http://climatetechwiki.org/technology-options> Resumen y traducción, este estudio.

## 2.2 LOS ECOSISTEMAS Y LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Como parte del presente producto, se definió la necesidad de incluir dentro de las tecnologías o medidas disponibles de mitigación del Cambio Climático, aquellas relacionadas con los Ecosistemas.

Para este efecto, a continuación se presentan algunos de los planteamientos que al respecto se hacen en el documento llamado: ¿LA SOLUCIÓN NATURAL? EL PAPEL DE LOS ECOSISTEMAS EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO, elaborado por Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en

el año 2009. En este documento se describe de forma clara y estructurada, la contribución fundamental que los ecosistemas pueden y deben hacer para materializar el esfuerzo de lograr grandes reducciones en las emisiones de GEI.

Posterior a dicha descripción, se incluye a manera de conclusión una descripción de la forma cómo el papel de los ecosistemas está relacionado con las medidas de mitigación descritas para el sector agropecuario y forestal en el numeral 2.1.2.

### **Gestión del carbono en Ecosistemas Naturales:**

Los ecosistemas terrestres naturales constituyen una vasta reserva de más de 2000 Gt C y actúan como un sumidero neto de carbono de alrededor de 1.5 Gt C al año, de la cual, los bosques tropicales representan una gran proporción (Luyssaert *et al.*, 2007; IPCC, 2007b). En estos niveles, el secuestro equivaldría a una reducción en la atmósfera, para 2100, de 40-70 ppm de CO<sub>2</sub>e procedente de emisiones antropogénicas (Canadell & Raupach, 2008).

Además de conservar estos sitios de almacenamiento y sumideros, hay un gran potencial para reducir las futuras emisiones de gases de efecto invernadero mediante la rehabilitación de entornos degradados, por ejemplo, rehumedeciendo las turbas, reforestando las áreas deforestadas y reduciendo las tasas de deforestación y pérdida de turbas.

Si no se adoptan políticas eficaces y medidas para desacelerar la deforestación, es probable que la tala de bosques tropicales libere de 87 a 130 Gt C adicionales para 2100, lo que equivale a las emisiones de carbono de más de una década de quema de combustibles fósiles en el mundo, al ritmo actual (Houghton, 2005b; Gullison *et al.*, 2007). Desde luego, si se eliminara la deforestación, se evitarían estas emisiones. Sin embargo, aun partiendo de suposiciones más conservadoras para la reducción de la deforestación (que las tasas de deforestación observadas en los años noventa decrezcan de manera lineal 50 por ciento de 2010 a 2050, y que se detenga por completo cuando en cada país quede 50 por ciento de áreas originalmente forestadas en 2000), se podría lograr una reducción de emisiones acumulada de 50 Gt C para 2100 (Gullison *et al.*, 2007).

Las turbas son otro ecosistema que ofrece un gran potencial para reducir emisiones en el futuro. Aunque no se trata de un verdadero bioma, las turbas representan un caso especial en la gestión del ciclo del carbono en el mundo. Éstas se relacionan con una serie de ambientes anegados donde la descomposición de la materia vegetal muerta y del carbono en el suelo es sumamente lenta, lo que da como resultado la fosilización de hojarasca y un suelo con contenido de carbono orgánico superior a 30 por ciento. Aunque se pueden encontrar algunos suelos de turba en ecosistemas productivos, como pantanos de papiros, juncales y manglares, suelen considerarse entornos improductivos, donde la vegetación crece con mucha lentitud. Su capacidad de almacenamiento es enorme; se calcula que hay ~550 Gt de carbono almacenadas en suelos de turba en todo el mundo (Sabine *et al.*, 2004), con un promedio mundial de 1450 t C por ha (Parish *et al.*, 2008). Estas áreas están distribuidas por todo el planeta, pero abarcan una proporción diminuta del área de suelo, lo que hace de las turbas uno de las reservas de carbono más efectivas de todos los ecosistemas en lo que a espacio se refiere.

Se estima que 65 millones de hectáreas de los recursos mundiales de turba están degradados, sobre todo a causa de la desecación. Se piensa que la oxidación de la turba de esta área origina alrededor de 0.8

Gt de emisiones de carbono al año, lo que equivale a 20 por ciento del total de emisiones netas de gases de efecto invernadero de 2003, procedentes de las Partes incluidas en el Anexo 1 de la CMNUCC. Los incendios en turbas en el sureste de Asia (principalmente en Indonesia) son causantes de la mitad de esas emisiones originadas en turberas en todo el mundo (Parish *et al.*, 2008).

Las Sabanas y Pastizales que cubren grandes extensiones de África y de América del Sur, también acumulan cantidades considerables de carbono, en especial en su suelo. La presión generada por las actividades humanas sobre estos ecosistemas sigue aumentando, por lo que se calcula que al año se pierde más de uno por ciento de las sabanas en el mundo a causa de los incendios antropogénicos, la cría de ganado y las actividades agrícolas.

### **Gestión del carbono en ecosistemas dominados por el ser humano**

Una alta proporción de los ecosistemas naturales ha sido convertida para su uso por el ser humano, como las tierras agrícolas. Si en el sector agrícola se adoptaran ampliamente prácticas de gestión óptimas, se calcula que se podrían secuestrar de 5.5 a 6 Gt CO

Los sistemas agrícolas de las zonas templadas tienden a ocupar suelos fértiles que antes fueron pastizales o bosques templados. El clareo de tierras para destinarlas a cultivo o pastoreo ha mermado en alto grado la reserva de carbono en la superficie; en muchas ocasiones, las reservas en el suelo también están agotadas debido a que la labranza lo altera al abrirlo a organismos descomponedores, lo que genera condiciones aeróbicas que estimulan la respiración, con lo que se libera dióxido de carbono.

Por otra parte, muchas zonas agrícolas en los trópicos han sufrido un severo agotamiento de sus reservas de carbono en el suelo. Se calcula que algunos suelos en dichas áreas han perdido de 20 a 80 toneladas de carbono por hectárea, en su mayoría liberado a la atmósfera (Lal, 2004a). La erosión, la labranza y la quema o eliminación de los residuos agrícolas y los productos ganaderos reducen los niveles de carbono en el suelo y, con el paso del tiempo, éstos se han degradado, lo que a menudo ha ocasionado el abandono de las tierras.

Las pérdidas de carbono en los sistemas agrícolas se pueden reducir de muchas maneras, por ejemplo, con la labranza para la conservación, la rotación de cultivos, la adopción de sistemas apropiados de cultivo, la gestión integral de nutrientes usando composta y estiércol, el compostaje, la gestión integral de maleza y plagas, y un mejor pastoreo (Lal, 2008). La gestión óptima, es decir, aquella que permite conservar mejor el carbono, al tiempo que sustenta la producción de alimentos, dependerá de las características específicas del sistema agrícola de que se trate. Por consiguiente, lo mejor es aplicar la política de gestión de las tierras a escala local.

2e al año para 2030, cantidad comparable con las emisiones de ese sector. Alrededor de 90% de este potencial podría lograrse mediante la mejora de los sumideros de carbono (Smith *et al.*, 2007a) y aproximadamente 10% mediante la reducción de emisiones. La mayor posibilidad de mitigación radica en la gestión de las tierras de cultivo y de pastoreo, y en la rehabilitación de suelos orgánicos cultivados y tierras degradadas.

Otra opción consiste en aumentar la producción alimentaria en algunas de las tierras agrícolas que ya existen, mediante el uso muy selectivo de fertilizantes y plaguicidas, la llamada "agricultura de precisión", mientras se deja que otras áreas recuperen su vegetación natural.

En lo que respecta a las tierras agrícolas de zonas tropicales, dado que estas poseen una amplia variedad de suelos y climas, la capacidad para el secuestro de carbono puede diferir considerablemente. Una práctica de gestión con alto potencial para el secuestro de carbono en áreas tropicales es la agroforestería.

En los sistemas agroforestales, la producción de alimentos se combina con la plantación de árboles. Gracias a los árboles, estos sistemas almacenan más carbono en forma de biomasa vegetal y tienen un mayor potencial de secuestro que los sistemas agrícolas convencionales (Nair *et al.*, 2009). Se calcula que el almacenamiento de carbono promedio mediante la aplicación de estas prácticas es de alrededor de 10 toneladas por hectárea en regiones semiáridas, 20 toneladas por hectárea en regiones subhúmedas y 50 toneladas por hectárea en regiones húmedas, con tasas de secuestro de los sistemas agroforestales de pequeña escala en torno de 1.5-3.5 toneladas de carbono por hectárea al año (Montagnini & Nair, 2004). Además, los sistemas agroforestales pueden reducir la presión en los bosques naturales y, con ello, tener un efecto positivo indirecto en la acumulación de carbono en estos últimos (Montagnini & Nair, 2004). En algunos sistemas, las interacciones de interferencia entre algunas especies para cultivo y árboles plantados como parte de las medidas agroforestales pueden tener un impacto negativo en el rendimiento del suelo (García-Barrios, 2003). En estas circunstancias, tal vez lo mejor sea una solución intermedia, tratando de acumular cantidades razonables de carbono y no las máximas, al tiempo que se asegura la rentabilidad de los cultivos (Verchot *et al.*, 2005).

### 3. CONCLUSIÓN:

Existe un gran potencial técnico para mitigar el cambio climático mediante la gestión del carbono en ecosistemas naturales y en los dominados por el ser humano. Tal como se deduce de la descripción realizada en este capítulo, estas medidas de mitigación basadas en ecosistemas se pueden resumir en:

- Conservación de sumideros
- Rehabilitación de entornos degradados: rehumedeciendo las turbas, reforestación de las áreas deforestadas, reducción de las tasas de deforestación y de la pérdida de turbas.
- Gestión de tierras de cultivo y pastoreo: con la labranza para la conservación, rotación de cultivos, adopción de sistemas apropiados de cultivo, gestión integral de nutrientes usando composta y estiércol, compostaje, gestión integral de maleza y plagas, pastoreo óptimo, agricultura de precisión, agroforestería.

Las anteriores medidas están descritas en los numerales 2.1.2. del presente informe.

#### 2.3. PROYECTOS DE MITIGACIÓN ACTUALES EN LA REGIÓN

Finalmente, se presentan por sectores, los diferentes proyectos de mitigación que a la fecha que se han adelantado en la región y que hacen parte del Portafolio de proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio del país, el cual es administrado por El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Dirección de Cambio Climático. Esto con el fin de tener un esquema general de las principales tecnologías que se han adoptado

en la región para identificar de la lista de tecnologías descritas en el numeral 2.2., aquellas que resultan más probables en nuestro contexto regional.

Para cada proyecto se presenta el nombre, un breve resumen, promotor, propietario y el estado del proyecto respecto al ciclo de proyectos MDL, en donde se emplean las siguientes abreviaturas: LoA = Aprobación Nacional, CERs = Certificados de Carbono emitidos, NOL = Carta de no objeción por parte del MADS, V = En validación; LoL = Carta de iniciativa.

### **Sector Industrial:**

CUADRO 13: PROYECTOS MDL EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ, SECTOR INDUSTRIAL

NOMBRE DEL PROYECTO	RESUMEN	PROMOTOR	PROPIETARIO	ESTADO DEL PROYECTO	
				NACIONAL	INTER-NAL
Proyecto sombrilla de sustitución de combustibles en Bogotá y Cundinamarca	EL proyecto busca la reducción de GEI a través de la sustitución de combustibles como fuel oil a gas natural en 8 empresas industriales de diferentes actividades económicas, para lo cual se reemplazarán los equipos existentes.	Gas Natural S.A. ESP	Gas Natural S.A. ESP – Eight companies in Cundinamarca	LoA	CERs
Eficiencia energética en Colcerámica S.A.	Implementación de 6 intercambiadores de calor en diferentes procesos e instalaciones de la compañía lo cual disminuirá el consumo actual de gas natural.	Colcerámica S.A.- Centro Nacional de Producción Más Limpia	Colcerámica S.A.	NOL	-
Sustitución de combustible en Ladrilleras Helios y Yomasa	El proyecto consiste en reducir GEI a través de la sustitución de combustible (carbón a cascarilla y gas natural) y de la adopción de tecnologías de producción que permitan lograr eficiencia energética y reducción de combustible por unidad de producto. Se espera reemplazar el uso actual de carbón por gas natural y cascarilla de café para cubrir el requerimiento de ENERGIA del proceso.	Optim Consult S.A.S	Ladrillera helios S:A. Ladrillera Yomasa S.A.	NOL	-

NOMBRE DEL PROYECTO	RESUMEN	PROMOTOR	PROPIETARIO	ESTADO DEL PROYECTO	
Procesadora de Mieles Furatena	Reducir en mínimo un 60% las emisiones generadas en el proceso de producción de panela eliminando el uso de llantas y leña como combustible. El proyecto involucra dos actividades: mejoras en el proceso productivo y una planta procesadora centralizada.	Corpoandina Mieles Furatena - Banco Mundial	Corpoandina Mieles Furatena - Banco Mundial	NOL	V
Cemex Colombia: proyecto de adiciones	Reemplazo de un porcentaje de contenido de Clinker por insumos alternativos de origen natural (caliza y puzolana) u origen industrial (cenizas y escorias de fundición) en la producción de cemento. El proyecto propone una reducción en la proporción Clinker/ cemento que pasaría de 68.5% a aproximadamente 60%	Cemex International	Cemex Colombia S.A.	LoA	V
Sustitución de combustibles en la Ladrillera Santafe	Sustitución de combustibles fósiles (crudo, ACPM y Carbón) en los hornos de ladrillo para gas natural en 3 fábricas de Ladrillera Santafe. (Usme, Arcillas de Soacha y Soacha)	Gas Natural S.A: ESP	Ladrillera Santafe	LoA	V
Piloto Parque Minero Industrial (PMI) de Nemocón	El proyecto consiste en la sustitución de 370 hornos artesanales por 10 hornos ecoeficientes para la obtención de productos cerámicos de óptima calidad. El proyecto tiene un componente social de asociación de empresas ambientalmente limpias, técnicamente viables y económicamente rentables.	Kincentricity	Fundacion Tecnos	NOL	-
Reducción de GEI en la agroindustria campesina panelera	Reducir las emisiones de GEI a través del montaje de 17 plantas de producción de panela con tecnología de vapor, absorbiendo la producción de 380 trapiches de la región.	Gobernación Cundinamarca- Fedepanela	Gobernación Cundinamarca Fedepanela	NOL	-

Fuente: MADS 2012

## Sector Energía

CUADRO 14: PROYECTOS MDL EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ, SECTOR ENERGÍA

NOMBRE DEL PROYECTO	RESUMEN	PROMOTOR	PROPIETARIO	ESTADO DEL PROYECTO	
				NACIONAL	INTER-NAL
Proyecto Hidroeléctrica Santa Ana	Generar a partir del aprovechamiento del salto existente por el transporte de agua potable desde la planta de tratamiento Francisco Wiesner hasta el tanque de almacenamiento de agua potable de Santa Ana, aproximadamente 47 Giga Wattios-hora, que se conectan con el sistema interconectado nacional, siendo esta una energía limpia, que espera en un período de 10 años reducir más de 200 mil toneladas de gas carbónico.	EAAB-CAEMA	Empresa de Acueducto Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.	LoA	CERs
Proyectos Hidroeléctricos sombrilla: Ventana, Suba, Usaquén	Proyecto hidroeléctrico que entregará electricidad a la red nacional a través de tres pequeñas centrales hidráulicas : Ventana, Usaquén y Suba con capacidad de 8.7 MW, 1.7 MW y 2.09 MW respectivamente. Se planea utilizar turbinas tipo Francis	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá S.A. E.S.P.	Empresa de Acueducto Alcantarillado Bogotá S.A. E.S.P.	Lol	-
Rehabilitación de la central hidroeléctrica La Naveta	El proyecto consiste en la rehabilitación de una planta de generación de ENERGIA a filo de agua sobre el Rio Bogotá. La planta fue construida en 1929 y operó hasta 1984, año a partir del cual ha estado en desuso. La central rehabilitada tendrá una capacidad instalada de 4.5MW con una turbina Kaplan y su producción efectiva anual se estima en 32.5 GWh/año.	OPTIM Consult Ltda	CEMEX Colombia S.A	NOL	
Pequeña central hidroeléctrica Rio Negro - Puerto Salgar	El objetivo del proyecto es reiniciar las operaciones de la pequeña central hidroeléctrica en Puerto Salgar - Rio Negro. Su capacidad será de 9.6 MW, conectada a la red.	Empresa de Energía de Cundinamarca S.A. E.S.P.	Empresa de Energía de Cundinamarca S.A. E.S.P.	NOL	

Fuente: MADS 2012

Sector Residuos

CUADRO 15: PROYECTOS MDL EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ, SECTOR RESIDUOS

NOMBRE DEL PROYECTO	RESUMEN	PROMOTOR	PROPIETARIO	ESTADO DEL PROYECTO	
				NACIONAL	INTER-NAL
Biogás del relleno Sanitario Doña Juana	Captura y aprovechamiento del biogás generado en el relleno Sanitario para la producción de electricidad. Año de cierre: 2018. Disposición de residuos: 5.800 toneladas/d	Biogás Doña Juana S.A. E.S.P.	Biogás Doña Juana S.A. E.S.P.	LoA	CERs
Gas de relleno Parque ecológico Praderas del Magdalena	Captura y combustión de biogás en el relleno sanitario Parque Ecológico Praderas del Magdalena de Girardot. Año de clausura: 2021. Disposición de residuos: 150 - 350 ton/d. Área de disposición: 10ha. Capacidad total de disposición: 1.5 millones ton	Optim Consult S.A.S	Ser Ambientales S.A. E.S.P	LoA	-
Planta para el manejo y transformación en abonos orgánicos de residuos sólidos orgánicos seleccionados	Instalación de una planta de compostaje (1200 - 2000 ton/mes) para la transformación de residuos sólidos orgánicos provenientes de plazas de mercado, cadenas de supermercados, agroindustria de transformación, explotaciones agrícolas y ganaderas en abonos orgánicos	Abonos & Medio Ambiente	Abonos & Medio Ambiente	NOL	
Proyecto de Desgasificación del Antiguo Botadero de Residuos Mondoñeno	Captura y combustión de biogás en el botadero de residuos Mondoñeno de Mosquera. Año de clausura: 2005. Disposición total de residuos: 2.4 millones ton (1976-2005). Área total de disposición: 6ha.	Bionersis Colombia S.A. E.S.P	Sabrisky Point S.A. E.S.P.	NOL	En Validación

Fuente: MADS 2012

## Sector Transporte

CUADRO 16: PROYECTOS MDL EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ, SECTOR TRANSPORTE

NOMBRE DEL PROYECTO	RESUMEN	PROMOTOR	PROPIETARIO	ESTADO DEL PROYECTO	
				NACIONAL	INTER-NAL
BRT Bogotá, Colombia: Transmilenio Fase IIIV	Sistema Integrado de Transporte Masivo tipo BRT (Buses de Transporte Rápido) para Bogotá. Demanda: 1.8 millones pasajeros / día. Buses articulados:  1.200, capacidad 160 pas EURO III. Buses alimentadores: 500, capacidad 70- 90 pas EURO II. Troncales exclusivas: 130Km. Combustible: Diesel	Corporación Andina de Fomento  - CAF	Transmilenio S.A.	LoA	CERs
Sustitución de combustibles a Gas Natural Vehicular en los vehículos livianos y semi-pesados en Colombia	Conversión de vehículos livianos y semi-pesados de gasolina a Gas Natural Vehicular Comprimido (GNVC) en la red de talleres autorizados por la empresa Gas Natural Conversión promedio: 5,000veh/año en un periodo de 10 años. (Cundinamarca, Boyacá , Santander).	Ecoenergy Systems LTD/ GAZEL -  Optim Consult LTDA.	Ecoenergy Systems LTD/  Gazel	NOL	-
Introducción de vehículos de baja emisión a la flota comercial de transporte de CEMEX	Conversión de 200 camiones de diesel a Gas Natural (sistema dual) para sustituir el consumo de 1,700gal/mes de diesel por 850gal/mes de diesel y 1,615m3 de GNC. (Cundinamarca, Valle del Cauca, Llanos Orientales).	Optim Consult Ltda.	Cemex Colombia S.A.	NOL	-

Fuente: MADS 2012

## Sector Forestal

CUADRO 17: PROYECTOS MDL EN CUNDINAMARCA Y BOGOTÁ, SECTOR FORESTAL

NOMBRE DEL PROYECTO	RESUMEN	PROMOTOR	PROPIETARIO	ESTADO DEL PROYECTO	
				NACIONAL	INTER-NAL
Corredor Ecológico autopista Bogotá - Villavicencio	El Objetivo del proyecto es unir los ecosistemas que son atravesados por la autopista Bogotá – Villavicencio, mediante proyectos ambientales que promuevan el desarrollo integral de las microcuencas afectadas por la vía, y mejorando las condiciones socioeconómicas de los habitantes del sector. El proyecto se implementará en el área que rodea la vía, estimada en 7.500 ha. (Cundinamarca – Meta)	Coviandes	Coviandes	NOL	.
Restauración de la cubierta forestal en áreas degradadas de la jurisdicción de la CAR	Restauración de la cubierta forestal de 5890 hectáreas degradadas en la jurisdicción CAR, mediante la implementación de modelos forestales.	CAR	CAR	NOL	.

Fuente: MADS 2012

# CONCLUSIONES

Las principales tecnologías y medidas de mitigación disponibles en la literatura para cada sector son:

SECTOR	TECNOLOGÍAS
Sector Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Biodiesel.</i></li> <li>• <i>Bioetanol producido de caña de azúcar o almidones.</i></li> <li>• <i>Biocombustibles a partir de algas.</i></li> <li>• <i>Biorefinería.</i></li> <li>• <i>Sistema de buses de tránsito rápido – SBTR.</i></li> <li>• <i>Gas natural comprimido (GNC) para transporte.</i></li> <li>• <i>Inyección directa para motores de combustión interna.</i></li> <li>• <i>Vehículos eléctricos.</i></li> <li>• <i>Peajes electrónicos.</i></li> <li>• <b>Vehículos híbridos eléctricos.</b></li> <li>• <i>Normas operativas.</i></li> <li>• <i>Transporte masivo.</i></li> <li>• <i>Transporte no motorizado.</i></li> <li>• <i>Gestión de la demanda de vehículos privados.</i></li> <li>• <i>Uso de bicicletas.</i></li> <li>• <i>La localidad transitable - alentando a caminar.</i></li> <li>• <i>Sistemas de gestión de transporte.</i></li> </ul>
Sector Agrícola y forestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Restauración de tierras degradadas.</i></li> <li>• <i>Técnicas de manejo de bosques para la mitigación (REDD +).</i></li> <li>• <i>Gestión de tierras de cultivo.</i></li> <li>• <i>Gestión de tierras de pastoreo.</i></li> <li>• <i>Manejo del ganado.</i></li> <li>• <i>Prácticas de manejo de estiércol.</i></li> </ul>
Sector Residuos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Reciclaje avanzado de papel.</i></li> <li>• <i>Tratamiento biológico aerobio (compostaje).</i></li> <li>• <i>Tratamiento biológico anaerobio (digestión anaerobia).</i></li> <li>• <i>Bioplásticos.</i></li> <li>• <i>Bio-refinerías.</i></li> <li>• <i>Combustión de residuos sólidos municipales para la producción local de energía térmica o electricidad.</i></li> <li>• <i>Gasificación de rsu para generación de electricidad y calor a gran escala.</i></li> <li>• <i>Captura de metano en rellenos sanitarios para producción de electricidad y energía.</i></li> <li>• <i>Reciclaje de vidrio aumentado.</i></li> <li>• <i>Reciclaje de residuos de aparatos de equipos eléctricos y electrónicos (RAEE).</i></li> </ul>

SECTOR	TECNOLOGÍAS
Sector Minería de Carbón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Recuperación y posterior uso del metano de las minas de carbón.</i></li> </ul>
Sector Residencial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Biogás para cocinar y para electricidad.</i></li> <li>• <i>Producción de carbón vegetal para cocinar y para calefacción.</i></li> <li>• <i>Estufas de cocina con gasificación de biomasa.</i></li> <li>• <i>Estufas de cocina a base de etanol.</i></li> <li>• <i>Estufas para cocinar mejoradas.</i></li> <li>• <i>Gas licuado de petróleo y gas natural licuado para cocinas en hogares y comerciales.</i></li> <li>• <i>Estufas de metanol.</i></li> <li>• <i>Hornos o cocinas solares.</i></li> <li>• <i>Bombas térmicas para calefacción o aire acondicionado y calentamiento de agua.</i></li> <li>• <i>Aislamiento en edificaciones.</i></li> </ul>
Consumo de energía eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sistemas de administración energética en edificaciones – SAE.</i></li> <li>• <i>Uso de lámparas fluorescentes compactas (LFC).</i></li> <li>• <i>Refrigeradores energéticos eficientes.</i></li> <li>• <i>Ahorro de energía en edificaciones.</i></li> <li>• <i>Almacenamiento de energía: baterías.</i></li> <li>• <i>Almacenamiento de energía: condensadores.</i></li> <li>• <i>Almacenamiento de energía: aire comprimido.</i></li> <li>• <i>Concentración de energía solar para producción de electricidad.</i></li> <li>• <i>Linternas y radios solares.</i></li> <li>• <i>Sistemas eficientes de acondicionamiento de aire.</i></li> <li>• <i>Combustión de biomasa y cogeneración para la producción de energía eléctrica y calefacción.</i></li> <li>• <i>Torres de energía de tiro descendente.</i></li> <li>• <i>Pilas de combustible para aplicaciones móviles.</i></li> <li>• <i>Pilas de combustible para aplicaciones estacionarias.</i></li> <li>• <i>Tecnologías de hidrógeno.</i></li> </ul>
Sector Industrial: Cemento, vidrio y cerámica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Hornos de cemento con oxidación y captura y almacenamiento de carbono (CAC)</i></li> <li>• <i>Substitución del clinker (escorias, puzolanas naturales, puzolanas sintéticas)</i></li> <li>• <i>Gasificadores de licor negro para el sector del papel y la pulpa</i></li> <li>• <i>Escoria granulada de alto horno en el proceso de cemento</i></li> <li>• <i>Eficiencia energética y ahorro en la industria del cemento</i></li> </ul>

Como se puede observar, existen para cada sector diferentes opciones técnicas para limitar y reducir las emisiones de GEI, y estas pueden estar asociadas con diferentes medidas blandas (instrumentos regulatorios, instrumentos económicos, campañas educativas). Es necesario que de esta lista general se realice un trabajo de priorización con el fin de seleccionar aquellas medidas que resulten viables para la región Cundinamarca – Bogotá, desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental. Dicho paso se abordará en los siguientes productos de la presente consultoría.

# REFERENCIAS

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA. State and Local Climate and Energy Program. 2012 Disponible en: <http://epa.gov/statelocalclimate/index.html>

Global Carbon Project. Urban and Regional Carbon Management (URCM) Resource Center. 2012. Disponible en <http://www.gcp-urcm.org/Resources/CityActionPlans>

Environmental Protection Agency USA. EPA. Coal Mine Methane Recovery: A Primer. 2009

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia MADS. Colombian CDM – NAMA Portfolio 2012.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático. 2006

Panel Intergubernamental de Expertos Sobre Cambio Climático IPCC. Tecnologías, Políticas y Medidas para Mitigar el Cambio Climático. 2000.

United Nations Environment Programme UNEP. ¿La solución natural? el papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático. 2009

United Nations Developing Programme UNDP, United Nations Environment Programme UNEP, Renewable Energy and Energy REEEP. ClimateTechWiki. A clean Technology Platform. 2012. Disponible en: <http://climatetechwiki.org>.

## PARTE 3

Tecnologías y medidas de mitigación viables (técnica, social y ambientalmente) para la Región Capital Bogotá Cundinamarca – metodología percepción de expertos

# TABLA DE CONTENIDO

1.METODOLOGÍA.....	147
2.RESULTADOS.....	148
2.1 <i>Medidas y tecnologías a evaluar en cada sector.....</i>	148
2.1.1 Medidas y tecnologías para el sector transporte.....	150
2.1.2 Medidas y tecnologías para el sector agropecuario.....	152
2.1.3 Medidas y tecnologías para el sector residuos.....	154
2.1.4 Medidas y tecnologías en eficiencia energética, transversales a los sectores industrial, residencial, comercial y público.....	157
2.1.5 Medidas y tecnologías para el sector minería del carbón .....	164
2.2 <i>Criterios sociales, ambientales y económicos para la evaluación de las medidas y tecnologías de mitigación. ....</i>	165
2.3 <i>EVALUACIÓN Y PERCEPCIÓN DE EXPERTOS.....</i>	166
2.3.1 Encuesta aplicada.....	166
2.3.2 Proceso de evaluación .....	169
2.4 <i>Resultados de la evaluación de la contribución a las prioridades de desarrollo sociales, económicas y ambientales de la región. ....</i>	169
2.5 <i>Resultados sobre factibilidad de implementación técnica, económica y a nivel local y regional.....</i>	173

2.6	<i>Resultados finales: Tecnologías y medidas priorizadas y viables para la región Bogotá - Cundinamarca.</i> .....	175
2.6.1	Sector transporte.....	175
2.6.2	Sector residuos.....	179
2.6.3	Sector agropecuario .....	181
2.6.4	Eficiencia energética .....	183
2.6.5	Minería del carbón .....	186

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>187</b>
--------------------------	------------

<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>193</b>
-------------------------	------------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>196</b>
--------------------	------------

# LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Medidas y tecnologías para el sector transporte.....	150
Cuadro 2: Medidas y tecnologías para el sector agropecuario.....	152
Cuadro 3: Medidas y tecnologías para el sector residuos. ....	155
Cuadro 4: Medidas y tecnologías para eficiencia energética (sector residencial, industrial, comercial y público).....	157
Cuadro 5: Medidas y tecnologías para el sector minería del carbón. ....	164
Cuadro 6: Criterios de evaluación .....	165
Cuadro 7: Encuesta aplicada a los expertos del sector transporte.....	166
Cuadro 8: Resultados de la evaluación de contribución a las prioridades de desarrollo	169
Cuadro 9: Medidas y tecnologías de mitigación prioritarias y viables para el sector transporte .....	176
Cuadro 10: Medidas y tecnologías de mitigación prioritarias y viables para el sector residuos.....	179
Cuadro 11: Medidas y tecnologías de mitigación prioritarias y viables para el sector agropecuario.....	181
Cuadro 12: Medidas y tecnologías de mitigación priorizadas y viables en eficiencia energética.....	184

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ruta de trabajo para la definición de proyectos estratégicos para la mitigación al cambio climático en la región Bogotá – Cundinamarca.....	146
---	-----

# INTRODUCCIÓN

El Plan Regional Integrado de Cambio Climático (PRICC) para la Región Capital Bogotá – Cundinamarca, contempla dentro de sus objetivos la definición de “portafolios de proyectos de mitigación y adaptación frente a la variabilidad y cambio climático, que permitan impulsar opciones de desarrollo social y económico, lo suficientemente robustas para resistir a las condiciones de un clima cambiante”. Con el fin de dar cumplimiento a este objetivo específicamente en lo concerniente a proyectos de mitigación, se definió una ruta de trabajo la cual fue socializada y concertada con los diferentes integrantes de la mesa de trabajo interinstitucional de mitigación del PRICC. Esta ruta comprende 4 etapas principales las cuales se describen en la figura 1.

**FIGURA 1: RUTA DE TRABAJO PARA LA DEFINICIÓN DE PROYECTOS ESTRATÉGICOS PARA LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN BOGOTÁ – CUNDINAMARCA**



Fuente: El autor, este estudio.

Para el establecimiento de éstas etapas y del plan de trabajo, se siguieron las sugerencias dadas en el “Manual para realizar una evaluación de necesidades en materia de tecnología para el cambio climático” (de ahora en adelante MENTCC). Es importante aclarar que en este proceso el concepto de tecnología comprende las tecnologías duras (equipos y productos para controlar, reducir o prevenir las emisiones de GEI) y blandas

como actividades, técnicas de trabajo, reglamentación, incentivos fiscales y financieros y la creación de capacidad. (CMNUCC, 2002).

El MENTCC fue elaborado en conjunto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, conforme a los auspicios del Grupo de Expertos sobre Transferencia de Tecnología, y en cooperación con la Iniciativa sobre Tecnología del Clima. Se desarrolló como respuesta a la solicitud de las decisiones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático tal como se refleja en la CPO13 y COP14. La última versión fue publicada el año 2010.

El MENTCC fue diseñado para ayudar a los países, mediante un enfoque sistemático y flexible, a seleccionar tecnologías que les permitan alcanzar equidad en el desarrollo y sostenibilidad ambiental y seguir una vía de bajas emisiones y baja vulnerabilidad; también proporciona procesos y metodologías para revelar brechas en capacidades y marcos favorecedores y para formular un plan de acción nacional para superarlos, como parte de planes y estrategias globales de cambio climático como las Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación (NAMAs).

En el presente informe se abarca parte de la tercera etapa de la ruta de trabajo denominada: “Establecer y priorizar tecnologías y medidas de mitigación en la región” (ver figura 1). La metodología seguida se describe en el capítulo 1 del presente informe y los resultados se describen en el capítulo 2.

Como producto final se obtiene una lista de medidas y tecnologías de mitigación viables y prioritarias de implementar en la región, esto bajo la evaluación por parte de expertos del aporte que estas hacen a las prioridades de desarrollo económicas, sociales y ambientales de Bogotá y Cundinamarca y de la percepción sobre la factibilidad de implementación en la región. Esta priorización será complementada en productos posteriores, con la identificación de barreras para la implementación, y que finalmente se traducirá en perfiles de proyectos con su respectiva evaluación económica.

## 1. METODOLOGÍA

Para la priorización de alternativas (tecnologías y medidas) de mitigación del cambio climático y del establecimiento de su viabilidad de implementación, se tuvo en cuenta la descripción metodológica del capítulo 5.2 del MENTCC, denominado “*Evaluar tecnologías con Análisis de Decisión de Criterios Múltiples (ADCM) para facilitar decisiones firmes*”, y se realizaron los ajustes necesarios según los requerimientos y dinámica del PRICC.

Para la priorización y evaluación de la viabilidad de implementación de las alternativas de mitigación, se optó por tomar las siguientes decisiones:

- ¿Cuáles tecnologías y medidas de mitigación son las mejores para maximizar las prioridades de desarrollo ambiental, social y económico de la región?
- ¿Cuáles tecnologías y medidas de mitigación son más eficientes de impulsar e implementar desde el ámbito local y regional?

Estas decisiones que se apoyaron con juicio y percepción de expertos. Para esto, se siguieron los siguientes pasos:

- Definición de criterios sociales, ambientales y económicos que se consideran importantes para el desarrollo sostenible de la región y a los cuales deben aportar las medidas y tecnologías de mitigación que se implementen. Estos criterios son denominados co-beneficios y para su planteamiento es necesario tener en cuenta las prioridades descritas en los Planes de Desarrollo de Bogotá y Cundinamarca.
- Evaluación mediante juicio de expertos del aporte que las medidas y tecnologías de mitigación realizan a los criterios definidos, esto, mediante una evaluación multicriterio o Análisis de Decisión de Criterios Múltiples (ADCM). El ADCM emplea criterios, puntuaciones y ponderaciones que son necesariamente conceptos subjetivos que requieren una opinión para su determinación.
- Percepción de expertos de la viabilidad técnica, económica y de implementación a nivel regional y local de las medidas y tecnologías contempladas.
- Conclusión final y definición de lista de medidas y tecnologías de mitigación prioritarias para su implementación en la región.

En el capítulo 2 de resultados se detallan cada uno de estos aspectos.

Posteriormente, una vez obtenida la lista de medidas y tecnologías prioritarias, en etapas posteriores se identificarán las barreras para la implementación y se realizará la definición de perfiles de proyectos para su evaluación económica y cálculo de potencial de reducción. Estas etapas finales serán abordadas por la Firma Consultora contratada para este fin en el marco del PRICC.

## 2. RESULTADOS

### 2.1 MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS A EVALUAR EN CADA SECTOR.

Como resultado de productos anteriores en el marco de esta consultoría, se identificaron los sectores estratégicos para la implementación de alternativas de mitigación en la región (producto N°2), y para cada uno de estos sectores se elaboró una lista larga de tecnologías y medidas de mitigación generales disponibles en la literatura, cada una con su respectiva ficha descriptiva (producto N°3). Como primera actividad posterior a estos productos, se realizó un proceso interno de revisión de dichas tecnologías, proceso que fue complementado con la opinión de algunos expertos; esto con el fin de dar mayor coherencia al proceso de evaluación de co-beneficios y ajustar las tecnologías y medidas contempladas al contexto del país.

Los sectores identificados como estratégicos para la implementación de medidas de mitigación en Bogotá y Cundinamarca fueron los siguientes siete (resultados del producto 2 de esta consultoría): Transporte, Agropecuario, Residuos, Minería del carbón, Residencial, Consumo de electricidad e Industria de cemento, vidrio y cerámica. Como primer resultado del proceso de revisión de las medidas y tecnologías identificadas

en la literatura (producto 3) y según sugerencia de expertos, se realizó una reagrupación de los sectores para efectos de la evaluación de co-beneficios objeto de este producto, y para la posterior definición de perfiles de proyectos. El ajuste realizado fue:

El sector denominado “consumo de electricidad”, se denominó “eficiencia energética” y se integraron bajo este ítem el sector residencial y el de industrias del cemento, vidrio y cerámica, dado que las medidas y tecnologías de mitigación identificadas para estos hacen referencia a eficiencia energética. De esta forma, bajo una misma evaluación se agruparon todas las medidas relacionadas con la optimización del consumo de todos los energéticos de forma transversal a todos los sectores; esto, teniendo en cuenta que existen expertos nacionales que han trabajado este tema de forma transversal y que Colombia cuenta con un Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE (Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética), el cual plantea todas las medidas sobre eficiencia energética de posible aplicación en los diferentes sectores del país.

De esta forma, se contemplan medidas y tecnologías para cinco sectores: Transporte, Agropecuario, Residuos, Minería del carbón y Eficiencia energética (transversal al sector residencial, industrial y comercial y público).

Adicionalmente, como parte de las sugerencias de expertos en el proceso de revisión, en algunos casos se hicieron algunas agrupaciones y clasificaciones con el fin de darle mayor coherencia a la lista a evaluar; por ejemplo, en el caso del sector transporte, se clasificaron las medidas según correspondieran a transporte motorizado, no motorizado y medidas transversales.

A continuación se presenta para cada sector priorizado la lista final de medidas y tecnologías objeto de evaluación por parte de los expertos, cada una acompañada de una breve descripción.

### 2.1.1 Medidas y tecnologías para el sector transporte.

CUADRO 1: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS PARA EL SECTOR TRANSPORTE.

NOMBRE		DESCRIPCIÓN	
TRANSPORTE MOTORIZADO	TRANSPORTE MASIVO DE PASAJEROS	Abarca tres modos de transporte público: trenes, metro ligero (o tranvías) y autobuses de transporte rápido. Un sistema de buses de tránsito rápido (BTR) es un sistema de transporte de alta capacidad con su propio carril de vía, implementado a un costo relativamente bajo; requiere combinación sistemática de la infraestructura (vías de autobús, estaciones, terminales) con operaciones organizadas y tecnologías inteligentes.	
	GESTIÓN DE LA DEMANDA DE VEHÍCULOS PRIVADOS	Reducir el uso del vehículo privado, o restringir su crecimiento, es de vital importancia para reducir los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Por lo general sólo se logra cuando otras opciones de transporte son buenas, y cuando los viajeros se les ayuda a darse cuenta de que no tienen que depender de los vehículos para desplazarse. Esto puede lograrse mediante la información y la educación, cambios de precios, restricción en las importaciones, reforma de calles y políticas de parqueo, y a través de medidas para fomentar el uso compartido de automóviles llamadas <i>Carpooling</i> .	
	OPTIMIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE CARGA	La carga puede ser transportada por varios modos, incluyendo carreteras, ferrocarriles, agua, aire, tuberías y no motorizado. Esta medida se centra en los cambios modales de transporte de carga nacional /regional para que en vez de realizarse por carretera o por ferrocarril, se promueva el transporte fluvial basado en ríos y zonas costeras.	
	CONDUCCIÓN ECONÓMICA Y ECOLÓGICA	Prácticas de conducción que conlleven al ahorro de combustible.	
	RENOVACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR	Eliminar los vehículos que cuenten con muchos años de edad y que por lo tanto no posean sistemas eficientes de combustión y de control de emisiones.	
	SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLES CONVENCIONALES POR ALTERNATIVOS	BIODIESEL	Se utiliza como un sustituto de diesel y generalmente se mezcla con el diesel fósil en diversos grados. Dependiendo de la materia prima y del proceso de conversión, se puede distinguir el biodiesel de primera y segunda generación (incluso opciones tercera generación están empezando a surgir, por ejemplo, biodiesel a partir de algas). El biodiesel de primera generación, es conocido como el diesel derivado de lípidos, puede ser producido a partir de aceites vegetales como la palma y de grasas de origen animal.
		BIOETANOL	El bioetanol de primera generación, puede ser producido a partir de cultivos a base de azúcar o almidón. Se mezcla con la gasolina en proporciones que varían de 5 a 85%. Las mezclas más bajas son compatibles con motores de gasolina convencionales.
		GAS NATURAL COMPRIMIDO (GNC)	El gas natural, un combustible fósil compuesto principalmente de metano, es uno de los combustibles alternativos más limpios. Se puede utilizar como gas natural comprimido (GNC) para alimentar los buses de la ciudad o como gas natural licuado (GNL) para alimentar camiones pesados. El gas natural produce menos CO <sub>2</sub> por cada unidad de energía consumida por el vehículo y puede emplearse para automóviles de pasajeros y buses.
		VEHÍCULOS ELÉCTRICOS	Los vehículos eléctricos son aproximadamente 2,5 veces más eficientes en términos de energía que los vehículos con motores de combustión interna, por lo cual pueden aportar sustancialmente con la reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> y con la disminución del consumo de energía por transporte.
		VEHÍCULOS HÍBRIDOS ELÉCTRICOS	Un vehículo híbrido utiliza dos o más fuentes de alimentación distintas, combinan un motor de combustión interna y uno o más motores eléctricos.

NOMBRE		DESCRIPCIÓN
TRANSPORTE NO MOTORIZADO	USO DE BICICLETAS	El transporte no motorizado puede ser un modo muy atractivo de transporte para distancias relativamente cortas. Se puede promover mediante una serie de actividades como la construcción de aceras y carriles para bicicletas, planificación urbana y desarrollo orientado al peatón. La bicicleta es un medio barato, sano y eficiente de transporte que sólo produce gases de efecto invernadero en la producción y distribución de bicicletas y que puede ser fácilmente adaptado para distancias cortas y medianas de viaje.
	CIRCUITOS PEATONALES	Caminar es una forma económica, eficiente y saludable para recorrer distancias cortas, y para enlazar con el transporte público para grandes distancias. Los circuitos peatonales deben ser bien diseñados, seguros, bien conectados y con cruces peatonales. En particular, los circuitos peatonales deben ser conectados a las estaciones de transporte, a las principales áreas residenciales y sitios de la actividad humana y si las áreas urbanas son bastante densas y tienen un uso mixto del suelo, caminar se convierte en un modo de transporte razonable.
TRANSVERSALES	DESARROLLO URBANO ORIENTADO AL TRANSPORTE	El Desarrollo Orientado al Transporte se refiere a una serie de principios de desarrollo urbano (con perspectiva regional) como uso del suelo mixto, alta densidad, alta calidad urbana, prioridad peatonal y de ciclas, conexión al transporte público masivo, entre otras; que al implementarse en conjunto, contribuyen a la creación de comunidades compactas, peatonales, organizadas alrededor de sistemas de transporte masivo de calidad (metro, metro bus, tranvía) dentro de un radio de acceso a estos sistemas, conectado por una red de movilidad no motorizada accesible.
	SISTEMAS INTELIGENTES DE GESTIÓN DE TRANSPORTE	Para la implementación de sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) se aplican tecnologías de información y comunicación a los vehículos y a la infraestructura. Esto puede aumentar la fiabilidad, la seguridad, la eficiencia y la calidad de los sistemas de transporte. Incluye servicios como: Información en tiempo real sobre transporte público para que el pasajero realice elecciones de viaje inteligentes y hacer el transporte público más atractivo y confiable; información de tiempos de viaje para que el conductor tome la mejor ruta; centros de control de tráfico; gestión de transporte de carga; cobro por congestión (peajes electrónicos) para reducir la demanda de viajes en vehículos privado y reducir la congestión; entre otros.

### 2.1.2 Medidas y tecnologías para el sector agropecuario.

CUADRO 2: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS PARA EL SECTOR AGROPECUARIO.

NOMBRE		DESCRIPCIÓN
GESTIÓN DE TIERRAS DE CULTIVO	MEJORA DE LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS	<p>Uso de variedades mejoradas de cultivos.</p> <p>Ampliar la rotación de cultivos.</p> <p>Evitar o reducir el uso del barbecho.</p> <p>Adición de nutrientes a través de fertilizantes.</p> <p>Adopción de sistemas que tienen una menor dependencia de los fertilizantes, pesticidas y otros insumos (ejemplo: rotación con los cultivos de leguminosas).</p> <p>Proporcionar una cubierta vegetal temporal entre los cultivos agrícolas sucesivos, o entre hileras de cultivos de árboles o de viñedos.</p>
	MANEJO DE NUTRIENTES	<p>Agricultura de precisión: ajuste de las tasas de aplicación de nutrientes con base en la estimación precisa de las necesidades de los cultivos.</p> <p>Uso de formas de fertilizantes lentos o de liberación controlada o inhibidores de la nitrificación.</p>
	GESTIÓN DE LABRANZA Y DE RESIDUOS	Cultivos con un mínimo o no laboreo, retención de residuos de cultivo y evitar la quema de residuos.
	GESTIÓN DEL AGUA	Ampliar el uso de riego o el uso de medidas de riego más eficaces y drenaje de las tierras de cultivo en las regiones húmedas.
	AGROSILVICULTURA	Producción de ganado o cultivos de alimentos en tierras en donde también se cultivan árboles para madera, leña u otros productos forestales. Incluye cinturones de protección y zonas ribereñas / franjas de protección con especies leñosas.
	CAMBIOS DE COBERTURA DE SUELO	Cambios de cobertura de suelo que resulten en incremento del almacenamiento de carbono como la conversión de tierras de cultivo en pastizales o de cultivos drenados a humedales). Opción aplicable por lo general sobre el excedente de tierras agrícolas o en tierras de cultivo de productividad marginal.
GESTIÓN DE TIERRAS DE PASTOREO	GESTIÓN DE LA INTENSIDAD DE PASTOREO	Evitar el sobrepastoreo, buscando que los animales se alimenten de la totalidad de especies disponibles en unas tasas que garanticen la renovación óptima del mismo.
	MANEJO DE QUEMAS	Reducción de la frecuencia o la intensidad de los incendios o quemas efectuados con fines agrícolas.
	INTRODUCCIÓN DE ESPECIES	Introducción de gramíneas con mayor productividad, de leguminosas o variedades con raíces más profundas.

NOMBRE		DESCRIPCIÓN
RESTAURACIÓN DE SUELOS ORGÁNICOS O TURBERAS		<p>Para lograr la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero de las turberas se recomiendan las siguientes prácticas de manejo:</p> <p>a) Reactivar la formación de la turba: Mediante la reducción de la descomposición aeróbica, aumentando los niveles de agua, reduciendo la evapotranspiración y elevando el nivel de agua de captación.</p> <p>b) Reducir la erosión: Revegetación de áreas desnudas o cubriendo áreas sueltas y desnudas con material estabilizado (por ejemplo, hojas de geo-yute o redes). Por otra parte, la erosión puede reducirse a través del mejoramiento de la hidrología de la cuenca; por ejemplo, realizar un flujo estable de agua con un mínimo de inundación y corriente de aire.</p> <p>c) Reducción de sustancias nocivas: A través de la recolección y extracción de biomasa, la estimulación de la precipitación química y la eliminación de superficies de tierras degradadas.</p> <p>d) Manejo de incendios: En primer lugar, el acceso a la turbera puede restringirse en períodos sensibles al fuego y a las áreas sensibles al fuego. En segundo lugar, un sistema de monitoreo resulta apropiado. Esto puede hacerse a través de Torres de vigilancia, patrullaje regular y monitoreo aéreo. En tercer lugar, proporcionar descansos de fuego (espacios donde el fuego no pueda cruzar) y proporcionar los suministros de agua para fines de lucha contra el fuego previene la expansión de los incendios.</p>
MANEJO DEL GANADO	MEJORA DE LAS PRÁCTICAS DE ALIMENTACIÓN	Sustitución de forrajes, implementación de más concentrados, adición de ciertos aceites de oleaginosas para la alimentación, mejora de la calidad del pasto, optimización de la ingesta de proteínas.
	ADITIVOS Y AGENTES ALIMENTICIOS	Ayudan a la supresión de la metanogénesis que es el proceso químico que crea metano. Algunos propuestos por el IPCC 2007, son: Ionóforos (antibióticos); compuestos halogenados; adición de taninos condensados, saponinas, o aceites esenciales; probióticos; precursores de propionato (como el fumarato o malato); hormonas de crecimiento (mejora el rendimiento de los animales), vacunas contra las bacterias metanogénicas (en desarrollo, aún no disponibles comercialmente). Es importante anotar que muchas de las opciones pueden ser de efectos transitorios y pueden tener efectos secundarios tales como la ingesta reducida.
	CAMBIO DE LARGO PLAZO EN EL MANEJO DEL GANADO Y EN LA CRÍA DE ANIMALES	Aumentos en la productividad de los animales, resultado de mejores prácticas de crianza (ej: reducción en el número de vaquillas de reemplazo) a menudo reducen la producción de metano por unidad de producto animal. Asimismo, animales (productores de carne) con mayor eficiencia alcanzan a más temprana edad el peso adecuado para ser sacrificados y reducen de por vida sus emisiones.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
PRÁCTICAS DE MANEJO DE ESTIÉRCOL	<p>La tecnología más conocida para la gestión del estiércol es la digestión anaerobia, que es un proceso en el que la materia orgánica de desechos húmedos (es decir, el estiércol líquido, los desechos de procesamiento de alimentos, etc.) se convierte en metano a través de bacterias que prosperan en ausencia de oxígeno. Otra técnica común es la digestión aerobia, útil en el tratamiento de estiércol líquido para la reducción de olor, la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el control de patógenos.</p> <p>La aplicación al suelo de estiércol crudo o compost se puede adaptar para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y su impacto en el medio ambiente. Los investigadores creen que la aplicación de estiércol en un tiempo adecuado y la aplicación de cantidades apropiadas contribuyen a una reducción global de las emisiones de GEI de las operaciones agrícolas.</p>

### 2.1.3 Medidas y tecnologías para el sector residuos

Como sugerencia adicional de los expertos de este sector, se anotó que al realizar la evaluación se debe tener en cuenta que para la implementación de todas las tecnologías descritas para el sector residuos, se deben contemplar actividades de soporte como campañas de educación y sensibilización para separación en la fuente, diseño de ruteo selectivo, apertura de mercados para productos, certificación de productos en los casos en los que aplique, etc. De tal forma que se considera que dichos aspectos están implícitos en cada medida a evaluar.

CUADRO 3: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS PARA EL SECTOR RESIDUOS.

	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS CON SEPARACIÓN EN LA FUENTE Y RECOLECCIÓN SELECTIVA	COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES	<p>Degradación biológica aeróbica de residuos orgánicos bajo condiciones controladas. Los residuos se descomponen en CO<sub>2</sub>, agua y abono. El proceso destruye los patógenos, minimiza olores y reduce el potencial de atracción de vectores. Existen varios tipos de compostaje, según su grado de mecanización:</p> <p><b>Sistemas abiertos en pilas estáticas horizontales:</b> es el sistema más económico y el más utilizado. Los materiales se amontonan sobre el suelo o pavimento, sin comprimirlos en exceso, siendo muy importante la forma y medida de la pila. Las pilas son ventiladas por convección natural. Una vez constituida la pila, la única gestión necesaria es el volteo o mezclado con una máquina adecuada.</p> <p><b>Sistemas semi-mecanizados en pilas estáticas aireadas:</b> compostaje en pilas estáticas con ventilación y riego automático.</p> <p><b>Sistemas cerrados mecanizados:</b> compostaje cerrado en túneles o contenedores con ventilación forzada, algunos poseen sistemas de mezcla interna, y las variables de proceso, tales como contenido de humedad, composición de nutrientes, temperatura, pH, cantidad de gas, tiempo de retención, etc., pueden ser controladas, dirigidas y optimizadas.</p>
	DIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGAS Y SU USO COMO ENERGÍA CALÓRICA O PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD	<p>La digestión anaerobia es un proceso microbiológico que consiste en la degradación biológica, en ausencia de aire, de un material orgánico complejo, dando como productos finales un biogás, compuesto fundamentalmente por metano y dióxido de carbono, y un residuo con una menor concentración en sólidos volátiles u orgánicos.</p> <p>Incluye digestión anaerobia vía húmeda (se prepara una suspensión añadiendo agua previamente a la digestión) y digestión anaerobia vía seca (el movimiento del residuo dentro del digestor por acción mecánica o mediante la recirculación del propio biogás).</p>

	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SIN SEPARACIÓN EN LA FUENTE Y RECOLECCIÓN SELECTIVA	- WASTE TO ENERGY - TRATAMIENTO TÉRMICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PARA LA PRODUCCIÓN LOCAL DE ENERGÍA TÉRMICA O ELECTRICIDAD.	<p>Tratamiento térmico de residuos sólidos urbanos (RSU) que permite la producción de electricidad y/o calor. Los RSU de los camiones recolectores son descargados y triturados o procesados para facilitar su manipulación. Los materiales reciclables se separan, y el residuo remanente se somete a tratamiento térmico.</p> <p>Puede realizarse a través de <b>Incineración</b> (combustión a altas temperaturas con exceso de oxígeno, combustión completa); <b>Gasificación</b> (oxidación parcial de la materia, en presencia de cantidades de oxígeno inferiores a las requeridas estequiométricamente); <b>Pirolisis</b> (Degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno, por lo que dichas sustancias se descomponen mediante calor, sin que se produzcan las reacciones de combustión).</p>
	TRATAMIENTO MECÁNICO-BIOLÓGICO TMB	Combinación de procesos físicos y biológicos para el tratamiento de los residuos o fracciones de residuos con contenido significativo de materia orgánica. Emplea procesos físicos (mecánicos) para extraer de los residuos de entrada, los materiales impropios voluminosos o que pueden producir problemas en los procesos posteriores de tratamiento, para separación y recuperación de materiales valorizables y para preparar y acondicionar los residuos para el tratamiento biológico (la digestión anaerobia o aerobia) posterior y estabilización de la materia orgánica.
DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS NO APROVECHABLES	CAPTURA DE METANO EN RELLENOS SANITARIOS PARA POSTERIOR USO COMO COMBUSTIBLE, ENERGÍA CALÓRICA O GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.	Los proyectos de captura de biogás tienen por objeto evitar las emisiones de gases (metano y otros contaminantes) de los rellenos sanitarios. La idea básica detrás de la tecnología es que los rellenos sanitarios se cubran (por ejemplo, por una capa de tierra) y que se extraiga el biogás mediante una serie de pozos y un sistema de soplador/quemador (o vacío). Este sistema dirige el gas recolectado a un punto central donde puede ser procesado y tratado dependiendo de su uso final. A partir de este punto, el gas puede ser simplemente quemado (lo que convierte el metano en CO <sub>2</sub> ) o se utiliza para generar electricidad, como energía térmica o como combustible.

### 2.1.4 Medidas y tecnologías en eficiencia energética, transversales a los sectores industrial, residencial, comercial y público.

Las medidas identificadas sobre eficiencia energética se tomaron del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE (Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética), teniendo en cuenta que allí se resumen las opciones de eficiencia energética disponibles para Colombia y de aplicación en los diferentes sectores.

CUADRO 4: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS PARA EFICIENCIA ENERGÉTICA (SECTOR RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, COMERCIAL Y PÚBLICO).

DESCRIPCIÓN	
OPTIMIZACIÓN DEL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA PARA FUERZA MOTRIZ.	<p>Objetivo del programa PROURE: Sustitución de 14.000 kW de motores convencionales por motores eficientes. Incluir consejos prácticos orientados al mejor uso de los motores, con vistas al ahorro energético así como sustituir motores existentes por unos más eficientes. Incluye: Cambio de hábitos, Mantenimiento o controles, Realización de Inversiones menores; grandes inversiones, lo que incluiría la sustitución del motor existente por uno más eficiente (etiquetado) que permita reducir pérdidas por efecto Joule, magnéticas, y mecánicas. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a. Difundir y adoptar buenas prácticas operacionales y de mantenimiento de motores.</li> <li>• b. Realizar seguimiento y selección de tecnologías para el control y operación de motores.</li> <li>• c. Promover la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia.</li> <li>• d. Diseñar planes de manejo y estrategias para la disposición final de los motores reemplazados.</li> <li>• e. Implementar el sistema de etiquetado en motores.</li> <li>• f. Promover la acreditación y el fortalecimiento de Laboratorios de Ensayos.</li> <li>• g. Promover la realización de auditorías energéticas para equipos y procesos.</li> <li>• h. Fortalecer la educación sobre dimensionamiento, operación y mantenimiento de motores a nivel técnico y universitario.</li> <li>• i. Suscribir acuerdos con la industria local para establecer estándares mínimos de eficiencia de motores.</li> </ul>
OPTIMIZACIÓN DEL USO DE CALDERAS.	<p>Objetivo del programa PROURE: En una primera fase incluye capacitación, investigación aplicada, desarrollo de normatividad y renovación tecnológica en algunas industrias. El objetivo del subprograma es incluir buenas prácticas operacionales en el marco de la gestión energética orientadas al mejor uso de las calderas o reconversión tecnológica, por ejemplo: Cambio de hábitos, Mantenimiento o controles, Realización de Inversiones menores; o Grandes inversiones, lo que incluiría la sustitución de la caldera existente por una más eficiente que permita reducir pérdidas. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• a. Expedir el Reglamento Técnico de Calderas.</li> <li>• b. Estimar el número de calderas existentes y caracterizar los usos térmicos y el consumo de energéticos asociados a éstas.</li> <li>• c. Caracterizar las tecnologías de producción de vapor en función de las fuentes disponibles y los usos productivos.</li> <li>• d. Promover la realización de auditorías energéticas para equipos térmicos y procesos.</li> <li>• e. Fortalecer la educación sobre dimensionamiento, operación y mantenimiento de calderas.</li> <li>• f. Suscribir acuerdos con la industria local para establecer estándares mínimos de eficiencia de calderas.</li> </ul>

DESCRIPCIÓN	
EFICIENCIA EN ILUMINACIÓN.	<p>Objetivo del programa PROURE: En una primera etapa incluye el reemplazo de luminarias en un cercano de 500 industrias. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Garantizar el control de calidad de los productos, tanto nacionales como importados.</i></li> <li>• <i>b. Fortalecer la educación y desarrollar campañas de concientización en la lectura de la etiqueta.</i></li> <li>• <i>c. Fortalecer la educación en gestión de proyectos, diseño de sistemas de iluminación, conocimiento de nuevas tecnologías, usos y aplicaciones.</i></li> <li>• <i>d. Difundir la aplicación y el uso adecuado de los sistemas de control de iluminación.</i></li> <li>• <i>e. Implementación de programas de reemplazo masivo de sistemas de iluminación.</i></li> </ul>
COGENERACIÓN Y AUTOGENERACIÓN.	<p>Objetivo del programa PROURE: En una primera fase incluye capacitación, investigación aplicada, desarrollo de normatividad y renovación tecnológica en algunas industrias. Con la Cogeneración se propone aprovechar la energía térmica sobrante del proceso de la generación de energía eléctrica. Por otro lado, con la autogeneración se busca fortalecer el parque de generación de energía eléctrica incrementando así la disponibilidad y la confiabilidad del sistema. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Desarrollar normativa específica en emisiones y eficiencia energética de calderas.</i></li> <li>• <i>b. Realizar el inventario nacional de sistemas de cogeneración y autogeneración existentes.</i></li> <li>• <i>c. Caracterizar las tecnologías de cogeneración y autogeneración en función de las fuentes disponibles y los usos productivos.</i></li> <li>• <i>d. Promover la realización de auditorías energéticas para sistemas de cogeneración y autogeneración.</i></li> <li>• <i>e. Fortalecer la educación sobre dimensionamiento, operación y mantenimiento de sistemas de cogeneración y autogeneración</i></li> <li>• <i>f. Suscribir acuerdos con la industria local para establecer estándares mínimos de eficiencia de sistemas de cogeneración y autogeneración.</i></li> <li>• <i>g. Definir un marco normativo para otorgar incentivos de cogeneración y autogeneración en la industria.</i></li> </ul>
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE COMBUSTIÓN.	<p>Objetivo del programa PROURE: Dirigido básicamente a capacitación e investigación aplicada. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Promover proyectos y programas nacionales de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en combustión.</i></li> <li>• <i>b. Consolidar capacidades académicas para la formación universitaria y técnica en optimización de la combustión</i></li> <li>• <i>c. Promover las buenas prácticas en los procesos productivos relacionados con la combustión.</i></li> <li>• <i>d. Realizar seguimiento y vigilancia tecnológica de las nuevas tecnologías, técnicas y métodos de optimización de la combustión.</i></li> <li>• <i>e. Promover el aprovechamiento del calor residual generado en procesos de combustión.</i></li> </ul>

DESCRIPCIÓN	
OPTIMIZACIÓN DE LA CADENA DE FRÍO.	<p>Objetivo del programa PROURE: Dirigido básicamente a capacitación e investigación aplicada. Líneas de acción:</p> <p>En varios subsectores del sector industrial el uso de aire acondicionado y sistemas de refrigeración son pieza clave en la actividad productiva. Existe gran variedad de tecnologías que van acorde con estándares de ahorro pero también existen equipos viejos y obsoletos los cuales requieren una reconversión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Estimar el número de equipos de aire acondicionado y refrigeración en el sector industrial.</i></li> <li>• <i>b. Crear normatividad acorde a los estándares internacionales en sistemas de aire acondicionado y refrigeración.</i></li> <li>• <i>c. Fortalecer la educación sobre dimensionamiento, operación y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado y refrigeración.</i></li> <li>• <i>d. Suscribir acuerdos con la industria local para establecer estándares mínimos de eficiencia en sistemas de aire acondicionado y refrigeración.</i></li> <li>• <i>e. Promover el diseño óptimo de ductos de distribución de aire.</i></li> <li>• <i>f. Expedir el Reglamento Técnico de Etiquetado.</i></li> </ul>
GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA CON ÉNFASIS EN PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	<p>Objetivo del programa PROURE: Se considera en una primera etapa la aplicación del programa en 500 empresas con una inversión de US\$70.000 por empresa. Identificar potenciales de ahorro de energía que pueden ser aprovechados mediante acciones no asociadas a la producción, de baja inversión y de impacto en el corto plazo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Difundir e implementar el Sistema De Gestión Integral De Energía en el sector industrial.</i></li> <li>• <i>b. Crear capacidades académicas permanentes en instituciones de educación superior.</i></li> <li>• <i>c. Impulsar la creación y adopción de normas de gestión energética.</i></li> <li>• <i>d. Definir esquemas tarifarios de la energía eléctrica con opciones que permitan cambiar el perfil de la curva de demanda.</i></li> <li>• <i>e. Promover la normalización y remodelación de redes eléctricas y en general los programas de recuperación de pérdidas de energía.</i></li> </ul>
USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS - PYMES	<p>Objetivo del programa PROURE: Desarrollo de programas en 5 ciudades principales. Optimizar el consumo de energía en las pequeñas y medianas empresas como una forma de contribuir a su productividad y competitividad al mismo tiempo que se favorece el medio ambiente. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Caracterizar el consumo de energía en las Pymes, en relación con el PIB.</i></li> <li>• <i>b. Promover el desarrollo de capacidades para la gestión energética, la innovación tecnológica y encadenamientos productivos.</i></li> <li>• <i>c. Diseñar e implementar mecanismos y esquemas de financiación y constitución de fondos para proyectos de eficiencia energética en Pymes.</i></li> <li>• <i>d. Integrar, actualizar y divulgar las guías disponibles de buenas prácticas en eficiencia energética para Pymes.</i></li> <li>• <i>e. Fortalecer FOMIPYME y crear una línea de crédito para la financiación de proyectos específicos en Pymes.</i></li> <li>• <i>f. Evaluar las opciones de proyectos MDL programáticos en eficiencia energética.</i></li> </ul>

DESCRIPCIÓN	
<p>DIFUSIÓN, PROMOCIÓN Y APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y BUENAS PRÁCTICAS EN SISTEMAS DE ILUMINACIÓN, REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO.</p>	<p>Objetivo del programa PROURE: Sustituir 294.000 equipos de refrigeración comercial, realizar proyectos de eficiencia energética en iluminación en entidades públicas (centros hospitalarios y colegios). Elevar el nivel de conocimiento e informar a los usuarios sobre tecnologías y buenas prácticas en sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado en el sector comercial, público y servicios, mediante acciones contundentes de comunicación y difusión. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Desarrollar campañas publicitarias en temas de eficiencia energética, tecnologías y buenas prácticas.</li> <li>b. Incluir información técnica y buenas prácticas, como también normas, reglamentos e información de mercado en la web de la UPME.</li> <li>c. Realizar programas de capacitación técnica dirigida a diferentes grupos ocupacionales y eslabones de la cadena.</li> <li>d. Promover la gestión del conocimiento en nuevas tecnologías, diseños de sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado.</li> </ul>
<p>DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, RECONVERSIÓN ENERGÉTICA Y USO EFICIENTE Y SOSTENIBLE DE EDIFICACIONES.</p>	<p>Objetivo del programa PROURE: Eliminación de barreras, capacitación e investigación aplicada. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Desarrollar normatividad en eficiencia energética en edificaciones y adoptar reglamento de diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de edificaciones.</li> <li>b. Desarrollar sistemas de arquitectura en edificaciones con conceptos de eficiencia energética y uso de fuentes no convencionales de energía.</li> <li>c. Fortalecer la educación y promover la investigación en sistemas de construcción, diseños arquitectónicos, aprovechamiento y obtención de materiales, equipos eficientes de uso final, gestión integral de escombros y reciclaje.</li> <li>d. Capacitar a los usuarios de edificaciones en temas de uso racional y eficiente de energía.</li> <li>e. Desarrollar proyectos piloto y demostrativos que apliquen el concepto de eficiencia energética en edificaciones en subsectores estratégicos.</li> </ul>

DESCRIPCIÓN	
CARACTERIZACIÓN, GESTIÓN DE INDICADORES Y ASISTENCIA TÉCNICA	<p>Objetivo del programa PROURE: Capacitación e investigación aplicada. Implementar gestión de indicadores, asistencia técnica y desarrollo de proyectos piloto y demostrativos al sector mediante universidades y centros de capacitación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Actualizar y ampliar a otros subsectores y ciudades la caracterización del consumo de energía y usos finales.</i></li> <li>• <i>b. Desarrollar indicadores energéticos de uso final en iluminación, refrigeración, aire acondicionado y otros usos.</i></li> <li>• <i>c. Realizar actividades de difusión permanente mediante modelos de vigilancia de tecnología.</i></li> <li>• <i>d. Realizar seguimiento y verificación de impacto de los proyectos financiados por el GEF de eficiencia energética en edificaciones y sustitución de chillers.</i></li> <li>• <i>e. Desarrollar proyectos piloto y demostrativos que apliquen el concepto de eficiencia energética en sub-sectores estratégicos.</i></li> <li>• <i>f. Implementar medidas de arquitectura bioclimática y edificaciones eficientes.</i></li> <li>• <i>g. Implementar campañas de información y capacitación en las entidades oficiales.</i></li> <li>• <i>h. Realizar una caracterización e inventario de equipos y fuentes de iluminación en las entidades oficiales con el objeto de desarrollar mecanismos de seguimiento, identificar barreras y establecer acciones.</i></li> </ul>
ACTUALIZACIÓN O RECONVERSIÓN TECNOLÓGICA DEL ALUMBRADO PÚBLICO	<p>Objetivo del programa PROURE: Realizar inventario y fortalecer empresas del sector rural.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Identificar y tipificar Municipios.</i></li> <li>• <i>b. Fijación y reglamentación del proceso de auditorías.</i></li> <li>• <i>c. Difundir y velar por la aplicación del RETILAP para promover la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público.</i></li> <li>• <i>d. Establecer requisitos a productos de iluminación, de manera que prevalezcan los productos con mayores eficiencias.</i></li> <li>• <i>e. Promover organismos de certificación y laboratorios acreditados que tengan que ver con la iluminación.</i></li> <li>• <i>f. Convenios de adhesión por parte de regiones y municipios para la aplicación del reglamento de estándares mínimos.</i></li> </ul>
SUSTITUCIÓN DE BOMBILLAS INCANDESCENTES.	<p>Objetivo del programa PROURE: Reemplazo de 32 millones de bombillas incandescentes por bombillas fluorescentes compactas en los estratos 1,2 y 3. El PROURE incluye las siguientes líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Difundir y velar por el cumplimiento de la normatividad existente y adoptar el sistema de etiquetado.</i></li> <li>• <i>b. Reemplazar de manera masiva bombillas de baja eficacia luminosa.</i></li> <li>• <i>c. Realizar seguimiento de los proyectos piloto para difusión y evaluación de sus impactos y resultados.</i></li> <li>• <i>d. Promover la educación en nuevas tecnologías, sistemas de iluminación, gestión de proyectos y usos de la iluminación con luz natural.</i></li> <li>• <i>e. Difundir y adoptar criterios de iluminación eficiente.</i></li> <li>• <i>f. Crear un programa de disposición final de bombillas reemplazadas y de bombillas fluorescentes compactas al final de su vida útil.</i></li> <li>• <i>g. Reglamentar la gestión post-consumo para los residuos de este tipo de equipos.</i></li> </ul>

DESCRIPCIÓN	
<p>USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y DEMÁS ELECTRODOMÉSTICOS.</p>	<p>Objetivo del programa PROURE: Reemplazo y chatarrización de 2.000.000 de neveras. El objetivo de este subprograma es diseñar y ejecutar estrategias graduales y complementarias que permitan mejorar el desempeño energético y reducir el impacto ambiental de los equipos de refrigeración y aire acondicionado de uso doméstico.</p> <p>Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Crear un programa nacional de uso eficiente de energía en equipos de refrigeración, aire acondicionado y demás electrodomésticos.</i></li> <li>• <i>b. Realizar gestión de recursos, acuerdos y compromisos a fin de avanzar en la definición y ejecución de proyectos.</i></li> <li>• <i>c. Desarrollar proyectos de sustitución de equipos de refrigeración, aire acondicionado y demás electrodomésticos.</i></li> <li>• <i>d. Definir mecanismos financieros y fuentes de recursos que permitan la realización de los proyectos de sustitución.</i></li> <li>• <i>e. Realizar la caracterización técnica, económica y ambiental de equipos de refrigeración y aire acondicionado con el fin de viabilizar la sustitución de refrigerantes tipo CFC y/o HFC por tipo hidrocarburos.</i></li> <li>• <i>f. Expedir el Reglamento Técnico de Etiquetado, a fin de introducir estándares mínimos obligatorios que tiendan a la provisión de equipos con estándares de máxima eficiencia.</i></li> <li>• <i>g. Otorgar el Sello Ambiental Colombiano a equipos de refrigeración y aire acondicionado de la mayor eficiencia.</i></li> <li>• <i>h. Reglamentar la gestión post-consumo para los residuos de equipos de refrigeración y aire acondicionado y demás electrodomésticos.</i></li> <li>• <i>i. Promover diseños arquitectónicos que utilicen el aire natural para usos de ventilación y acondicionamientos de espacios.</i></li> </ul>
<p>HORNILLAS EFICIENTES.</p>	<p>Objetivo del programa PROURE: Inversión en capacitación e investigación aplicada. <u>En zonas urbanas:</u> En el estudio de caracterización realizado por la UPME en el sector residencial, se ha identificado un potencial de ahorro en las estufas a gas natural, a través de una mejora en el diseño y calidad de las hornillas. <u>En zonas rurales:</u> Para mejorar esta situación se hace necesario promover la adopción de mejores prácticas ambientales y de las mejores técnicas disponibles, a través de la implementación de sistemas de cocción cuya combustión sea más eficiente o la sustitución del uso de leña o carbón por fuentes de energía más limpias, y mejorando los sistemas de evacuación y control de emisiones y cenizas con el fin de reducir las emisiones de Dioxinas y Furanos y proteger así la salud de las poblaciones afectadas y el medio ambiente. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Promover el reemplazo de las hornillas ineficientes por otra más eficientes en las estufas ya instaladas.</i></li> <li>• <i>b. Definir un marco normativo con la estandarización y etiquetado que tiendan a remover del mercado los equipos ineficientes.</i></li> <li>• <i>c. Promover la investigación en hornillas eficientes.</i></li> <li>• <i>d. Promover la instalación de hornillas eficientes mediante el apoyo financiero de las empresas distribuidoras de gas.</i></li> <li>• <i>e. Promover la educación del usuario en el mejor manejo de estufas a gas y adquisición de las hornillas.</i></li> </ul>

DESCRIPCIÓN	
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y USO EFICIENTE Y SOSTENIBLE DE VIVIENDAS.	<p>Objetivo del programa PROURE: Inversión en capacitación e investigación aplicada en arquitectura y temas relacionados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Desarrollar normatividad en eficiencia energética en vivienda y adoptar reglamento de diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de edificaciones.</i></li> <li>• <i>b. Desarrollar sistemas de arquitectura bioclimática en viviendas con conceptos de eficiencia energética y uso de fuentes no convencionales de energía.</i></li> <li>• <i>c. Fortalecer la educación y promover la investigación en sistemas de construcción, diseños arquitectónicos, aprovechamiento y obtención de materiales, equipos eficientes de uso final, gestión integral de escombros y reciclaje.</i></li> <li>• <i>d. Capacitar a los usuarios de viviendas en temas de uso racional y eficiente de energía.</i></li> <li>• <i>e. Desarrollar proyectos piloto de eficiencia energética en viviendas en el marco de proyectos urbanísticos.</i></li> <li>• <i>f. Crear un programa de venta de energía eléctrica prepago en viviendas de barrios subnormales, estratos bajos y sector rural a nivel nacional.</i></li> <li>• <i>g. Impulsar proyectos piloto de carácter asociativo en grupos de usuarios en barrios subnormales y estratos bajos en el sector residencial, con problemas de recaudo, carteras morosas altas y falta de capacidad de pago.</i></li> </ul>
GAS LICUADO DEL PETRÓLEO (GLP) EN EL SECTOR RURAL Y ZONAS MARGINALES	<p>Objetivo del programa PROURE: Consultoría básica. Líneas de acción:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>a. Diseñar un programa de masificación de GLP en zonas rurales y marginales.</i></li> <li>• <i>b. Desarrollar una campaña de capacitación y difusión de los beneficios del GLP.</i></li> <li>• <i>c. Desarrollar una estrategia de distribución de GLP en zonas rurales y marginales del país.</i></li> <li>• <i>d. Desarrollar un esquema de subsidios al usuario rural y marginal.</i></li> <li>• <i>e. Programa de seguimiento a las empresas distribuidoras de GLP.</i></li> <li>• <i>f. Promover el análisis entre los agentes de la cadena en el precio del GLP.</i></li> </ul>
CULTIVOS ENERGÉTICOS	<p>Los cultivos energéticos son unos cultivos de plantas de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía o como materia prima para la obtención de otras sustancias combustibles. El desarrollo de estos cultivos energéticos suele ir acompañado del desarrollo paralelo de la correspondiente industria de transformación de la biomasa en combustible.</p>
HORNOS O COCINAS SOLARES.	<p>Las cocinas solares pueden usarse para cocinar los alimentos y calentar agua para bebida. La cocina solar concentra y desvía la radiación solar con la ayuda de una superficie reflectante en la parte trasera, la parte superior, los lados y el fondo de una olla. Su manipulación es sencilla, pero la cocina solar necesita espacio: cuanto mayor sea la superficie del reflector, más fuerte es el poder del fuego generado. De acuerdo con el diseño, las cocinas solares son de tres tipos: cocina de caja, cocina de panel y cocina parabólica.</p>

### 2.1.5 Medidas y tecnologías para el sector minería del carbón

Con el fin de dar mayor coherencia al proceso de evaluación, las medidas de mitigación identificadas para minería del carbón fueron descritas de acuerdo a las sugerencias del consultor para la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono del Ministerio de Minas y Energía.

CUADRO 5: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS PARA EL SECTOR MINERÍA DEL CARBÓN.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
EXTRACCIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL METANO EN MINAS DE CARBÓN ACTIVAS (COAL MINE METHANE).	La recuperación del metano se puede realizar a través de diferentes tecnologías como: Pozos de relleno, perforación horizontal en minas subterráneas, pozos verticales y horizontales. El gas recuperado, según la concentración de metano puede ser empleado en:  Gas natural comercializable, insumo para la producción de compuestos químicos como el amoníaco, metanol y ácido acético (para altas concentraciones).
EXTRACCIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL METANO EN MINAS DE CARBÓN ABANDONADAS.	Producción de gas licuado, combustible para motores de combustión interna, combustible de calderas industriales, combustible para los secadores de carbón, combustible para microturbinas, combustible para calefacción de las instalaciones de la mina, celdas de combustible (para medianas concentraciones).
APROVECHAMIENTO DEL METANO EXTRAÍDO A TRAVÉS DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN (VENTILATION AIR METHANE).	En las minas activas el metano sale diluido con el aire de ventilación, en concentraciones muy bajas (típicamente en torno al 1 %), por lo que su aprovechamiento no resulta fácil técnicamente. Sin embargo, en los últimos tiempos se están desarrollando diversas técnicas para ello, dentro de lo que se denomina genéricamente VAM (Ventilation Air Methane). Las principales técnicas desarrolladas hasta la fecha son: - Reactor oxidante de flujo reversible, Microturbinas de combustible pobre, Sistemas híbridos de carbón y VAM, Concentradores de metano, Uso como aire suplementario en caldera, Uso del aire de la ventilación como aire de combustión en la producción de energía, uso del aire de la ventilación como aire de alimentación para turbinas o motores de combustión.
QUEMA DEL METANO EXTRAÍDO A TRAVÉS DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN	Si el metano de las minas no puede ser utilizado en ninguna aplicación, la opción de mitigación más simple es oxidar (quemar) el metano.
EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USO DE ENERGÍAS RENOVABLES EN ACTIVIDADES DE MINERÍA DEL CARBÓN.	Optimizar el uso de combustibles fósiles en las diferentes operaciones de la minería contempladas en la etapa de producción (extracción: arranque, cargue, sostenimiento, transporte, descargue; preparación y/o beneficio, transporte y comercialización del mineral).
REFORESTACIÓN EN ACTIVIDADES DE CIERRE DE LAS MINAS.	Sembrar especies arbustivas y arbóreas nativas o exóticas durante la fase de desmantelamiento de la mina, para recuperar el suelo mediante el aporte de material vegetal y la fijación de elementos esenciales y para el establecimiento a largo plazo de bosques protectores del recurso hídrico y de hábitat de la fauna, o el establecimiento de parcelas productivas.

## 2.2 CRITERIOS SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN.

Para la definición de criterios sociales, ambientales y económicos que se consideran importantes para el desarrollo sostenible de la región y a los cuales deberían aportar las medidas y tecnologías de mitigación propuestas, se realizó en primer lugar una revisión de las prioridades definidas en los Planes de Desarrollo de Bogotá y Cundinamarca; posteriormente y según lo allí establecido se realizó una propuesta de criterios la cual fue puesta a consideración en la mesa técnica de trabajo de mitigación del PRICC en un taller realizado el 05 de agosto de 2013 (en el Anexo 1 se presenta la ayuda de memoria del taller). Como resultado de dicho taller se definieron 15 criterios (7 sociales, 5 ambientales y 3 económicos).

Posteriormente y en acuerdo con los participantes al taller, con el fin de establecer la pertinencia y coherencia de los criterios establecidos, se realizó una prueba de evaluación de las medidas y tecnologías propuestas para cada sector. Esta prueba se realizó con el apoyo de profesionales de la Corporación Ambiental Empresarial CAEM de la Cámara de Comercio de Bogotá. Como resultado de este ejercicio se excluyeron 3 criterios porque resultaron muy amplios, de difícil relación con beneficios de proyectos de mitigación y/o generales (conservación de otros servicios ecosistémicos, gestión del riesgo y enfoque diferencial de género y generación); sin embargo, se deja anotación que estos criterios deben ser tenidos en cuenta en el momento de seleccionar y perfilar los 10 proyectos de mitigación que deben ser propuestos como resultado final por parte de la firma consultora contratada para tal fin.

Los criterios definidos fueron los siguientes:

CUADRO 6: CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios ambientales	Criterios sociales	Criterios técnicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la contaminación del agua.</li> <li>• Reducción de la contaminación atmosférica.</li> <li>• Mejora en el manejo de residuos sólidos.</li> <li>• Uso eficiente de los recursos energéticos.</li> <li>• Conservación y reducción de la contaminación de los suelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la seguridad y soberanía alimentaria.</li> <li>• Mejora en la salud pública.</li> <li>• Generación, mejora y transferencia de conocimiento.</li> <li>• Innovación tecnológica.</li> <li>• Fortalecimiento Institucional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Productividad y Competitividad regional.</li> <li>• Generación de empleo y reducción de la pobreza regional.</li> </ul>

En el anexo 2 se presenta una breve definición de cada criterio.

Es importante mencionar que los criterios fueron definidos para la evaluación de todas las medidas y tecnologías contempladas con el fin de identificar las que realizan mayor aporte a las prioridades de desarrollo de la región, independientemente del sector al cual corresponden.

Se estableció un criterio de puntuación para cada criterio, de 1 a 5; esto es, para cada medida de mitigación se otorga un puntaje de 0 a 5 en cada criterio de evaluación ambiental, social y económico definido, teniendo en cuenta que la puntuación es función del nivel de aporte que cada medida haga a los diferentes criterios, en donde 0 significa que no existe aporte, 1 es el mínimo aporte y 5 el máximo.

En el taller de definición de criterios realizado con los socios del PRICC, también se estableció que no se realizaría ponderación de criterios, dado que según las apreciaciones de los participantes al taller, todos los definidos poseen igual importancia en cuanto a prioridades de desarrollo de la región.

## 2.3 EVALUACIÓN Y PERCEPCIÓN DE EXPERTOS.

### 2.3.1 Encuesta aplicada

Tal como se describió en la metodología, se buscaba a través de juicio de expertos lograr dos propósitos: evaluación del aporte que cada medida y tecnología de mitigación realiza a los criterios sociales, ambientales y económicos definidos, y establecer la viabilidad técnica, económica y de implementación a nivel regional y local. Por lo tanto se diseñó para cada sector un formato de encuesta en cuya primera parte se realizaron preguntas abiertas sobre la capacidad de implementación y en la segunda se proporcionaba la matriz de evaluación. A continuación se presenta a manera de ejemplo la encuesta aplicada a los expertos del sector transporte y en el anexo 3 se presenta las encuestas para los demás sectores, las cuales únicamente varían en la lista de medidas a evaluar.

#### CUADRO 7: ENCUESTA APLICADA A LOS EXPERTOS DEL SECTOR TRANSPORTE

Nombre: \_\_\_\_\_

Entidad: \_\_\_\_\_ Cargo: \_\_\_\_\_

Profesión: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Tel: \_\_\_\_\_ E-mail: \_\_\_\_\_

#### **Medidas y tecnologías para la reducción de emisiones GEI en el sector transporte:**

##### Transporte motorizado

1. Transporte masivo de pasajeros (incluye trenes, metro y autobuses de transporte rápido).
2. Gestión de la demanda de vehículos privados (incluye aspectos como información y la educación, cambios de precios, restricción en las importaciones, reforma de calles y políticas de parqueo, y fomento del uso compartido de automóviles - *Carpooling*).
3. Optimización del transporte de carga (cambios modales).
4. Conducción económica y ecológica.
5. Renovación del parque automotor.

##### Sustitución de combustibles convencionales por alternativos:

6. Biodiesel.
7. Bioetanol.
8. Gas natural comprimido (GNC).
9. Vehículos eléctricos.
10. Vehículos híbridos eléctricos.

Transporte no motorizado.

11. Uso de bicicletas (construcción de aceras y carriles para bicicletas, programas de intercambio de bicicletas, planificación urbana y desarrollo orientado al peatón).
12. Circuitos peatonales.

Transversales

13. Desarrollo urbano orientado al transporte (uso mixto del suelo, alta densidad, prioridad peatonal y de ciclas, conexión al transporte público masivo, etc).
14. Sistemas inteligentes de gestión de transporte (información en tiempo real sobre transporte público, información de tiempos de viaje y de tráfico, sistemas de control de tráfico, peajes electrónicos por congestión, etc.).

Favor responder las siguientes preguntas relacionadas con las medidas listadas anteriormente:

1. Considera que existe alguna medida o tecnología para la reducción de emisiones de GEI en el sector que no se contemple en las descritas?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

Si su respuesta es positiva, favor describir cuál no fue incluida:

---

2. Considera que de las medidas descritas existe alguna que no es factible de implementar en la región desde el punto de vista técnico?

Sí \_\_\_ No \_\_\_

Si su respuesta es positiva, favor describir la razón.

---

3. Cuáles de las medidas descritas considera deben ser implementadas desde el ámbito local (ciudades, municipios y departamentos) y por qué?

---



### 2.3.2 Proceso de evaluación

Una vez definidos los criterios y diseñada la encuesta, se realizaron reuniones personalizadas con expertos con el fin de llevar a cabo la evaluación de las medidas y tecnologías de mitigación contempladas para cada sector identificado como estratégico.

Cada experto en un sector, evaluó todas las medidas definidas para el respectivo sector de su experticia. Para cada sector se contó como mínimo con la participación de 3 expertos.

Dichos expertos corresponden a profesionales miembros de las diferentes entidades socias del PRICC que cuentan con amplia experiencia en los sectores objeto de evaluación y profesionales de otras instituciones identificados como estratégicas para el proceso. Se contactaron y encuestaron profesionales de entidades como: Secretaría Distrital de Ambiente, Gobernación de Cundinamarca, Ministerio de Transporte, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Vivienda, Trasmilenio, Universidades, Corpoica, Corporación Ambiental Empresarial CAEM, entre otros. En el anexo 4 se presentan los nombres y cargos de los profesionales entrevistados. En el anexo 5 se presentan las encuestas diligenciadas.

## 2.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN A LAS PRIORIDADES DE DESARROLLO SOCIALES, ECONÓMICAS Y AMBIENTALES DE LA REGIÓN.

El puntaje dado a cada criterio de evaluación, en cada medida y tecnología considerada se obtuvo mediante un promedio de la calificación dada por todos los expertos del mismo sector. Se eliminaron aquellos puntajes para los cuales se obtuvo una desviación estándar mayor a 2. No se tuvo en cuenta el puntaje dado al criterio de Fortalecimiento Institucional, dado que generó grandes diferencias en el proceso de evaluación con expertos, en donde algunos consideraban que el fortalecimiento institucional no correspondía a un beneficio sino a una condición que debe estar dada antes de la implementación de la medida, incluso alguno expertos decidieron no puntuar dicho criterio.

El puntaje total de cada medida corresponde a la suma de la calificación dada a todos los criterios, en este sentido, el máximo puntaje a obtener correspondía a 55 puntos (11 criterios\*calificación máxima de 5 cada uno). En el anexo 6 se presenta el procesamiento de los datos.

En el cuadro a continuación se presentan los resultados obtenidos:

**CUADRO 8: RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE CONTRIBUCIÓN A LAS PRIORIDADES DE DESARROLLO**

SECTOR	NOMBRE DE LA MEDIDA O TECNOLOGÍA	PUNTAJE
Minería de Carbón	Eficiencia energética y uso de energías renovables en actividades de minería del carbón.	47,0
Agropecuario	Mejora de las prácticas agronómicas	46,2
Agropecuario	Digestión anaerobia de estiércol	44,7
Agropecuario	Mejora de las prácticas de alimentación	43,3
Agropecuario	Agrosilvicultura	42,8
Agropecuario	Cambio de largo plazo en el manejo del ganado y en la cría de animales	42,0

Agropecuario	Agricultura de precisión	42,0
Minería de Carbón	Extracción y aprovechamiento del metano en minas de carbón activas (Coal Mine Methane).	42,0
Minería de Carbón	Aprovechamiento del metano extraído a través de sistemas de ventilación (Ventilation Air Methane).	42,0
Agropecuario	Introducción de especies	41,6
Agropecuario	Digestión aerobia - estiércol líquido	41,4
Agropecuario	Gestión de labranza y de residuos de cultivo	41,3
Agropecuario	Aplicación al suelo de estiércol crudo o compost en condiciones adecuadas	39,9
Agropecuario	Cambios de cobertura de suelo que resulten en incremento del almacenamiento de carbono	39,2
Agropecuario	Gestión de la intensidad de pastoreo	39,1
Agropecuario	Uso de formas de fertilizantes lentos o de liberación controlada o inhibidores de la nitrificación	39,0
Minería de Carbón	Extracción y aprovechamiento del metano en minas de carbón abandonadas.	39,0
Residuos	Compostaje de residuos orgánicos biodegradables – sistemas cerrados mecanizados	38,0
Agropecuario	Restauración de suelos orgánicos o turberas	37,7
Agropecuario	Aditivos y agentes alimenticios	37,1
Trasporte	Desarrollo urbano orientado al transporte	36,4
Residuos	Plantas de tratamiento mecánico-biológico TMB para residuos con alto contenido de materia orgánica	36,0
Trasporte	Transporte masivo de pasajeros	35,8
Eficiencia energética	Optimización de procesos de combustión	35,8
Residuos	Infraestructura para separación en la fuente y reciclaje	35,3
Eficiencia energética	Diseño, construcción, reconversión energética y uso eficiente y sostenible de edificaciones	35,3
Residuos	Digestión anaerobia de residuos orgánicos biodegradables para la producción de biogás y su uso posterior como energía térmica o para producción de electricidad	35,0
Eficiencia energética	Diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de viviendas	34,2
Minería de Carbón	Quema del metano extraído a través de sistemas de ventilación	34,0
Trasporte	Vehículos eléctricos	33,8
Eficiencia energética	Uso racional y eficiente de la energía en Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES)	33,8
Eficiencia energética	Optimización de la cadena de frío	33,6
Residuos	Compostaje de residuos orgánicos biodegradables – sistemas en pilas estáticas aireadas	33,5

Trasporte	Optimización del transporte de carga	33,4
Eficiencia energética	Gestión integral de la energía en la industria con énfasis en producción más limpia	33,2
Residuos	Waste to energy – tratamiento térmico de los residuos sólidos municipales para la producción local de energía térmica o electricidad (incluye incineración, pirolisis, gasificación)	32,6
Residuos	Compostaje de residuos orgánicos biodegradables – sistemas abiertos en pilas horizontales	32,5
Eficiencia energética	Hornos o cocinas solares	31,3
Eficiencia energética	Cogeneración y autogeneración	31,3
Eficiencia energética	Optimización del uso de calderas	30,7
Trasporte	Renovación del parque automotor	30,6
Eficiencia energética	Difusión, promoción y aplicación de tecnologías y buenas prácticas en sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado	30,2
Residuos	Captura de metano en rellenos sanitarios para generación de electricidad.	29,7
Residuos	Captura de metano en rellenos sanitarios para posterior uso como combustible	29,4
Residuos	Captura de metano en rellenos sanitarios para posterior uso como energía térmica	29,4
Eficiencia energética	Gas Licuado del Petróleo (GLP) en el sector rural y zonas marginales	29,1
Trasporte	Vehículos híbridos eléctricos	28,9
Trasporte	Gestión de la demanda de vehículos privados	28,6
Trasporte	Sistemas inteligentes de gestión de transporte	28,0
Eficiencia energética	Optimización del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz	25,9
Eficiencia energética	Cultivos energéticos	24,8
Eficiencia energética	Hornillas eficientes	24,5
Eficiencia energética	Eficiencia en iluminación	24,3
Trasporte	Conducción económica y ecológica	24,2
Eficiencia energética	Uso eficiente de energía en equipos de refrigeración, aire acondicionado y demás electrodomésticos	23,8
Trasporte	Circuitos peatonales	23,4
Trasporte	Uso de bicicletas	22,5
Eficiencia energética	Sustitución de bombillas incandescentes	22,4
Trasporte	Gas natural comprimido	19,2
Trasporte	Bioetanol	17,0
Trasporte	Biodiesel	16,0

Fuente: Elaboración propia, este estudio.

De forma general, los resultados indican que las posibles medidas y tecnologías de mitigación a implementar en todos los sectores, realizan un aporte importante a las prioridades de desarrollo de la región Cundinamarca – Bogotá. Esto es, el 81% de las medidas identificadas (50 de 62) obtuvieron un puntaje igual o superior a 28 puntos que corresponden al 50% del máximo puntaje esperado; el 56% (35 de 62) obtienen un puntaje superior al 60% del máximo posible y el 27% (17 de 62) superior al 70%.

Resulta de gran importancia la implementación de medidas de mitigación en el sector minero como la eficiencia energética en las actividades de explotación y el aprovechamiento del metano; lo cual es coherente con la importancia que tiene este sector en Cundinamarca y se enmarca dentro del programa Minería y Energía Responsable para Cundinamarca del Plan de Desarrollo de Cundinamarca, Calidad de Vida 2012 -2016, en donde se expresa que “los recursos mineros del departamento deben ser aprovechados de manera integral, de tal forma que atienda las necesidades sociales del sector, desarrolle plataformas tecnológicas y técnicas para mejorar la exploración y explotación y cree escenarios de inversión privada”

Se encuentra que las posibles medidas y tecnologías de mitigación a implementar en el sector agropecuario realizan el principal aporte al desarrollo de la región, lo cual es coherente con las prioridades de desarrollo establecidas en los programas y líneas estrategias plasmadas en los Planes de Desarrollo de Bogotá y Cundinamarca como lo son principalmente: Seguridad Alimentaria y desarrollo Rural Integral, Conservación de los bienes y servicios ambientales, Fortalecimiento del primer eslabón de la cadena forestal, Desarrollo Competitivo del Sector Agropecuario, Ciencia y tecnología para la innovación social, productiva, rural e institucional, Recuperación, rehabilitación y restauración de la estructura ecológica principal y de los espacios del agua, Desarrollo rural - producción agropecuaria sostenibles.

Así mismo, tecnologías y medidas en el sector residuos resultan importantes por su aporte a los programas y líneas estratégicas de Gestión Integral de Residuos Sólidos para Cundinamarca y Optimización del manejo de residuos sólidos: Basura cero para Bogotá; a su vez que algunas medidas priorizadas como el aprovechamiento de residuos orgánicos biodegradables para la producción de compost, aportan de manera indirecta al programa de Desarrollo competitivo del sector agropecuario de Cundinamarca.

En lo que respecta al sector transporte, también se encuentran medidas y tecnologías de mitigación con puntajes considerables en la evaluación de aportes a las prioridades de desarrollo de la región, como lo son el Desarrollo urbano orientado al transporte, Transporte masivo de pasajeros, Vehículos eléctricos y Optimización del transporte de carga; medidas todas que se pueden enmarcar en los programas de Movilidad sostenible para Bogotá y el de Infraestructura y servicios para la movilidad plasmado en el Plan de Desarrollo de Cundinamarca.

Las medidas de eficiencia energética que se puedan implementar en la región desde los sectores industrial y residencial, representan un aporte importante en cuánto a reducción de emisiones de GEI directas (por consumo de combustibles fósiles) e indirectas asociadas al consumo de energía eléctricas, por cuanto Bogotá y Cundinamarca tienen en su territorio un considerable parque industrial consumidor de diferentes energéticos, siendo la Industria de cemento y cerámica (ladrilleras) las principales; así mismo “Bogotá es el principal centro urbano de Colombia, con el 16% (7,3 millones) de la población de Colombia y junto con Cundinamarca el 22% con un total de 9,8 millones» (CCB, 2010, DANE 2005), lo cual repercute en altos consumos de energía eléctrica y de otros combustibles (como gas natural, GLP y leña) en el sector residencial.

## 2.5 RESULTADOS SOBRE FACTIBILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y A NIVEL LOCAL Y REGIONAL.

Como resultado de la entrevista realizada a expertos, se pudo establecer la factibilidad de implementación técnica y económica de las medidas y tecnologías propuestas y a la vez establecer aquellas que son más eficientes de impulsar e implementar desde las autoridades y actores locales y regionales.

Con estas apreciaciones y juicios de los expertos, algunas medidas y tecnologías que obtienen alto puntaje por su aporte a las prioridades de desarrollo de la región, son eliminadas de la lista de prioridades y otras pueden cambiar su posición en el ranking de prioridades. A continuación se presentan, por sector, las conclusiones de los aportes realizados por los expertos a través de las encuestas.

Sector transporte:

- Factibilidad técnica y económica para la implementación: Los expertos consultados consideran que en general técnica y económicamente todas las medidas consideradas son factibles de implementar, siempre y cuando exista voluntad política. Adicionalmente consideran que en la región y en general en Colombia se tiene baja experiencia en cuanto al uso de vehículos eléctricos e híbridos eléctricos de gran tamaño, que podrían llegar a ser implementados como complemento a los sistemas masivos de pasajeros tipo bus y que alternativas relacionadas con la sustitución de combustibles convencionales no son aplicables a todos los tipos de transporte, como el uso de gas natural en transporte de carga. Finalmente señalan que el uso de biodiesel mezclado con diesel puede generar impactos ambientales negativos significativos asociados a la producción del biodiesel (por ejemplo: conflicto uso de suelo, agotamiento recurso hídrico, competencia con alimentos).
- Medidas y tecnologías prioritarias para implementar desde lo local y regional: Los expertos coinciden en que es necesario desde lo local promover el uso de transporte no motorizado (bicicletas y peatones) y adecuar la infraestructura existente para estos propósitos; así mismo y como marco de estas medidas, resulta altamente importante que las ciudades aborden estrategias de Desarrollo Urbano Orientado al Transporte que incluya uso mixto del suelo, conexiones intermodales, prioridades al transporte de ciclas y peatones. También se considera importante impulsar la conducción económica y ecológica, el uso compartido de vehículos y políticas de parqueo (gestión de la demanda de vehículos privados) y la mejora del transporte público bajo esquemas eficientes de transporte masivo (metro). A nivel regional, mencionan la mejora en el transporte de carga y contemplar el tren como una alternativa para este transporte.

Sector residuos:

- Factibilidad técnica y económica para la implementación: Los expertos consultados coinciden en afirmar que las tecnologías relacionadas con el tratamiento térmico de residuos urbanos para la producción de energía (Waste to energy) requiere altos costos de implementación y que el valor de la energía a generar puede llegar a ser superior al costo de la energía disponible actualmente.

Adicionalmente consideran que las tecnologías relacionadas con el uso del biogás generado en los rellenos sanitarios también conlleva a altos costos de inversión y la venta de energía eléctrica está limitada por la regulación existente.

- Medidas y tecnologías prioritarias para implementar desde lo local y regional: Las alternativas relacionadas con compostaje de residuos orgánicos resultan importantes para el ámbito municipal, siempre y cuando se certifique la calidad del producto y bajo tecnologías adecuadas (preferiblemente con algún grado de mecanización). De igual forma y dadas las características de los residuos sólidos municipales del territorio (con alto contenido de materia orgánica de alimentos y de producción agropecuaria), también es importante impulsar la digestión anaerobia de residuos y el uso del biogás generado a partir de dichas tecnologías. El fortalecimiento de la infraestructura y educación para el reciclaje es altamente importante en ciudades y municipios y debe hacer parte integral de cualquier alternativa que se plantee. En ese sentido, resultan importantes todas las alternativas relacionadas con el aprovechamiento de los residuos.

Sector Agropecuario:

- Factibilidad técnica y económica para la implementación: Los expertos coinciden en que todas las medidas y alternativas propuestas son factibles de implementar desde el punto de vista técnico y económico. Cómo posibles restricciones encuentran los altos costos asociados a la implementación de más concentrados en las dietas de animales y el uso de antibióticos como aditivos en los alimentos tiene restricciones en Colombia. Adicionalmente, la agricultura de precisión con algún nivel de tecnificación representa altos costos de implementación.
- Medidas y tecnologías prioritarias para implementar desde lo local y regional: Todas las alternativas de mitigación relacionadas con el sector agropecuario tienen un carácter territorial, según afirman los expertos, razón por la cual todas resultan de gran importancia de implementación local y regional. Sin embargo, resaltan algunas prácticas que resultan prioritarias para la implementación en la región entre las cuales están: mejora de las prácticas agronómicas en tierras de cultivo, mejora de las prácticas de alimentación del ganado (suplementación estratégica por ejemplo con forrajes que contienen metabolitos secundarios taninos y saponinas); implementación de algunos aditivos y agentes alimenticios (también llamados moduladores del sistema ruminal) como aceites vegetales y animales, prebióticos y probióticos, ácidos orgánicos; implementación de sistemas de pastoreo optimizado; cambio de coberturas de suelo que resulten en incremento de almacenamiento de carbono; restauración de suelos orgánicos (turberas o humedales). Adicionalmente señalan alternativas no contempladas que pueden resultar muy importantes como el mejoramiento genético animal y la implementación de sistemas silvopastoriles.

Eficiencia energética:

- Factibilidad técnica y económica para la implementación: Las estrategias relacionadas con co-

generación y autogeneración son alternativas costosas y la energía generada puede no competir en precio con la energía vendida; adicionalmente estas tienen barreras regulatorias: para autogeneración no es posible vender los excedentes de energía a la red, al igual que la cogeneración terciaria. La tecnología para hornos y cocinas solares no está aún desarrollada en el país y puede llegar a ser costosa, además no se tiene certeza de los potenciales requeridos en la región.

- Medidas y tecnologías prioritarias para implementar desde lo local y regional: Los expertos coinciden en que todas las estrategias descritas, tienen ámbito de aplicación local y regional.

Adicionalmente, y de forma transversal a todos los sectores, algunos de los expertos expresan la necesidad de articular esfuerzos con la Estrategia Nacional de Desarrollo Bajo en Carbono; en este sentido, se debe priorizar aquellas medidas que permitan implementar las políticas y programas nacionales que sean impulsados por esta estrategia, y complementar con estrategias que tengan un carácter local y regional.

## 2.6 RESULTADOS FINALES: TECNOLOGÍAS Y MEDIDAS PRIORIZADAS Y VIABLES PARA LA REGIÓN BOGOTÁ - CUNDINAMARCA.

Según los resultados de la evaluación del aporte que hacen las medidas y tecnologías de mitigación al desarrollo de la región en términos de prioridades sociales, económicas y ambientales, y de la percepción de expertos sobre factibilidad de implementación técnica y económica y de mayor impacto desde el ámbito local y regional, se concluye sobre las medidas y tecnologías viables y prioritarias a implementar y se crea una lista por sector.

A continuación se presenta por sector cada lista, la cual incluye la medida y/o tecnología general evaluada y posibilidades de proyectos específicos para la región en el marco de cada medida general que se establecieron a partir de comentarios realizados por expertos en las entrevistas realizadas y de la lectura de documentos relacionados.

En este punto es importante aclarar que dicha lista, puede sufrir algunas variaciones en una etapa posterior, dado que aún no se han evaluado las barreras en la implementación, relacionadas con aspectos normativos, legales, sociales, culturales, y de valoración económica; entre otros aspectos. Esta lista corresponde a la viabilidad de medidas y tecnologías generales a implementar, resultado de la percepción de expertos respecto al aporte a las prioridades de desarrollo de la región y de su factibilidad de implementación técnica y económica.

### 2.6.1 Sector transporte

Dado el puntaje obtenido y las restricciones técnicas y económicas identificadas, las medidas relacionadas con sustitución de combustibles convencionales a gas natural comprimido, bioetanol y biodiesel, no resultan prioritarias para su implementación en la región. Alternativas relacionadas con la promoción de conducción económica y ecológica, circuitos peatonales y uso de bicicletas que obtuvieron un puntaje inferior a

otras alternativas en este sector, son eficientes de implementar desde el ámbito local, según la percepción de expertos, razón por la cual resultan prioritarias, a la vez que se pueden articular con otras alternativas importantes como el Desarrollo Urbano Orientado al Transporte.

Medidas como optimización del transporte de carga y renovación del parque automotor resultan importantes, pero es necesario conocer el marco normativo y de políticas que desde la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono se estén adelantando. Sistemas inteligentes de gestión de transporte ya están siendo impulsados, como es el caso de los peajes por congestión que recientemente entran en vigencia en ciudades como Bogotá. En transporte masivo de pasajeros, teniendo en cuenta que esto hace referencia al metro y transmilenio y que la ampliación, implementación y optimización de estos sistemas ya está siendo abordado por las políticas distritales, resulta prioritario según los expertos mejor hablar de transporte público de pasajeros y la optimización de estos sistemas.

En conclusión, los modos más eficientes y sostenibles (tales como caminar, andar en bicicleta, utilizar el transporte público, compartir el auto o el trabajo a distancia) deben tener prioridad espacial. Las medidas relacionadas con sustitución de tecnologías a vehículos eléctricos y vehículos híbridos eléctricos y la renovación del parque automotor, se plantean de forma transversal al transporte público de pasajeros, transporte de carga y privado.

#### CUADRO 9: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN PRIORITARIAS Y VIABLES PARA EL SECTOR TRANSPORTE

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
Desarrollo urbano orientado al transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Desarrollar un programa de entrenamiento, capacitación y educación en temas de Desarrollo Urbano Orientado al Transporte dirigido a los profesionales relacionados con el sistema de movilidad urbana y planeación en las entidades locales de ciudades intermedias en Cundinamarca (Soacha, Fusagasugá, Facatativá, Chía, Zipaquirá, Girardot) y en Bogotá; de tal forma que se mejoren y generen capacidades institucionales para que en el mediano plazo y en los procesos de revisión y ajuste de los POT se implementen en las ciudades esquema de densificación y uso mixto del suelo en torno a estaciones y corredores de transporte público.</i></li> </ul>
Circuitos peatonales y uso de bicicletas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Desarrollar un programa de sensibilización y promoción del uso de bicicletas y circuitos peatonales en ciudades de Cundinamarca que ya cuenten con infraestructura y sistemas de transporte no motorizado.</i></li> <li>• <i>Desarrollar programas de construcción, renovación, recuperación y revalorización del espacio público (andenes, ciclo rutas, alamedas, parques viales, pasos y pasajes peatonales) en municipios con mayor concentración de zona urbana de Cundinamarca como Soacha, Funza, Mosquera, Sibaté, Fusagasugá, Chía, Facatativá y Zipaquirá.</i></li> </ul>
Conducción económica y ecológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Desarrollar convenios con empresas de transporte público de pasajeros de las principales ciudades de Cundinamarca para el desarrollo de programas de capacitación en mejores prácticas de conducción.</i></li> <li>• <i>Desarrollar programas de capacitación en mejores prácticas de conducción a conductores de transporte privado por ciudades en Cundinamarca, principalmente en aquellas que presentan un alto parque automotor.</i></li> </ul>

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
Gestión de la demanda de vehículos privados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Crear programas de apoyo a empresas para el desarrollo Planes de Movilidad Empresariales (PEMS) que incluyan estrategias para fomentar el uso compartido de automóviles llamadas Carpooling, programas de teletrabajo o trabajo virtual, cambio de horarios de trabajo, cambios modales de transporte, generación de incentivos para utilizar el transporte sostenible (por ejemplo, utilizar transporte público o usar una bicicleta por medio de la entrega de bicicletas subsidiadas, pases de transporte público gratuitos, días de vacaciones adicionales según los días en que utilizan transporte sostenible, etc) y desincentivos para utilizar el automóvil particular (por ejemplo, cobrar por el uso de estacionamientos o dejar de incluir en los beneficios de empleado un estacionamiento gratuito); esto principalmente dirigido a industrias en Bogotá y en los municipios de borde urbano (La Calera, Chía, Cota, Funza, Mosquera y Soacha) que generen una dinámica de movimientos de población diaria Bogotá – municipios por recorridos de trabajo a vivienda y viceversa.</i></li> <li>• <i>Impulsar jornadas de día sin carro y de día sin moto en ciudades de Cundinamarca con alto flujo de estos medios de transporte.</i></li> <li>• <i>Evaluación de la factibilidad de implementación de peajes urbanos en el Distrito y otras ciudades integrantes de la Región Capital, como una estrategia para desincentivar el uso de vehículo particular.</i></li> <li>• <i>Programas para la promoción de vehículos particulares híbridos y eléctricos.</i></li> </ul>
Transporte público de pasajeros y transporte masivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diagnóstico del estado de desarrollo y apoyo a la implementación de las primeras fases de los proyectos sobre Subsistema de Intercambiadores Modales Automóvil - Transporte Público (IMAT) y Subsistema Transporte Interurbano – Sistema Integrado de Transporte Público Masivo (IMIT) propuestos en el Plan de intercambiadores modales del Plan Maestro de Movilidad para Bogotá D.C., con el objetivo de estimular a los automovilistas provenientes de la región para que estacionen sus vehículos en las afueras de la ciudad y utilicen el transporte público para llegar a sus destinos y articular el sistema de transporte público interurbano de pasajeros con el transporte público urbano a fin de reducir la circulación de buses intermunicipales por la malla vial de la ciudad.</i></li> <li>• <i>Estudio de necesidades de intercambiadores modales regionales (en y entre municipios) que contribuyan a la disminución de recorridos de transporte privado y público (por ejemplo intercambiadores entre modos no motorizados con transporte intermunicipal).</i></li> <li>• <i>Reestructuración y optimización del transporte público de pasajeros municipal e intermunicipal en Cundinamarca a través del diseño y ejecución de programas eficientes de renovación de la flota vehicular, sustitución de la flota con tecnología híbrida o eléctrica, mantenimiento y mejora de la infraestructura vial, optimización de rutas y recorridos, optimización de esquemas de paraderos y mayor control a los centros de diagnóstico durante las pruebas y expedición del certificado de la revisión técnico-mecánica.</i></li> <li>• <i>Ampliar campañas de difusión y sensibilización para el uso del Sistema Integrado de Transporte en Bogotá, así como ampliar la cobertura (ajustar, complementar).</i></li> <li>• <i>Optimización del uso de taxis en Bogotá y ciudades intermedias (generar esquemas regulatorios más adecuados para el servicio de taxis para reducir su sobreoferta y sus kilómetros muertos y en general prestar un mejor servicio, diseñar bahías de parqueo).</i></li> <li>• <i>Campañas e incentivos para la sustitución de taxis a vehículos eléctricos.</i></li> <li>• <i>Diagnóstico del estado de avance en el proyecto del tren eléctrico de cercanías para el transporte de pasajeros en la sabana de Bogotá (Zipaquirá, Cajica, Chía, La Caro y Bogotá) y apoyo financiero y técnico a las siguientes fases de evaluación y a la ejecución del proyecto.</i></li> </ul>

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
Optimización del transporte de carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Promover con el Gobierno Nacional la reactivación del modelo férreo para el transporte de carga, en una primera etapa con el diagnóstico de las redes férreas de Cundinamarca para transporte de carga y evaluación de las mejoras y/o ampliaciones requeridas para el cambio modal de transporte de Carga en Cundinamarca o como complemento estratégico del transporte carretero existente.</i></li> <li>• <i>Implementación de programas para la sustitución de la flota de transporte de carga terrestre en Bogotá y Cundinamarca por vehículos con tecnología híbrida, principalmente para aquellos con edades superiores a los 20 años.</i></li> <li>• <i>Diagnóstico de las cadenas logísticas de transporte de carga al interior de las ciudades y desde los municipios del primer y segundo anillo de influencia en Bogotá (que son los municipios de Cundinamarca que le proveen aprox el 77% de alimentos) para optimización de horarios y tiempos y movimientos con apropiada ubicación de centros de despacho y estrategias para la optimización de la capacidad de carga (por ejemplo bajo esquemas asociativos).</i></li> </ul>
Sistemas inteligentes de gestión de transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Establecimiento de áreas de congestión y contaminación en ciudades con más de 300.000 habitantes (Soacha) para la implementación de herramientas tecnológicas que faciliten la imposición de cargos a aquellos que mayormente contaminan o congestionan, desestimulando el uso inadecuado del automóvil en las áreas de congestión.</i></li> <li>• <i>Diagnóstico del estado de implementación del Sistema de Información de la Movilidad Urbano Regional –SIMUR- (plataforma para el seguimiento del sistema de movilidad regional basada en sistemas inteligentes de transporte).</i></li> </ul>

Algunos documentos consultados:

- Documento CONPES 3677 de Movilidad Integral para la Región Capital Bogotá –Cundinamarca, Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C. Julio de 2010.
- Proyecto de acto administrativo: “Por medio del cual se fijan los criterios para la implantación de áreas de alta congestión, alta contaminación, o de infraestructura construida para evitar congestión urbana y se dictan otras disposiciones” Ministerio de transporte de Colombia. Bogotá D.C. Enero de 2013.
- Formulación del Plan Maestro de Movilidad para Bogotá D.C., que incluye ordenamiento de estacionamientos. Alcaldía mayor de Bogotá. Bogotá 2010.
- Apuntes para una aproximación a la caracterización de la Región Capital, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Socioeconómica, Dirección de Integración regional, nacional e internacional. Bogotá. 2010.
- Diagnóstico de la Región Capital Bogotá – Cundinamarca, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Socioeconómica, Dirección de Integración regional, nacional e internacional. Bogotá. Septiembre 2010
- Formulación de un Modelo de Ocupación Territorial Regional para los municipios de las provincias de Sabana Centro, Sabana Occidente y Soacha, con su sistema de información geográfica. Fase II: Estructuración del Modelo de Ocupación Territorial. Gobernación de Cundinamarca. Bogotá D.C. 2008.
- Transporte sostenible: Texto de referencia para formuladores de políticas públicas en ciu-

dades de desarrollo. German Technical Cooperation Agency (GTZ) Proyecto sectorial Servicio de Asesoría en Política de transporte por encargo de Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. Alemania, 2006.

- Gobernación de Cundinamarca. Plan de Desarrollo Departamental de Cundinamarca, Calidad de vida 2012 – 2016. Departamento de Cundinamarca, mayo de 2012.
- Proyecciones nacionales y departamentales de población 2005 – 2020. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Bogotá D.C. Marzo 2010.

### 2.6.2 Sector residuos

Dado el puntaje obtenido y las restricciones técnicas y económicas identificadas, las medidas relacionadas con Waste to energy – tratamiento térmico de los residuos sólidos municipales para la producción local de energía térmica o electricidad (incluye incineración, pirolisis, gasificación) y captura de metano en rellenos sanitarios para generación de electricidad, no resultan prioritarias para su implementación en la región. En cuanto al compostaje de residuos orgánicos biodegradables, se prefieren las opciones que tengan algún grado de mecanización y que permitan mejor control de las variables para lograr certificación del producto.

En conclusión, resultan prioritarias y viables para la implementación en la región Bogotá – Cundinamarca las opciones relacionadas con compostaje y digestión anaerobia de residuos orgánicos biodegradables, la separación en la fuente (transversal a cualquier otra opción) con el respectivo aprovechamiento de las diferentes líneas de residuos, y evaluar el estado actual de los rellenos sanitarios para identificar opciones de implementación o mejora de la captura del metano generado y su potencial aprovechamiento como combustible.

**CUADRO 10: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN PRIORITARIAS Y VIABLES PARA EL SECTOR RESIDUOS**

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
<p>Compostaje mecanizado de residuos orgánicos biodegradables (sistemas abiertos o cerrados)</p> <p>- Plantas de tratamiento mecánico-biológico TMB para residuos con alto contenido de materia orgánica</p>	<p>Diagnóstico y fortalecimiento técnico y logístico de las plantas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos existentes en Cundinamarca (Anolaima, Cabrera, El Colegio, Fόμεque, Fosca, Guaduas, Guayabetal, Gutiérrez, Nimaima, Nocaima, Pacho, Pasca, Sasaima, Sibaté, Tibacuy, Zipacón) y de otras iniciativas locales (Ubalá, Junín, Medina, Guasca, Ubaté), con el fin de lograr a través de apropiadas tecnologías de compostaje y/o plantas de tratamiento mecánico-biológico, el adecuado aprovechamiento y comercialización de los residuos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón.</p> <p>Creación de nuevas plantas regionales para el aprovechamiento y valorización de residuos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón, principalmente para los municipios con mayor generación de residuos en Cundinamarca y que no cuentan con dicha alternativa (por ejemplo Zipaquirá, Facatativá, Chía, Fusagasugá, Funza, osquera, Cajicá, Madrid entre otros).</p>

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
Digestión anaerobia de residuos orgánicos biodegradables para la producción de biogás y su uso posterior como energía térmica o para producción de electricidad	Evaluación del potencial energético de los residuos sólidos orgánicos urbanos provenientes de las plazas de mercado en ciudades de Cundinamarca y estudio de viabilidad técnica y económica de plantas de digestión anaerobia para la producción de biogás y su uso posterior como energía térmica o para producción de electricidad.
Infraestructura para separación en la fuente y reciclaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diseño e implementación de programas de sensibilización, educación y dotación de infraestructura para la separación en la fuente de residuos, así como el diseño eficiente de recolección selectiva, que aseguren el suministro de residuos hacia las plantas de aprovechamiento en Cundinamarca y la minimización de residuos hacia la disposición final.</i></li> <li>• <i>Diseño e implementación de programas focalizados en los principales barrios generadores de residuos en Bogotá, para la sensibilización, educación y dotación de infraestructura para la separación en la fuente de residuos, así como el diseño eficiente de recolección selectiva, que aseguren la minimización de residuos hacia la disposición final.</i></li> <li>• <i>Fortalecimiento técnico, logístico y de infraestructura a empresas de reciclaje de vidrio, papel, plástico y cartón existentes en Bogotá y otros municipios de Cundinamarca.</i></li> </ul>
Captura de metano en rellenos sanitarios para posterior uso como combustible o para generar calor	<p>Diagnóstico de los rellenos locales existentes en Cundinamarca (Cucunubá, Chocontá, Villapinzón) y evaluación de la factibilidad técnica y económica para su tecnificación que incluya sistemas de captura de metano para posterior uso como combustible o para generar calor.</p> <p>Diagnóstico de los sistemas de captura y aprovechamiento de biogás generado en los rellenos regionales existentes en Bogotá y Cundinamarca (Nuevo Mondoñedo, Praderas del Magdalena y Doña Juana) y diseño de alternativas de mejoras tecnológicas y/o logísticas según sean requeridas.</p>

Algunos documentos consultados:

- Situación actual de la gestión integral de residuos sólidos: plantas de aprovechamiento y disposición final en el departamento de Cundinamarca. Defensoría del pueblo. Resolución defensorial N°62.

Bogotá D.C. Diciembre de 2010.

- Lineamientos generales para el manejo de residuos sólidos en el departamento de Cundinamarca, Gobernación de Cundinamarca, Secretaría del Medio Ambiente. Bogotá. Marzo de 2003.
- Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Ambiente. Bogotá D.C. Diciembre de 2008.
- Montaje y puesta en marcha de dos biodigestores anaerobios con residuos orgánicos generados en la central de mercado "Plaza Kennedy" en Bogotá, Universidad Manuela Beltrán, Facultad de Ingeniería Ambiental. Bogotá, D.C. 2008

- Gobernación de Cundinamarca. Plan de Desarrollo Departamental de Cundinamarca, Calidad de vida 2012 – 2016. Departamento de Cundinamarca, mayo de 2012.

### 2.6.3 Sector agropecuario

Como se mencionó anteriormente, todas las medidas de mitigación posibles de implementar en el sector agropecuario aportan de manera importante a las prioridades de desarrollo del Departamento, iniciando con aquellas relacionadas con la gestión de tierras de cultivos y del manejo del estiércol del ganado, seguidas por el manejo del ganado y tierras de pasturas. Como únicas restricciones para la implementación, según la percepción de expertos, se pueden citar las de implementación de más concentrados en la dieta animal que redundan en altos costos para el productor y la restricción de uso de antibióticos como aditivos para la alimentación. Respecto a la agricultura de precisión y al uso de formas de fertilizantes lentos o de liberación controlada o inhibidores de la nitrificación, es necesario e importante evaluar los costos asociados y restricciones, los cuales pueden llegar a ser importantes barreras para la implementación. Se contemplan también alternativas sugeridas por los expertos que pueden resultar muy importantes como el mejoramiento genético animal y la implementación de sistemas silvopastoriles.

**CUADRO 11: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN PRIORITARIAS Y VIABLES PARA EL SECTOR AGROPECUARIO.**

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
<p>Tierras de cultivo:</p> <p>Mejora de las prácticas agronómicas, agricultura de precisión, gestión de labranza y de residuos de cultivo, agrosilvicultura, cambios de cobertura de suelo que resulten en incremento del almacenamiento de carbono, uso de formas de fertilizantes lentos o de liberación controlada o inhibidores de la nitrificación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diseño y ejecución de proyectos piloto para la implementación de prácticas de gestión de la labranza y de residuos de cultivo y otras buenas prácticas agronómicas (como uso de variedades mejoradas de cultivos, ampliar la rotación de cultivos, proporcionar una cubierta vegetal temporal entre los cultivos agrícolas sucesivos, o entre hileras de cultivos de árboles o de viñedos) que conlleven a la reducción de emisiones de GEI en municipios con más hectáreas sembradas de las 7 cadenas productivas priorizadas en el departamento de Cundinamarca: hortalizas, frutas, café, cacao, caña, panelera, papa y caucho.</i></li> <li>• <i>Investigación aplicada y evaluación de la factibilidad técnica y económica de implementar prácticas de uso de fertilizantes lentos o de liberación controlada o inhibidores de la nitrificación y de agricultura de precisión en municipios de alta importancia agrícola en Cundinamarca.</i></li> <li>• <i>Diagnóstico y factibilidad técnica y económica de proyectos de cambios de cobertura de suelo que resulten en incremento del almacenamiento de carbono (como la conversión de tierras de cultivo en pastizales o de cultivos drenados a humedales), principalmente en regiones con tierras de cultivo de productividad marginal en Cundinamarca.</i></li> <li>• <i>Diseño e implementación de proyectos de capacitación y de asistencia técnica a través de parcelas demostrativas a productores agrícolas de Cundinamarca en temas de agrosilvicultura (sistemas de cultivos, pastos y especies leñosas) y de certificado de incentivo forestal, para la conservación y aumento del secuestro de carbono en tierras de cultivo.</i></li> </ul>
<p>Manejo del estiércol:</p> <p>Digestión anaerobia de estiércol, Aplicación al suelo de compost en condiciones adecuadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diseño e implementación de biodigestores para el tratamiento anaerobio del estiércol de animales, y asistencia técnica para su adecuado uso, en municipios de Cundinamarca con alta producción pecuaria porcina (ubicados principalmente en la provincia de Oriente y Sumapaz).</i></li> <li>• <i>Diseño e implementación de proyectos piloto de capacitación y asistencia técnica a ganaderos de los municipios de Cundinamarca con vocación pecuaria (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi) en temas relacionados con elaboración de compost a partir del estiércol y su aplicación en condiciones adecuadas.</i></li> </ul>

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
<p>Manejo del ganado:</p> <p>Mejora de las prácticas de alimentación (suplementación estratégica), cambio en el manejo del ganado y en la cría de animales (consideraciones de raza – cambio genético, cantidad de ganado e intensidad de la producción.), aditivos y agentes alimenticios (moduladores del sistema ruminal).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diseño y ejecución de proyectos piloto en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca con sistemas de base pastoril (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi), para la implementación de prácticas de suplementación estratégica en la alimentación del ganado (por ejemplo con ensilajes, bloques multinutricionales, pre mezcla de harinas, forrajes con taninos y saponinas) y para el mejoramiento de pasturas y del aprovechamiento del forraje.</i></li> <li>• <i>Desarrollo de investigaciones aplicadas para la implementación de aditivos y agentes alimenticios moduladores del sistema ruminal (como como aceites vegetales y animales, prebióticos y probióticos, ácidos orgánicos) en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi).</i></li> <li>• <i>Desarrollo de investigaciones aplicadas en temas relacionados con selección y cambio genético animal hacia razas pecuarias de baja producción de metano y de optimización de la cantidad de ganado y de la intensidad de producción en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi).</i></li> </ul>
<p>Tierras de pastoreo:</p> <p>Introducción de especies, Gestión de la intensidad de pastoreo, sistemas silvopastoriles</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Diseño de proyectos piloto en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca con sistemas pastoriles (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi) para la implementación de prácticas de pastoreo óptimo (mejora de la intensidad y el tiempo de pastoreo).</i></li> <li>• <i>Desarrollo de investigaciones aplicadas en municipios de importancia pecuaria de Cundinamarca, en temas relacionados con mejoramiento genético de gramíneas forrajeras y leguminosas (introducción de gramíneas con mayor productividad y de leguminosas o variedades con raíces más profundas) para aumentar la acumulación de carbono en el suelo y para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector pecuario.</i></li> <li>• <i>Diseño e implementación de proyectos de capacitación y de establecimiento de parcelas demostrativas a en sistemas silvopastoriles (producción pecuaria y especies leñosas) a productores pecuarios de Cundinamarca, para la conservación y aumento del secuestro de carbono en tierras de pastoreo.</i></li> </ul>
<p>Restauración de suelos orgánicos o turberas y humedales</p>	<p>Diagnóstico de humedales (especialmente turberas) en Bogotá y Cundinamarca e investigación de su estado de degradación y emisiones de GEI, y diseño de alternativas de restauración para reducción de estas emisiones y para mejorar su capacidad de almacenamiento de carbono.</p>

Algunos documentos consultados:

- Avance y potencial de sistemas agroforestales- silvopastoriles. Corpoica. Braulio Gutiérrez Vanezas IF. M.Sc Economía Agraria. Bogotá. D.C. 2011.
- Estadísticas sector ganadero de Cundinamarca. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca. Bogotá D.C. 2010.
- Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems, Carlos E. Lascano, Edgar Cárdenas, Revista Brasileira de Zootecnia, Sociedade Brasileira de Zootecnia ISSN 1806-9290. 2010 (supl. especial).
- Apuntes para una aproximación a la caracterización de la Región Capital, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Socioeconómica, Dirección de Integración regional, nacional e internacional. Bogotá. 2010.
- Diagnóstico de la Región Capital Bogotá – Cundinamarca, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Socioeconómica, Dirección de Integración regional, nacional e internacional. Bogotá. Septiembre 2010.
- Gobernación de Cundinamarca. Plan de Desarrollo Departamental de Cundinamarca, Calidad de vida 2012 – 2016. Departamento de Cundinamarca, mayo de 2012.

#### 2.6.4 Eficiencia energética

Según la percepción de expertos, todas las medidas sobre eficiencia energética posibles de implementar en el sector residencial, industrial y comercial y público, realizan un aporte importante a las prioridades de desarrollo de la región, siendo las únicas restricciones los altos costos y restricciones normativas para la cogeneración y autogeneración en industrias y las restricciones técnicas y de costos para la implementación de hornos solares en el sector residencial.

En este punto es importante señalar que uno de los sectores priorizados para implementación de medidas de mitigación en la región, fue el Sector industrial de Cemento, Vidrio y Cerámica para Bogotá, que según consumos de energéticos, resulta prioritario por el consumo de carbón en el sector ladrillero (incluido dentro del sector cerámicas). Por esta razón resulta importante, adicional a las prácticas de eficiencia energética transversales a todo el sector industrial, incluir alternativas de mitigación específicas para este sector. Para esto, se cuenta con el estudio adelantado por la Corporación Ambiental Empresarial CAEM Bogotá, en el marco del Convenio MADS-CAEM para llevar a cabo la fase de diagnóstico energético y tecnológico de los sectores siderúrgico-metalmecánico y cerámico-Ladrillero en el marco del proyecto para la evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación al cambio climático en Colombia; en el cual se realiza una propuesta de un "Paquete tecnológico" para este sector, del cual se toma la propuesta de proyecto incluida en el cuadro a continuación dentro de los proyectos identificados para el sector industrial.

CUADRO 12: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS DE MITIGACIÓN PRIORIZADAS Y VIABLES EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
<p>Sector Industrial:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Optimización de procesos de combustión.</li> <li>2. Uso racional y eficiente de la energía en Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES).</li> <li>3. Optimización de la cadena de frío.</li> <li>4. Gestión integral de la energía en la industria con énfasis en producción más limpia.</li> <li>5. Optimización del uso de calderas.</li> <li>6. Optimización del uso de la energía eléctrica para fuerza motriz.</li> <li>7. Eficiencia en iluminación.</li> <li>8. Cogeneración y autogeneración.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y ejecución de proyectos de promoción de buenas prácticas para optimizar la combustión y aprovechar el calor residual generado en procesos productivos en industrias de los sectores de mayor consumo de combustibles en el departamento de Cundinamarca.</li> <li>• Diseño y ejecución de proyectos de divulgación de las guías disponibles de buenas prácticas en eficiencia energética para las Pymes de Cundinamarca y Bogotá.</li> <li>• Diagnóstico del número de equipos de aire acondicionado y refrigeración en algunos subsectores industrial de Cundinamarca y Bogotá e identificación de alternativas de optimización de la cadena de frío (dimensionamiento de equipos, reconversión y buenas prácticas y mantenimiento).</li> <li>• Diseño y ejecución de proyectos para difundir e implementar el Sistema de Gestión Integral de Energía en el sector industrial de Cundinamarca.</li> <li>• Diseño y ejecución de proyectos de promoción e implementación de buenas prácticas operacionales en el uso de las calderas y de reconversión tecnológica (sustitución de la caldera existente por una más eficiente que permita reducir pérdidas) en el sector industrial de Cundinamarca.</li> <li>• Diseño y ejecución de proyectos de promoción e implementación de buenas prácticas operacionales y de mantenimiento de motores y la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia.</li> <li>• Promoción e implementación del Paquete tecnológico propuesto por a CAEM, en ladrilleras de Bogotá que incluye: 1.) Buenas prácticas operativas energéticas BPOE en todo el proceso productivo que son actividades a realizar por la empresa con el objetivo de mejorar su productividad desde el punto de vista energético. 2.) La Gestión integral energética, que consiste en la implementación estructurada de un conjunto de procesos, procedimientos y actividades que se integran al modelo de gestión administrativa de la empresa, con el fin de eliminar el uso improductivo de la energía, alcanzar los mínimos consumos y costos de energía posibles sin sacrificio de la productividad, y 3.) Las propuestas tecnológicas (Sistema de combustión con briquetas de carbón, Sistema de combustión con Gas de Síntesis del carbón, Sustituir Extrusora artesanal sin vacío por Extrusora al vacío + Cajón Alimentador, Peletización de biomasa, Recuperador de calor residual de los gases Combustión "Sistema pulpo", Dosificador de carbón pulverizado de alta eficiencia, reconversión de hornos hacia tecnologías de alta eficiencia).</li> </ul>
<p>Sector comercial, público y servicios:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Diseño, construcción, reconversión energética y uso eficiente y sostenible de edificaciones.</li> <li>2. Difusión, promoción y aplicación de tecnologías y buenas prácticas en sistemas de iluminación, refrigeración y aire acondicionado.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar proyectos piloto y demostrativos de eficiencia energética en iluminación en entidades públicas (por ejemplo en centros hospitalarios y colegios).</li> <li>• Realizar auditorías energéticas en edificaciones del sector público con el objeto de desarrollar mecanismos de seguimiento, identificar barreras y establecer acciones de uso racional y eficiente de energía eléctrica.</li> <li>• Difundir y promover la aplicación del RETILAP (Reglamento técnico de iluminación y alumbrado) para promover la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público en los municipios de Cundinamarca.</li> </ul>

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
<p>Sector residencial:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de viviendas.</i></li> <li>2. <i>Hornos o cocinas solares.</i></li> <li>3. <i>Gas Licuado del Petróleo (GLP) en el sector rural y zonas marginales</i></li> <li>4. <i>Cultivos energéticos (siembra de plantaciones de crecimiento rápido destinadas únicamente a la obtención de energía para reducir el uso de leña de bosques, acompañado del desarrollo paralelo de la transformación de la biomasa en combustible).</i></li> <li>5. <i>Hornillas eficientes.</i></li> <li>6. <i>Uso eficiente de energía en equipos de refrigeración, aire acondicionado y demás electrodomésticos.</i></li> <li>7. <i>Sustitución de bombillas incandescentes.</i></li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Adopción en los proyectos de vivienda a desarrollar en Cundinamarca y Bogotá, de la normatividad y reglamentos de diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de edificaciones que se impulsen desde el nivel nacional.</i></li> <li>• <i>Diseño y ejecución de proyectos para el uso de hornillas eficientes para el uso de biomasa en el sector rural de Cundinamarca.</i></li> <li>• <i>Diseñar y ejecutar proyectos de adopción de buenas prácticas de uso y operación de equipos de refrigeración y demás electrodomésticos en hogares y de sustitución por equipos con estándares de máxima eficiencia.</i></li> <li>• <i>Diseño de proyectos de reemplazo masivo de bombillas de baja eficiencia luminosa en el sector residencial de los principales municipios de Cundinamarca y realización de seguimiento para difusión y evaluación de sus impactos y resultados.</i></li> </ul>

Algunos documentos consultados:

- Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales – PROURE, Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá D.C. 2010.
- Diagnóstico de la Región Capital Bogotá – Cundinamarca, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Socioeconómica, Dirección de Integración regional, nacional e internacional. Bogotá. Septiembre 2010.
- Gobernación de Cundinamarca. Plan de Desarrollo Departamental de Cundinamarca, Calidad de vida 2012 – 2016. Departamento de Cundinamarca, mayo de 2012.
- Evaluación de Necesidades Tecnológicas para la Mitigación al Cambio Climático en Colombia, Convenio MADS-CAEM para llevar a cabo la fase de diagnóstico energético y tecnológico de los sectores siderúrgico-metalmecánico y cerámico-Ladrillero en el marco del proyecto para la evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación al cambio climático en Colombia, Informe Final. Corporación Ambiental Empresarial – CAEM. Bogotá, Diciembre de 2012.

### 2.6.5 Minería del carbón

Según las sugerencias del experto consultado, la extracción y aprovechamiento del metano en minas de carbón abandonadas en la mayoría de los casos de minería subterránea en Colombia no son factibles de implementar desde el punto de vista técnico. La medida relacionada con quema del metano extraído a través de sistemas de ventilación redonda en altos costos, más aun cuando no se obtiene beneficio adicional al no realizar aprovechamiento de este. Razón por la cual, se priorizan y se encuentran viables de implementación únicamente las 3 medidas descritas en el cuadro a continuación.

CUADRO 13: MEDIDAS Y TECNOLOGÍAS PRIORIZADAS Y VIABLES EN MINERÍA DEL CARBÓN

NOMBRE DE LA MEDIDA GENERAL	NOMBRE DE POSIBLES MEDIDAS ESPECÍFICAS EN EL MARCO DEL PRICC
Eficiencia energética y uso de energías renovables en actividades de minería del carbón.	Diagnóstico de explotaciones de carbón en Cundinamarca concentradas principalmente en Lenguazaque, Cucunubá, Guachetá, Sutatausa y Tausa, para caracterización del consumo de energías e identificación de acciones de eficiencia energética en actividades de extracción (arranque, cargue, sostenimiento, transporte, descargue), preparación y/o beneficio, transporte y comercialización del mineral.
Extracción y aprovechamiento del metano en minas de carbón activas (Coal Mine Methane). - Aprovechamiento del metano extraído a través de sistemas de ventilación (Ventilation Air Methane).	Diagnóstico de explotaciones de carbón en Cundinamarca concentradas principalmente en Lenguazaque, Cucunubá, Guachetá, Sutatausa y Tausa, para caracterización de sistemas de aprovechamiento del gas metano (Coal Mine Methane y Ventilation Air Methane) y estudio de factibilidad de mejora o implementación en los casos en los que no exista.
Reforestación en actividades de cierre de las minas	Diagnóstico de las minas en fase de desmantelamiento y evaluación de la factibilidad de implementación de proyectos de reforestación mediante siembra de especies arbustivas y arbóreas nativas o exóticas para recuperar el suelo mediante el aporte de material vegetal y la fijación de elementos esenciales y para el establecimiento a largo plazo de bosques protectores del recurso hídrico y de hábitat de la fauna, o el establecimiento de parcelas productivas.

Algunos documentos consultados:

- Agenda Ambiental para el sector de Minería, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – Ministerio de Minas y Energía, Bogotá D.C. Agosto de 2010.
- Cadena del Carbón, República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá D.C. 2012.
- GUÍA AMBIENTAL MINERÍA DE CARBÓN A CIELO ABIERTO, Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá D.C. Disponible en [http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/guias/min\\_cab/contenid/analisis.htm](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/guias/min_cab/contenid/analisis.htm)
- Gobernación de Cundinamarca. Plan de Desarrollo Departamental de Cundinamarca, Calidad de vida 2012 – 2016. Departamento de Cundinamarca, mayo de 2012.
- Metano de las Minas de Carbón: Reducción de las Emisiones, Avance de las Oportunidades de Recuperación y Utilización. Global Methane Initiative. Septiembre de 2011. [www.globalmethane.org](http://www.globalmethane.org)

# CONCLUSIONES

Por medio de juicio de expertos se estableció que la mayoría de las medidas y tecnologías generales de mitigación identificadas para los sectores prioritarios (Transporte, Agropecuario, Residuos, Minería del carbón y Eficiencia energética transversal al sector residencial, industrial y comercial y público), realizan un aporte importante a las prioridades de desarrollo económico, social y ambiental de la región Cundinamarca – Bogotá. Esto es, el 81% de las medidas identificadas (50 de 62) obtuvieron un puntaje igual o superior a 28 puntos que corresponden al 50% del máximo puntaje esperado; el 56% (35 de 62) obtienen un puntaje superior al 60% del máximo posible y el 27% (17 de 62) superior al 70%.

El principal aporte a las prioridades de desarrollo lo realizan las medidas y tecnologías de mitigación posibles de implementar en el sector agropecuario, lo cual es coherente con las prioridades de desarrollo establecidas en los programas y líneas estrategias plasmadas en los Planes de Desarrollo de Bogotá y Cundinamarca como lo son principalmente: Seguridad Alimentaria y desarrollo Rural Integral, Conservación de los bienes y servicios ambientales, Fortalecimiento del primer eslabón de la cadena forestal, Desarrollo Competitivo del Sector Agropecuario, Ciencia y tecnología para la innovación social, productiva, rural e institucional, Recuperación, rehabilitación y restauración de la estructura ecológica principal y de los espacios del agua, Desarrollo rural - producción agropecuaria sostenibles.

De igual forma, a partir del juicio de expertos, se identificaron restricciones técnicas, económicas y de regulación para las medidas y tecnologías de mitigación relacionadas con: uso de biodiesel mezclado con diesel dado que puede generar impactos ambientales negativos significativos asociados a la producción del biodiesel (por ejemplo: conflicto uso de suelo, agotamiento recurso hídrico, competencia con alimentos); tratamiento térmico de residuos urbanos para la producción de energía (Waste to energy) porque requiere altos costos de implementación y el valor de la energía a generar puede llegar a ser superior al costo de la energía disponible actualmente; uso del biogás generado en los rellenos sanitarios que conlleva a altos costos de inversión y la venta de energía eléctrica está limitada por la regulación existente; altos costos asociados a la implementación de más concentrados en las dietas de animales; uso de antibióticos como aditivos en los alimentos por restricciones en Colombia; cogeneración y autogeneración que son alternativas costosas y la energía generada puede no competir en precio con la energía vendida, adicionalmente estas tienen barreras regulatorias: para autogeneración no es posible vender los excedentes de energía a la red, al igual que la cogeneración terciaria; la tecnología para hornos y cocinas solares no está aún desarrollada en el país y puede llegar a ser costosa, además no se tiene certeza de los potenciales requeridos en la región; la extracción y aprovechamiento del metano en minas de carbón abandonadas en la mayoría de los casos de minería subterránea en Colombia no

son factibles de implementar desde el punto de vista técnico; la quema del metano extraído a través de sistemas de ventilación redundante en altos costos, más aun cuando no se obtiene beneficio adicional al no realizar aprovechamiento de este.

A partir de la opinión de expertos y de la revisión de diferentes documentos relacionados con los sectores priorizados, se realizaron algunas propuestas de medidas específicas de mitigación viables para la región Cundinamarca - Bogotá, en el marco de las medidas y tecnologías generales evaluadas. Estas se constituyen en el insumo inicial para el perfil de proyectos a definir por la firma consultora contratada para tal fin en el marco del PRICC. Estas son susceptibles de cambiar, completar o mejorar en dicho proceso, según barreras identificadas y revisión exhaustiva de cada una. A continuación se presentan las propuestas para las medidas que realizan mayor aporte a las prioridades de desarrollo en la región y en el numeral 2.6. del presente documento se presentan las propuestas de medidas específicas para todas las medidas generales encontradas viables para la región.

- Desarrollar un programa de entrenamiento, capacitación y educación en temas de Desarrollo Urbano Orientado al Transporte dirigido a los profesionales relacionados con el sistema de movilidad urbana y planeación en las entidades locales de ciudades intermedias en Cundinamarca (Soacha, Fusagasugá, Facatativá, Chía, Zipaquirá, Girardot) y en Bogotá; de tal forma que se mejoren y generen capacidades institucionales para que en el mediano plazo y en los procesos de revisión y ajuste de los POT se implementen en las ciudades esquema de densificación y uso mixto del suelo en torno a estaciones y corredores de transporte público.
- Desarrollar un programa de sensibilización y promoción del uso de bicicletas y circuitos peatonales en ciudades de Cundinamarca que ya cuenten con infraestructura y sistemas de transporte no motorizado.
- Desarrollar programas de construcción, renovación, recuperación y revalorización del espacio público (andenes, ciclo rutas, alamedas, parques viales, pasos y pasajes peatonales) en municipios con mayor concentración de zona urbana de Cundinamarca como Soacha, Funza, Mosquera, Sibate, Fusagasugá, Chía, Facatativá y Zipaquirá.
- Desarrollar convenios con empresas de transporte público de pasajeros de las principales ciudades de Cundinamarca para el desarrollo de programas de capacitación en mejores prácticas de conducción.
- Crear programas de apoyo a empresas para el desarrollo Planes de Movilidad Empresariales (PEMS) que incluyan estrategias para fomentar el uso compartido de automóviles llamadas Carpooling, programas de teletrabajo o trabajo virtual, cambio de horarios de trabajo, cambios modales de transporte, generación de incentivos para utilizar el transporte sostenible (por ejemplo, utilizar transporte público o usar una bicicleta por medio de la entrega de bicicletas subsidiadas, pases de transporte público gratuitos, días de vacaciones adicionales según los días en que utilizan transporte sostenible, etc) y desincentivos para utilizar el automóvil particular (por ejemplo, cobrar por el uso de estacionamientos o dejar de incluir en los beneficios de empleado un estacionamiento

gratuito); esto principalmente dirigido a industrias en Bogotá y en los municipios de borde urbano (La Calera, Chía, Cota, Funza, Mosquera y Soacha) que generen una dinámica de movimientos de población diaria Bogotá – municipios por recorridos de trabajo a vivienda y viceversa.

- Programas para la promoción de vehículos particulares híbridos y eléctricos.
- Reestructuración y optimización del transporte público de pasajeros municipal e intermunicipal en Cundinamarca a través del diseño y ejecución de programas eficientes de renovación de la flota vehicular, sustitución de la flota con tecnología híbrida o eléctrica, mantenimiento y mejora de la infraestructura vial, optimización de rutas y recorridos, optimización de esquemas de paraderos y mayor control a los centros de diagnóstico durante las pruebas y expedición del certificado de la revisión técnico-mecánica.
- Campañas e incentivos para la sustitución de taxis a vehículos eléctricos.
- Diagnóstico del estado de avance en el proyecto del tren eléctrico de cercanías para el transporte de pasajeros en la sabana de Bogotá (Zipaquirá, Cajica, Chía, La Caro y Bogotá) y apoyo financiero y técnico a las siguientes fases de evaluación y a la ejecución del proyecto.
- Promover con el Gobierno Nacional la reactivación del modelo férreo para el transporte de carga, en una primera etapa con el diagnóstico de las redes férreas de Cundinamarca para transporte de carga y evaluación de las mejoras y/o ampliaciones requeridas para el cambio modal de transporte de Carga en Cundinamarca o como complemento estratégico del transporte carretero existente.
- Implementación de programas para la sustitución de la flota de transporte de carga terrestre en Bogotá y Cundinamarca por vehículos con tecnología híbrida, principalmente para aquellos con edades superiores a los 20 años.
- Diagnóstico de las cadenas logísticas de transporte de carga al interior de las ciudades y desde los municipios del primer y segundo anillo de influencia en Bogotá (que son los municipios de Cundinamarca que le proveen aprox el 77% de alimentos) para optimización de horarios y tiempos y movimientos con apropiada ubicación de centros de despacho y estrategias para la optimización de la capacidad de carga (por ejemplo bajo esquemas asociativos).
- Diagnóstico y fortalecimiento técnico y logístico de las plantas de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos existentes en Cundinamarca (Anolaima, Cabrera, El Colegio, Fómeque, Fosca, Guaduas, Guayabetal, Gutiérrez, Nimaima, Nocaima, Pacho, Pasca, Sasaima, Sibaté, Tibacuy, Zipacón) y de otras iniciativas locales (Ubalá, Junín, Medina, Guasca, Ubaté), con el fin de lograr a través de apropiadas tecnologías de compostaje y/o plantas de tratamiento mecánico-biológico, el adecuado aprovechamiento y comercialización de los residuos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón.
- Evaluación del potencial energético de los residuos sólidos orgánicos urbanos provenientes de las plazas de mercado en ciudades de Cundinamarca y estudio de viabilidad técnica y económica de plantas de digestión anaerobia para la producción de biogás y su uso posterior como energía térmica o para producción de electricidad.
- Diseño e implementación de programas de sensibilización, educación y dotación de infraestructura para la separación en la fuente de residuos, así como el diseño eficiente de recolección

selectiva, que aseguren el suministro de residuos hacia las plantas de aprovechamiento en Cundinamarca y la minimización de residuos hacia la disposición final.

- Fortalecimiento técnico, logístico y de infraestructura a empresas de reciclaje de vidrio, papel, plástico y cartón existentes en Bogotá y otros municipios de Cundinamarca.
- Diseño y ejecución de proyectos piloto para la implementación de prácticas de gestión de la labranza y de residuos de cultivo y otras buenas prácticas agronómicas (como uso de variedades mejoradas de cultivos, ampliar la rotación de cultivos, proporcionar una cubierta vegetal temporal entre los cultivos agrícolas sucesivos, o entre hileras de cultivos de árboles o de viñedos) que conlleven a la reducción de emisiones de GEI en municipios con más hectáreas sembradas de las 7 cadenas productivas priorizadas en el departamento de Cundinamarca: hortalizas, frutas, café, cacao, caña, panelera, papa y caucho.
- Diseño e implementación de proyectos de capacitación y de asistencia técnica a través de parcelas demostrativas a productores agrícolas de Cundinamarca en temas de agrosilvicultura (sistemas de cultivos, pastos y especies leñosas) y de certificado de incentivo forestal, para la conservación y aumento del secuestro de carbono en tierras de cultivo.
- Diseño e implementación de biodigestores para el tratamiento anaerobio del estiércol de animales, y asistencia técnica para su adecuado uso, en municipios de Cundinamarca con alta producción pecuaria porcina (ubicados principalmente en la provincia de Oriente y Sumapaz).
- Diseño y ejecución de proyectos piloto en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca con sistemas de base pastoril (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi), para la implementación de prácticas de suplementación estratégica en la alimentación del ganado (por ejemplo con ensilajes, bloques multinutricionales, pre mezcla de harinas, forrajes con taninos y saponinas) y para el mejoramiento de pasturas y del aprovechamiento del forraje.
- Desarrollo de investigaciones aplicadas para la implementación de aditivos y agentes alimenticios moduladores del sistema ruminal (como como aceites vegetales y animales, prebióticos y probióticos, ácidos orgánicos) en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi).
- Desarrollo de investigaciones aplicadas en temas relacionados con selección y cambio genético animal hacia razas pecuarias de baja producción de metano y de optimización de la cantidad de ganado y de la intensidad de producción en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi).
- Diseño de proyectos piloto en los municipios de mayor importancia pecuaria en Cundinamarca con sistemas pastoriles (Caparrapi, Guaduas, Puerto Salgar, Medina, Paratebueno, Yacopi) para la implementación de prácticas de pastoreo óptimo (mejora de la intensidad y el tiempo de pastoreo).
- Diseño e implementación de proyectos de capacitación y de establecimiento de parcelas demostrativas a en sistemas silvopastoriles (producción pecuaria y especies leñosas) a productores pecuarios de Cundinamarca, para la conservación y aumento del secuestro de carbono en tierras de pastoreo.
- Diseño y ejecución de proyectos de promoción de buenas prácticas para optimizar la combustión y aprovechar el calor residual generado en procesos productivos en industrias de los sectores

de mayor consumo de combustibles en el departamento de Cundinamarca.

- Diseño y ejecución de proyectos de divulgación de las guías disponibles de buenas prácticas en eficiencia energética para las Pymes de Cundinamarca y Bogotá.
- Diseño y ejecución de proyectos para difundir e implementar el Sistema de Gestión Integral de Energía en el sector industrial de Cundinamarca.
- Diseño y ejecución de proyectos de promoción e implementación de buenas prácticas operacionales y de mantenimiento de motores y la sustitución de los motores actuales por motores de alta eficiencia.
- Promoción e implementación del Paquete tecnológico propuesto por a CAEM, en ladrilleras de Bogotá que incluye: 1.) Buenas prácticas operativas energéticas BPOE en todo el proceso productivo que son actividades a realizar por la empresa con el objetivo de mejorar su productividad desde el punto de vista energético. 2.) La Gestión integral energética, que consiste en la implementación estructurada de un conjunto de procesos, procedimientos y actividades que se integran al modelo de gestión administrativa de la empresa, con el fin de eliminar el uso improductivo de la energía, alcanzar los mínimos consumos y costos de energía posibles sin sacrificio de la productividad, y 3.) Las propuestas tecnológicas (Sistema de combustión con briquetas de carbón, Sistema de combustión con Gas de Síntesis del carbón, Sustituir Extrusora artesanal sin vacío por Extrusora al vacío + Cajón Alimentador, Peletización de biomasa, Recuperador de calor residual de los gases Combustión "Sistema pulpo", Dosificador de carbón pulverizado de alta eficiencia, reconversión de hornos hacia tecnologías de alta eficiencia).
- Realizar auditorías energéticas en edificaciones del sector público con el objeto de desarrollar mecanismos de seguimiento, identificar barreras y establecer acciones de uso racional y eficiente de energía eléctrica.
- Difundir y promover la aplicación del RETILAP (Reglamento técnico de iluminación y alumbrado) para promover la eficiencia energética en instalaciones de alumbrado público en los municipios de Cundinamarca.
- Adopción en los proyectos de vivienda a desarrollar en Cundinamarca y Bogotá, de la normatividad y reglamentos de diseño, construcción y uso eficiente y sostenible de edificaciones que se impulsen desde el nivel nacional.
- Diseño y ejecución de proyectos para el uso de horillas eficientes para el uso de biomasa en el sector rural de Cundinamarca.
- Diseñar y ejecutar proyectos de adopción de buenas prácticas de uso y operación de equipos de refrigeración y demás electrodomésticos en hogares y de sustitución por equipos con estándares de máxima eficiencia.
- Diagnóstico de explotaciones de carbón en Cundinamarca concentradas principalmente en Lenguaque, Cucunubá, Guachetá, Sutatausa y Tausa, para caracterización del consumo de energías e identificación de acciones de eficiencia energética en actividades de extracción (arranque, cargue, sostenimiento, transporte, descargue), preparación y/o beneficio, transporte y comercialización del mineral.

- Diagnóstico de las minas en fase de desmantelamiento y evaluación de la factibilidad de implementación de proyectos de reforestación mediante siembra de especies arbustivas y arbóreas nativas o exóticas para recuperar el suelo mediante el aporte de material vegetal y la fijación de elementos esenciales y para el establecimiento a largo plazo de bosques protectores del recurso hídrico y de hábitat de la fauna, o el establecimiento de parcelas productivas.

# REFERENCIAS

AGENDA AMBIENTAL PARA EL SECTOR DE MINERÍA, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – Ministerio de Minas y Energía, Bogotá D.C. Agosto de 2010.

ALTERNATIVES FOR METHANE EMISSION MITIGATION IN LIVESTOCK SYSTEMS, Carlos E. Lascano, Edgar Cárdenas, Revista Brasileira de Zootecnia, Sociedade Brasileira de Zootecnia ISSN 1806-9290. 2010 (supl. especial).

APUNTES PARA UNA APROXIMACIÓN A LA CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN CAPITAL, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Socioeconómica, Dirección de Integración regional, nacional e internacional. Bogotá. 2010.

AVANCE Y POTENCIAL DE SISTEMAS AGROFORESTALES- SILVOPASTORILES. Corpoica. Braulio Gutiérrez Vanegas IF. M.Sc Economía Agraria. Bogotá. D.C. 2011.

CADENA DEL CARBÓN, REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá D.C. 2012.

CONSTRUCCIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS CON ALTA TASA DE BIODEGRADACIÓN, PLÁSTICOS, VIDRIO, PAPEL Y CARTÓN. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial Viceministerio de Ambiente. Bogotá D.C. Diciembre de 2008.

DIAGNÓSTICO DE LA REGIÓN CAPITAL BOGOTÁ – CUNDINAMARCA, Secretaría Distrital de Planeación, Subsecretaría de Planeación Socioeconómica, Dirección de Integración regional, nacional e internacional. Bogotá. Septiembre 2010

DOCUMENTO CONPES 3677 DE MOVILIDAD INTEGRAL PARA LA REGIÓN CAPITAL BOGOTÁ –CUNDINAMARCA, Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación. Bogotá D.C. Julio de 2010.

ESTADÍSTICAS SECTOR GANADERO DE CUNDINAMARCA. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca. Bogotá D.C. 2010.

EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS PARA LA MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLOMBIA, Convenio MADS-CAEM para llevar a cabo la fase de diagnóstico energético y tecnológico de los sectores siderúrgico-metalmecánico y cerámico-Ladrillero en el marco del proyecto para la evaluación de necesidades tecnológicas para la mitigación al cambio climático en Colombia, Informe Final. CORPORACIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL – CAEM. Bogotá, Diciembre de 2012

FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE MOVILIDAD PARA BOGOTÁ D.C., QUE INCLUYE ORDENAMIENTO DE ESTACIONAMIENTOS. Alcaldía mayor de Bogotá. Bogotá 2010.

FORMULACIÓN DE UN MODELO DE OCUPACIÓN TERRITORIAL REGIONAL PARA LOS MUNICIPIOS DE LAS PROVINCIAS DE SABANA CENTRO, SABANA OCCIDENTE Y SOACHA, CON SU SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA. FASE II: ESTRUCTURACIÓN DEL MODELO DE OCUPACIÓN TERRITORIAL. Gobernación de Cundinamarca. Bogotá D.C. 2008.

GUÍA AMBIENTAL MINERÍA DE CARBÓN A CIELO ABIERTO, Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá D.C. Disponible en [http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/guias/min\\_cab/contenido/analisis.htm](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/guias/min_cab/contenido/analisis.htm)

GENERALES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA, Gobernación de Cundinamarca Secretaría del Medio Ambiente. Bogotá. Marzo de 2003.

METANO DE LAS MINAS DE CARBÓN: REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES, AVANCE DE LAS OPORTUNIDADES DE RECUPERACIÓN Y UTILIZACIÓN. Global Methane Initiative. Septiembre de 2011. [www.globalmethane.org](http://www.globalmethane.org)

MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA DE DOS BIODIGESTORES ANAEROBIOS CON RESIDUOS ORGANICOS GENERADOS EN LA CENTRAL DE MERCADO “PLAZA KENNEDY” EN BOGOTA, Universidad Manuela Beltrán Facultad de Ingeniería Ambiental, Bogotá, D.C. 2008

PLAN DE DESARROLLO DEPARTAMENTAL DE CUNDINAMARCA, Gobernación de Cundinamarca. Calidad de vida 2012 – 2016. Departamento de Cundinamarca, mayo de 2012.

PROYECCIONES NACIONALES Y DEPARTAMENTALES DE POBLACIÓN 2005 – 2020. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Bogotá D.C. Marzo 2010.

PROYECTO DE ACTO ADMINISTRATIVO: “POR MEDIO DEL CUAL SE FIJAN LOS CRITERIOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE ÁREAS DE ALTA CONGESTIÓN, ALTA CONTAMINACIÓN, O DE INFRAESTRUCTURA CONSTRUIDA

PARA EVITAR CONGESTIÓN URBANA Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES” Ministerio de transporte de Colombia. Bogotá D.C. Enero de 2013.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: PLANTAS DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA. Defensoría del pueblo. Resolución defensorial N°62. Bogotá D.C. Diciembre de 2010.

TRANSPORTE SOSTENIBLE: TEXTO DE REFERENCIA PARA FORMULADORES DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN CIUDADES DE DESARROLLO. German Technical Cooperation Agency (GTZ) Proyecto sectorial Servicio de Asesoría en Política de transporte por encargo de Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo. Alemania, 2006.

USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA Y FUENTES NO CONVENCIONALES – PROURE, Ministerio de Minas y Energía – Unidad de Planeación Minero Energética, Bogotá D.C. 2010.

UNITED NATIONS DEVELOPING PROGRAMME UNDP, United Nations Environment Programme UNEP, Renewable Energy and Energy REEEP. ClimateTechWiki. A clean Technology Platform. 2012. Disponible en: <http://climatetechwiki.org>.

# ANEXOS

Archivos en digital (CD adjunto)

Anexo 1: Memorias del taller realizado para establecer criterios de evaluación.

Anexo 2: Definición de los criterios de evaluación.

Anexo 3: Encuestas aplicadas en entrevistas con expertos sectoriales.

Anexo 4: Lista de expertos que respondieron la encuesta.

Anexo 5: Encuestas diligenciadas.

Anexo 6: Procesamiento de encuestas.

