



Estrategia de Energía Sustentable y Biocombustibles para Colombia

**Resultados Cooperación
Técnica CO-T1250**

**Andrea M. Giraldo Ayala
Jose Ramon Gomez**

**Banco
Interamericano de
Desarrollo**

Sector de
Infraestructura y
Medio Ambiente

División de Energía
INE/ENE

**NOTA TÉCNICA
IDB-TN 574**

Agosto 2013

Estrategia de Energía Sustentable y Biocombustibles para Colombia

**Resultados Cooperación
Técnica CO-T1250**

Andrea M. Giraldo Ayala
Jose Ramon Gomez



Banco Interamericano de Desarrollo

2013

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Giraldo Ayala, Andrea M.; Jose Ramon Gomez
Estrategia de energía sustentable y biocombustibles para Colombia: resultados cooperación técnica:
COT1250
/ Andrea M. Giraldo Ayala.
p. cm. (IDB Technical Note; 574)
Incluye referencias bibliográficas.
1. Biomass energy—Colombia. 2. Energy consumption—Colombia. 3. Renewable energy sources—
Colombia. I. Banco Interamericano de Desarrollo. Sector de Conocimiento y Aprendizaje. II. Title. III.
Series.
IDB-TN-574

<http://www.iadb.org>

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Junta Directiva o de los países que ellos representan.

El uso comercial no autorizado de los documentos del Banco está prohibido y puede ser sancionado de acuerdo con las políticas del Banco y/o las leyes aplicables.

Copyright © 2013 Banco Interamericano de Desarrollo. Todos los derechos reservados. Puede reproducirse libremente para fines no comerciales.

Contacts: Andrea M. Giraldo Ayala (AGIRALDO@iadb.org) y Jose Ramon Gomez (JOSER@iadb.org)

Resumen*

Con el objeto de proveer al gobierno colombiano de un marco sólido de conocimiento e información que le permita invertir en proyectos, planes y programas de Energía Sustentable y Biocombustibles, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) suscribió un convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable, financiado con recursos del Fondo Especial Japonés (JSF) y el Fondo de Consultoría Japonesa (JCF). Los estudios realizados dentro del marco de la Cooperación Técnica y la gestión impulsada por el Ministerio de Minas y Energía (MME) le proporcionaron al Gobierno de Colombia herramientas para seguir promoviendo el Plan Energético Nacional (PEN) y la política de biocombustibles, así como el fortalecimiento institucional necesario para convertir a Colombia en un país a la vanguardia mundial en esta área. Esta nota busca presentar los principales resultados obtenidos mediante los estudios y consultorías elaborados durante la ejecución de la cooperación técnica “*Estrategia de Energía Sustentable y Biocombustibles para Colombia*”, ejecutada por el BID y cuyo beneficiario fue el MME. La Estrategia tiene como marcos definitorios la iniciativa de Energía Sustentable y Cambio Climático, lanzada por el BID en 2007, y el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energías No Convencionales -PROURE, del gobierno de Colombia.

Palabras clave: biocombustibles, eficiencia energética, energía sostenible, fuentes no convencionales de energía

Clasificaciones JEL: D4, D7, E3, O13, O31, Q4, Q56.

* Esta Nota técnica es producto de la cooperación técnica no reembolsable (ATN/JF-10826-CO; ATN/JF-10827-CO) financiada con recursos del Fondo Especial de Japón (JSF) y el Fondo Fiduciario Japonés para Servicios de Consultoría (JCF). Es un aporte al gobierno de Colombia para seguir impulsando su plan energético nacional (PEN) y la política de biocombustibles. Es también un respaldo al Ministerio de Minas y Energía (MME) para convertir al país en uno de los líderes a nivel mundial en energía sostenible y biocombustibles. El trabajo se encuentra enmarcado en la iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático, lanzada por el BID en 2007, y el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energías no Convencionales -PROURE del Gobierno de Colombia.

CONTENIDO

Siglas y acrónimos	IV
Resumen y antecedentes	1
Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia ..	6
Plan de capacitación de buenas prácticas de manejo del biodiésel y sus mezclas	13
Estructuración de un Programa de QA/QC de los biocombustibles y sus mezclas	17
Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia	32
Energía renovable	33
Eficiencia energética.....	37
Selección de estrategias finales.....	41
Plan de acción	42
Estudios complementarios	43
Conclusiones generales	44

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACV	Análisis de ciclo de vida
ACVS	Análisis de ciclo de vida social
API	Interfaz de programación de aplicaciones
ASTM	Organismo de Estados Unidos de estandarización
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CARB	Junta de Recursos del Aire de California
CED	Demanda de energía acumulada
Cenipalma	Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite
CNB	Coordinador nacional para el desarrollo sostenible de los biocombustibles
CNPML	Centro Nacional de Producción más Limpia
CO₂	Dióxido de carbono
CUE	Consorcio de autores del estudio (CNPML-UPB-EMPA)
EDS	Estaciones de servicio automotriz
EE	Eficiencia energética
EMPA	<i>Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology</i>
ER	Energías renovables
EtOH	Etanol
EU-RED	<i>European Union Renewable Energy Directive</i>
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
Fanzi	Fondo de apoyo financiero para la energización de las zonas no interconectadas
FEP	Fondo de Estabilización de Precios
FNCE	Fuentes no convencionales de energía
FNR	Fondo Nacional de Regalías

GBEP	<i>Global Bioenergy Partnership</i>
GEI	Gases de efecto invernadero
GIS	<i>Geographic Information System</i>
Icontec	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
iLUC	Cambios indirectos del uso del suelo
ISO	Normas internacionales de estandarización
JCF	Fondo Fiduciario Japonés para Servicios de Consultoría
JSF	Fondo Especial de Japón
LUC	Cambio directo del uso del suelo
MDL	Mecanismo de desarrollo limpio
MME	Ministerio de Minas y Energía
MRI	Mitsubishi Research Institute
PCH	Pequeña central Hidroeléctrica
PEN	Plan Energético Nacional
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Proure	Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energías no Convencionales
QA	Aseguramiento de calidad
QC	Control de calidad
RED	<i>Renewable Energy Directive</i>
RFS2	<i>Renewable Fuel Standar Program</i>
RSB	Mesa Redonda sobre Biomateriales Sostenibles
SIG	Sistema de información geográfico
SREC	Estrategia de energía sostenible para Colombia
SQCB	<i>Sustainability Quick Check for Biofuels</i>
TC383	<i>Sustainability produced biomass for energy applications</i>
TLC	Tratados de Libre Comercio

NTC	Norma Técnica Colombiana
UNC	Universidad Nacional de Colombia
UNFCCC	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética
UPB	Universidad Pontificia Bolivariana
ZNI	Zonas no interconectadas

RESUMEN Y ANTECEDENTES

Colombia es el segundo productor de biocombustibles en América Latina, después de Brasil, y además planea una expansión de 5 millones de hectáreas para el cultivo de agricultura energética. Consecuentemente, el gobierno de Colombia ha aprobado directrices de mezclas para biodiésel (B5¹) y para etanol (E10²) con la opción de incrementar la proporción de mezcla hasta E20³. Por otra parte, las exportaciones de biocombustibles a Estados Unidos y la Unión Europea, bajo los tratados de Libre Comercio, representan una enorme oportunidad y un reto.

Aunque los biocombustibles pueden ser sustitutos parciales de los combustibles fósiles y una nueva fuente de ingresos para la agricultura, los impactos ambientales y socioeconómicos en la producción son complejos y amenazan los esquemas de sostenibilidad. En este sentido, las oportunidades y amenazas, así como los requerimientos logísticos y de desarrollo para la producción de biocombustibles en Colombia, dependen bastante del contexto regional.

Los estudios asociados a esta nota técnica aportan importantes insumos que permitirán generar acciones para garantizar la sostenibilidad técnica, ambiental y social de los programas de biocombustibles de Colombia, con todos los beneficios que dé esta nueva cadena productiva. Asimismo, serán una herramienta fundamental para la promoción internacional de los biocombustibles, a través de alternativas para la estructuración y el desarrollo de nuevos proyectos productivos que permitan aumentar la oferta nacional de biocombustibles que intenten cubrir no solamente la demanda interna sino, bajo ciertos escenarios, llegar a mercados internacionales como los de Estados Unidos, Canadá, Europa y Japón.

El alcance de la cooperación técnica (CO-T1052)⁴ que dio origen a esta Nota técnica fue “proveer al gobierno de Colombia de un marco sólido e información que permitan la inversión

¹ B significa biodiésel y 5 es el porcentaje en el que se encuentra la mezcla de biodiésel.

² Es una mezcla de 10% de etanol y 90% de gasolina.

³ Es una mezcla de 20% de etanol y 80% de gasolina.

⁴ La cooperación técnica se enmarcó en la “Iniciativa de Energía Sostenible y Cambio Climático” del BID (de marzo de 2007), una contribución al nuevo marco internacional para las inversiones en energía limpia patrocinado por las instituciones financieras internacionales a petición de la comunidad internacional tras la Cumbre del G8 de 2005. La cooperación técnica contribuye en las siguientes áreas: *i) energía renovable y eficiencia energética*, mediante la evaluación su potencial, la incorporación de la energía renovable y la eficiencia energética en el inventario de proyectos del BID y formulación de nuevos proyectos de energía renovable y eficiencia energética; impulsa asimismo una expansión gradual de nuevas tecnologías de energía renovable y eficiencia energética. *ii) Biocombustibles*, a través de la evaluación de la viabilidad de los biocombustibles a nivel de país y de región; la

en proyectos, planes y programas de energía sostenible y biocombustibles a través de un conjunto de herramientas, estudios y fortalecimiento institucional”. En este trabajo se resumen los principales resultados obtenidos mediante los estudios y consultorías elaborados durante la ejecución de la cooperación técnica. Dentro del marco de ejecución de dicha cooperación técnica se plantearon cinco componentes que se describen a continuación:

- Componente 1. Preparación de los lineamientos operativos para la estrategia de energía sostenible y renovable para Colombia (SREC).
- Componente 2. Preparación de una evaluación de ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia y de un conjunto de herramientas para promover inversiones en el sector biocombustibles.
- Componente 3. Preparación de un estudio de mercado de biocombustibles y de un conjunto de herramientas para su exportación.
- Componente 4. Preparación de un estudio para la estructuración de un programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) de los biocombustibles en Colombia.
- Componente 5. Apoyo al coordinador nacional para el desarrollo sostenible de los biocombustibles (CNB), la unidad para el uso racional de la energía y la divulgación de los hallazgos.

A fin de alcanzar los objetivos planteados, se realizaron consultorías estratégicas en el sector de energía renovable, eficiencia energética y biocombustibles, las cuales proporcionaron al gobierno de Colombia herramientas para continuar impulsando el Plan Energético Nacional (PEN)⁵ y la política de biocombustibles con miras a lograr que el país se convierta en un líder regional en esta área.

Dentro de los resultados de los estudios y consultorías realizadas, los siguientes se destacan por su impacto y/o utilidad:

asistencia normativa a nivel de país para promover el desarrollo de biocombustibles y el financiamiento de la adopción y difusión de tecnologías emergentes.

⁵ El PEN 2006-2025 plantea una serie de estrategias para el desarrollo de la política energética, con una visión de largo plazo, a fin de asegurar el abastecimiento energético en el país, avanzar en la integración regional, consolidar los mercados energéticos, propiciar la formación de precios eficientes y generar desarrollo local alrededor del suministro de energía para los sectores marginales y las zonas no interconectadas.

- a) El estudio de Análisis de ciclo de vida (ACV) de la producción actual de biocombustibles en Colombia que ha permitido mostrar internamente y a nivel de otros mercados en el mundo, que Colombia cumple con los estándares más estrictos en materia de sostenibilidad.
- b) El estudio de ACV de la producción de biocombustibles en Colombia que permitió además, a través de un análisis de aptitud de tierras desarrollado con base en herramientas de información geográfica (como el sistema de información geográfica, GIS, por sus siglas en inglés), mostrar el potencial que tiene Colombia para convertirse en uno de los líderes a nivel mundial en la producción de biocombustibles.
- c) Desde el punto de vista del mercado nacional, los foros y talleres de divulgación de la Guía de buenas prácticas para el manejo del biodiésel y sus mezclas con combustibles fósiles y la capacitación de más de 400 técnicos y operadores de terminales de combustible y estaciones de servicio que permitieron dar a conocer a los agentes de la cadena de distribución de combustibles líquidos y biocombustibles las prácticas operativas que se deben implementar e interiorizar, para el manejo del biodiésel y las nuevas formulaciones de combustibles diésel que se vienen distribuyendo en el país (mezclas B7 y B10 con contenidos de azufre de 50 y 500 ppm).
- d) Con los resultados del proyecto para estructurar una propuesta para la implementación de un programa de control y aseguramiento de la calidad (QA/QC) de los biocombustibles y sus mezclas con combustibles fósiles, el Ministerio de Minas y Energía (MME) dispone de información que le permite definir la mejor alternativa para enriquecer los programas de control y aseguramiento de calidad de los biocombustibles a mediano y largo plazo. El objetivo es estructurar un programa reconocido internacionalmente, donde todos los agentes de la cadena se integren activamente a estos esfuerzos y así garantizar que, tanto los biocombustibles como las mezclas con combustibles que se distribuyen en el país, cumplan con todos los parámetros de calidad definidos por la normatividad nacional a lo largo de toda su cadena de distribución.
- e) El Estudio de Mercados de Biocombustibles que permitió identificar los mercados potenciales para los biocombustibles colombianos, los principales actores o competidores en estos mercados, las tendencias tecnológicas y los nuevos productos y mercados que se vislumbran para el futuro (biocombustibles avanzados, bioproductos, etc.) en el marco de

las estrategias de desarrollo que existen a nivel mundial en este campo. En base al diagnóstico de la situación nacional, se definieron algunas estrategias de mediano y largo plazo para poder acceder los mercados identificados como potenciales para Colombia.

La información generada en este proyecto es relevante para poder desarrollar todo el potencial que tiene Colombia para la producción de biocombustibles y que se dimensionó en proyectos de ACV, y en el análisis de aptitud de tierras con herramientas de información geográfica (GIS). La demanda nacional no permitiría colocar toda la oferta potencial que puede llegar a tener Colombia. Sin embargo, mercados como los definidos en el Programa de Estándares de Combustibles Renovables de la Agencia de Protección Ambiental (RFS2, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos, en la Directiva 2009/28/EC de Unión Europea⁶, en las políticas definidas en Canadá y Japón sobre biocombustibles y los Tratados de Libre Comercio (TLC) que se vienen firmando con estos países, permitirían desarrollar todo el potencial colombiano, con los consiguientes beneficios que esto puede generar para el desarrollo tecnológico, económico y social del país y los impactos que puede tener sobre la sustitución de cultivos ilícitos y aspectos de seguridad en las áreas rurales, donde se desarrollen los cultivos que abastecerían las plantas de producción de los biocombustibles y/o bio-productos.

Los estudios y consultorías arrojaron importantes hallazgos en relación con la estrategia de energía sostenible para Colombia, entre los que se pueden destacar los siguientes:

- a) Las posibilidades energéticas actuales del país le brindan una gran oportunidad para apropiarse, de manera planeada, tecnologías de aprovechamiento de las fuentes no convencionales, así como de maximizar los beneficios de su implementación.
- b) La visión de Colombia como exportador energético de largo plazo sugiere un fortalecimiento institucional coherente con las expectativas generadas por el Plan

⁶ Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

indicativo 2010-2015 del Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales (Proure)⁷.

- c) Sobre el Plan indicativo del Proure, que si bien muestra un panorama general de posibles acciones en cuanto a promoción de las fuentes no convencionales de energía (FNCE) y la eficiencia energética (ER), se identifica la necesidad de establecer parámetros para la priorización de sus componentes, lo cual más allá de fijar unas metas, debe consultar la valoración de los impactos esperados, de forma tal que permita involucrar actores y facilitar su operatividad en un amplio horizonte de tiempo.
- d) El seguimiento de los avances en FNCE y ER debe basarse en una cultura de manejo de información energética en cada uno de los sectores relevantes, siendo de crucial importancia la actualización y el fortalecimiento de la institucionalidad relacionada con la construcción y el mantenimiento del Balance Energético Nacional.
- e) En otros ámbitos distintos a la generación de electricidad comercial, se pueden difundir en el corto plazo las posibilidades de aprovechamiento de las tecnologías desarrolladas para las FNCE.
- f) Colombia cuenta con un marco legal apropiado, aunque es necesaria una mayor amplitud en la visión y el marco temporal regulatorio actual para sopesar en escenarios similares las fuentes convencionales y las que no lo son.
- g) A fin de ir preparando el terreno para la utilización de tecnología, es relevante disponer de referentes técnicos ya construidos a nivel mundial para avanzar en la reglamentación técnica que garantice la seguridad y la protección del consumidor.

⁷ En base a la Ley 697 de 2001, Colombia declaró el uso racional y eficiente de la energía como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional y en virtud de dicha ley estableció el Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes no Convencionales (Proure).

EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA DE LA CADENA DE PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

El BID contrató al Consorcio CUE (Centro Nacional de Producción Más Limpia CNPML, Universidad Pontificia Bolivariana UPB, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology EMPA y expertos nacionales e internacionales) para realizar la evaluación y la comparación de la sostenibilidad de la cadena de producción, distribución y uso de los biocombustibles de caña de azúcar y palma de aceite y los combustibles fósiles equivalentes en Colombia, a fin de demostrar la favorabilidad y conocer los límites de la producción de biocombustibles.

Este análisis incluyó factores ambientales tales como impactos por las emisiones de gases de efecto invernadero, factores espaciales que establecen un conjunto de limitaciones biofísicas, legales, ambientales y socioeconómicas con el fin de identificar las áreas de expansión aptas para los cultivos energéticos en Colombia, así como factores sociales y económicos para analizar la sostenibilidad de los biocombustibles colombianos. Además, los impactos ambientales son puestos en un contexto socioeconómico.

El estudio se complementó con herramientas *on line* que proporcionan elementos para que los biocombustibles colombianos ingresen al mercado internacional, especialmente en la Unión Europea y América del Norte.

El método empleado en el estudio fue el análisis de ciclo de vida (ACV), cuyo objetivo es analizar los impactos ambientales de los biocombustibles colombianos, etanol de caña de azúcar (EtOH) y biodiésel de aceite de palma, sobre el ciclo de vida completo, y compararlos con los de los combustibles fósiles de referencia para Colombia (gasolina y diésel). Otro de los fines del análisis es identificar el potencial de optimización para producir biocombustibles más amigables con el medio ambiente y recolectar datos específicos necesarios para la herramienta *web* desarrollada para el ACV del chequeo rápido de sostenibilidad de biocombustibles (SQCB, por sus siglas en inglés).

Emisiones de gases de efecto invernadero

El estudio realizado mostró que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los biocombustibles producidos en Colombia pueden ser reducidas en un 74% y 83%, al usar etanol

de caña de azúcar y biodiésel de aceite de palma, respectivamente, comparadas con las producidas por el uso de los combustibles fósiles que sustituyen (gasolina y diésel). Estas cifras incluyen el cambio de uso de la tierra directo (LUC, por sus siglas en inglés), pero no incluyen el uso de la tierra indirecto (iLUC, por sus siglas en inglés). Si todas las plantas de biocombustibles existentes en Colombia operaran a plena capacidad, se podrían reducir alrededor de 1,8 millones de toneladas de CO₂ (dióxido de carbono) eq./año, lo que equivale aproximadamente al 3% del total de emisiones colombianas de CO₂ en 2008, o al 8% de emisiones causadas por el sector de transporte en Colombia (PNUMA⁸ 2010).

Comparados con otros biocombustibles internacionales, los biocombustibles colombianos tienen un buen desempeño y cumplen con la reducción mínima del 40% de emisión de GEI, como lo establecen muchos estándares de biocombustibles (RSB⁹, CARB¹⁰ 2009, TC383¹¹, EU-RED¹²). Así, la exportación de biocombustibles colombianos se puede beneficiar con los diferentes subsidios para el mercado internacional de biocombustibles sostenibles. Sin embargo, cabe señalar que este estudio suministra una visión general sobre el promedio nacional y el rango de impactos, por lo que sería necesario verificar cada caso a fin de evaluar si cada una de las plantaciones e instalaciones de procesamiento cumplen con los estándares de biocombustibles.

En general, el balance de emisiones de GEI es muy sensible al desarrollo de la etapa agrícola, especialmente a la eficiencia y productividad de los cultivos, las prácticas en la etapa de cosecha y los cambios en el uso del suelo. Las emisiones de GEI del biodiésel de palma se reducen de 46% a 17% si también se consideran el cambio de uso directo de la tierra (LUC). El balance mejorado de emisiones de GEI es causado debido a las relativamente altas reservas de carbono de la biomasa de la plantación de palma, comparada con las de los pastizales o tierras agrícolas. Sin embargo, el remplazo de tierras productivas para la expansión de caña de azúcar o

⁸ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, “*Millennium Development Goals indicator: Carbon dioxide emissions (CO₂), thousand metric tons of CO₂ (CDIAC)*”.

⁹ *Roundtable on Sustainable Biomaterials*. La Mesa redonda sobre biomateriales sostenibles es una iniciativa multisectorial que reúne a compañías, productores, organizaciones no gubernamentales, expertos, gobiernos y agencias relacionadas con el aseguramiento de la sostenibilidad en la producción y procesamiento de la biomasa.

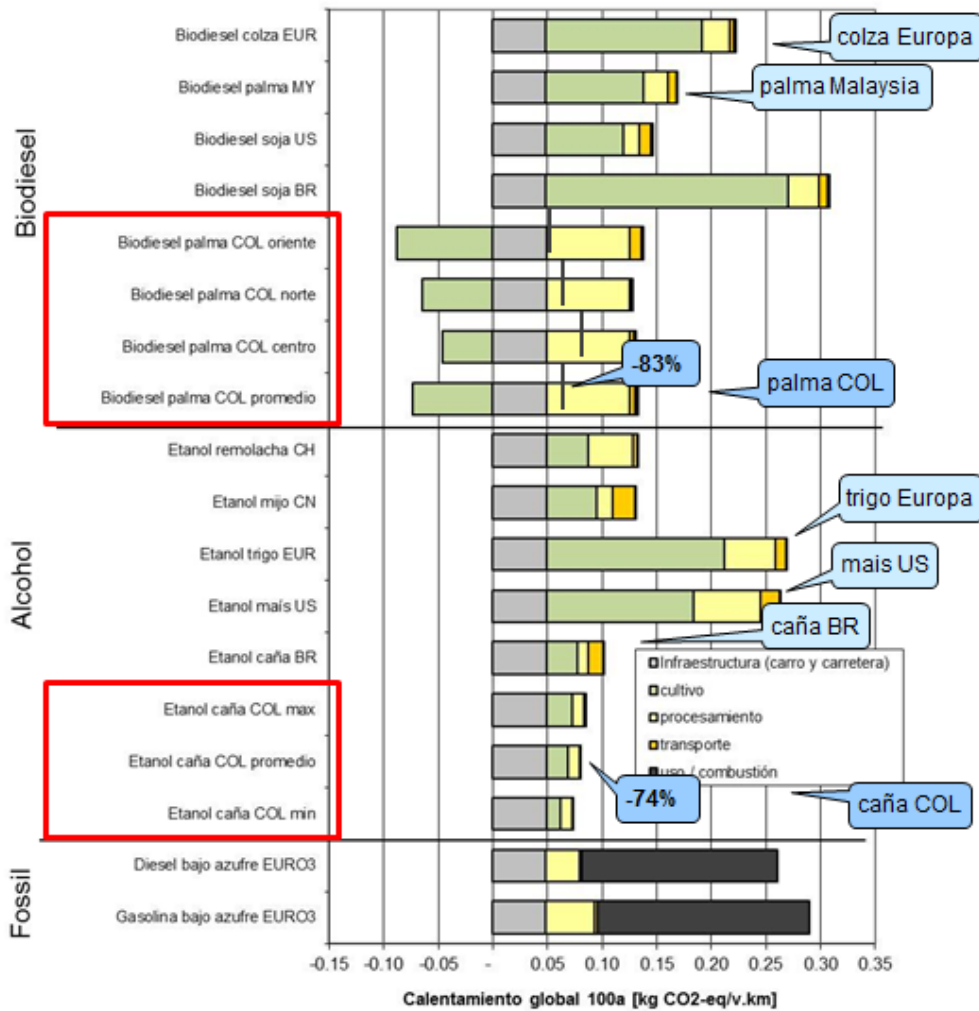
¹⁰ *California Air Resource Board*. Órgano público responsable de vigilar y mantener la calidad del aire en niveles saludables en todo el Estado, adscrito a la Agencia de Protección Ambiental de California.

¹¹ *Sustainably produced biomass for energy applications*. Comité técnico creado en 2008, en línea con el trabajo de estandarización en Europa para los principios de sostenibilidad, criterios e indicadores para la producción de biomasa para aplicaciones energéticas.

¹² Directiva europea para energías renovables de 2009.

palma de aceite podría causar efectos indirectos del cambio de uso de la tierra (iLUC) puesto que los cultivos desplazados podrían ser desarrollados en otras áreas. Este mecanismo podría conducir a la intensificación o a la expansión de tierras productivas hacia ecosistemas naturales. En un caso extremo de expansión de tierras productivas hacia sistemas de bosques naturales, las emisiones de GEI podrían llegar a ser el doble que las emisiones de los combustibles fósiles. Así, la cantidad de GEI emitidos es altamente sensible al efecto del uso de la tierra. Ya que estos efectos siguen mecanismos complejos y dependen en gran medida de las condiciones locales, se recomienda realizar un estudio profundo de las plantaciones planeadas para biocombustibles sobre los mecanismos locales y desarrollar planes de uso de la tierra individuales que incluyan las medidas de mitigación.

Gráfico1. Emisiones de GEI de los combustibles líquidos. Comparación internacional



Fuente: Consorcio CUE. *Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia*. Bogotá DC, 2012.

Tales medidas pueden incluir la intensificación de áreas de cultivo existentes, la promoción de la expansión de tierras hacia áreas con bajas reservas de carbono, tales como los matorrales, o la implementación de prácticas agrícolas que protejan las reservas de carbón actuales y la biodiversidad (es decir, las técnicas silvopastoriles).

Tanto el etanol de caña de azúcar como biodiésel de aceite de palma consumen, aproximadamente, una cantidad de energías no renovables cinco veces menor a la que consumen

los combustibles fósiles. La demanda relativamente baja de combustibles fósiles para la producción del etanol de caña de azúcar y el biodiésel de aceite de palma está principalmente relacionada al hecho de que el material lignocelulósico se utiliza para la cogeneración. La demanda de combustibles fósiles se puede reducir aún más si se mejora la eficiencia de las calderas y turbinas y si se utilizan los residuos de cosecha como energéticos. Sin embargo, en futuras comparaciones deberían evaluarse también las ventajas y desventajas en términos de costos e interrupción del ciclo de nutrientes.

Si se consideran también otros indicadores ambientales adicionales a la emisión de GEI y la demanda de energía no renovable, los biocombustibles generalmente muestran mayores impactos que los combustibles fósiles, pero menores impactos que el promedio de los biocombustibles internacionales. Los impactos sobre la acidificación, la eutrofización y la ecotoxicidad son principalmente causados por la aplicación de fertilizantes y pesticidas. Estos efectos negativos pueden ser minimizados con la implementación de mejores prácticas agrícolas y tratamientos alternativos, tales como control biológico de insectos y plagas. En este sentido, la investigación internacional y nacional (especialmente por el Centro de investigación de caña de azúcar de Colombia y Cenipalma) y la diseminación e implementación de los más recientes hallazgos son cruciales para el cultivo eficiente y amigable con el medio ambiente.

Finalmente, la elección del vehículo afecta directamente el consumo de combustibles, y por lo tanto el impacto ambiental generado durante la etapa de uso (esto es, menos cantidad de biocombustible para recorrer la misma cantidad de kilómetros cuando se emplean vehículos más eficientes). Los instrumentos de política dirigidos a promover el uso de biocombustibles deben ser complementados con la promoción de vehículos eficientes y alternativas de transporte (por ejemplo, el uso de transporte público).

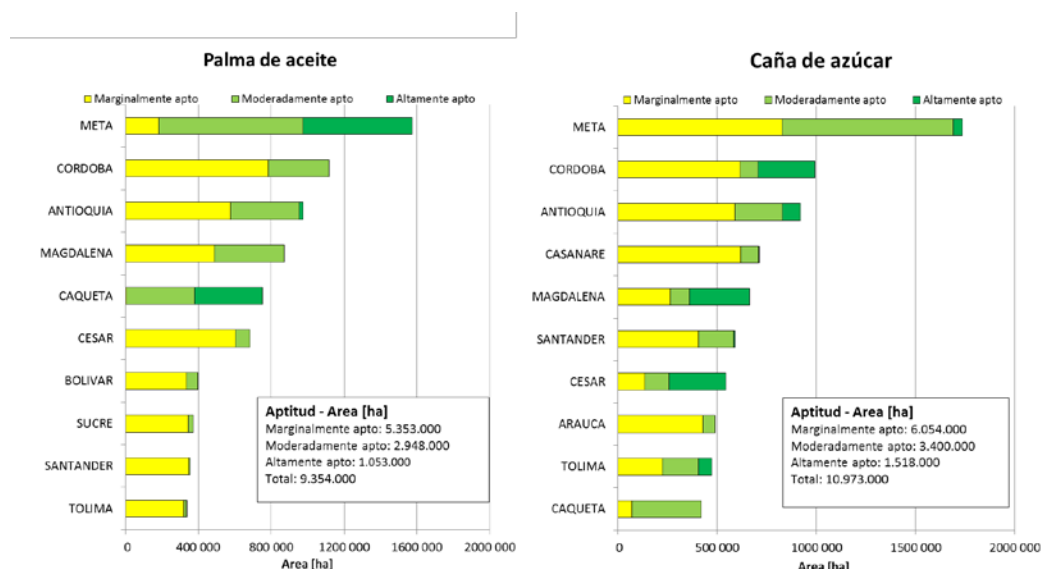
Potencial de expansión

El estudio demostró que hay un potencial de expansión considerable tanto para el cultivo de palma de aceite (4.001.000 ha) como de caña de azúcar (4.918.000 ha). Por lo general, las áreas aptas para palma de aceite y caña de azúcar son coincidentes dado que muchos criterios de exclusión son válidos para ambas materias primas (por ejemplo, áreas protegidas y bosques). Sin embargo, las áreas altamente aptas son muy distintas, con una preferencia para la palma de aceite en Caquetá y Meta, y una preferencia para la caña de azúcar en Magdalena, César y Córdoba.

Asimismo, las áreas en Vichada probaron ser moderadamente aptas para el cultivo de materias primas de biocombustibles, si se mejora significativamente la infraestructura de transporte.

Por otro lado, el estudio mostró que las emisiones de GEI causadas por el cambio en el uso de la tierra son un factor clave que determina la aptitud de la tierra para el cultivo de materias primas para biocombustibles. Dependiendo del uso de la tierra que existía previamente, el período de compensación de la deuda de carbono debido al cambio en el uso de la tierra cubre hasta varios cientos de años (si se aclaran áreas de bosque húmedo). Esto indica que solo áreas con una reserva de carbono baja, como los matorrales de montaña o pastizales, son aptas para el cultivo de materias primas para biocombustibles. En cambio, el suelo agrícola, generalmente, no es apto para este tipo de cultivo debido a los posibles cambios indirectos en el uso de la tierra y por los efectos negativos sobre la seguridad alimentaria. Sin embargo, cultivar en antiguos pastizales puede implicar un riesgo ambiental debido a la presión en ecosistemas naturales por el cambio indirecto en el uso de la tierra (por ejemplo, en Caquetá los pastizales están ubicados cerca a los bosques). A fin de mitigar estos efectos indirectos, es necesario implementar una sofisticada planeación del uso del suelo y medidas específicas (es decir, intensificación del suelo) o evitar el cultivo de tierra explotada anteriormente.

Gráfico 2. Áreas de expansión potencial en Colombia para el cultivo de palma de aceite y caña de azúcar



Fuente: Consorcio ECU. *Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia*. Bogotá DC, 2012.

En su conjunto, este estudio identifica las áreas de enfoque aptas para la expansión potencial de materias primas para biocombustibles a nivel nacional. Los resultados proporcionan una base de conocimiento científico para la planeación estratégica (es decir, la planeación del uso sostenible de la tierra) y podrían llamar la atención hacia la inversión sostenible de biocombustibles. No obstante, se requiere refinar el conjunto de criterios y realizar análisis más detallados, basados en mapas actualizados y con mayor resolución, con el fin de planear proyectos específicos de biocombustibles.

Herramientas

El *toolkit*¹³ consiste básicamente en tres módulos: 1) el módulo principal es el portal, un sitio web que resume el esquema y los principales resultados del estudio de biocombustibles e incluye enlaces a los otros dos módulos del *toolkit*; 2) un módulo web basado en SIG, que permite el acceso directo a los mapas del estudio de biocombustibles y 3) la herramienta de chequeo rápido

¹³ Equipo de instrumentos y grupo de programas y rutinas que se utilizan como base para la programación de un nuevo sistema

de sostenibilidad para biocombustibles (SQCB, www.sqcb.org), una herramienta de análisis de ciclo de vida basado en web que será actualizado con datos específicos para Colombia.

El principal objetivo del *toolkit* o Portal de Sostenibilidad de Biocombustibles en Colombia es promover la inversión en el sector de biocombustibles en dicho país mediante el acceso en línea a los principales resultados del proyecto y otra información relevante para la planeación de nuevos proyectos en el sector de biocombustibles. El *toolkit* brinda una visión general de la disponibilidad de tierra apta, el acceso a infraestructura y al agua, los resultados del análisis de ciclo de vida, los análisis socioeconómicos, la potencial de expansión espacial, la posible reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y los impactos en el secuestro de carbono. El desarrollo de este *toolkit* emplea información secundaria obtenida a partir de estudios existentes en Colombia y genera una cantidad significativa de nueva información relacionada con las emisiones de GEI y las variaciones en el secuestro de carbono. Finalmente, el portal incluye el acceso al webGIS y al SQCB¹⁴ actualizado para Colombia.

Plan de capacitación en buenas prácticas de manejo del biodiésel y sus mezclas

El inicio del programa de producción de biodiésel de palma en Colombia, la distribución de las mezclas diésel-biodiésel y las novedades en las especificaciones de los combustibles diésel que se producen, importan y comercializan en el país requieren de un cambio en las prácticas operativas para el manejo adecuado del biodiésel y sus mezclas con los combustibles diésel de bajo y ultra bajo azufre, de tal manera que se asegure la calidad del biodiésel y las mezclas a lo largo de toda la cadena de distribución y que el usuario final reciba siempre un producto con las especificaciones definidas por la legislación colombiana.

Implementar buenas prácticas en toda la cadena de distribución de biodiésel permite reducir los problemas de absorción de humedad y control de la formación de los precipitados blancos del biodiésel (Haze) y demás sólidos insolubles y agua libre que se acumulan a lo largo de la cadena de distribución de biodiésel y mezclas. En estos momentos, es necesario mejorar las prácticas del manejo del biodiésel y las mezclas con los nuevos combustibles diésel con el

¹⁴ *Legislation and certification schemes for Biofuels*. Herramienta para realizar una rápida evaluación de los impactos ambientales de los biocombustibles individuales ya que permite combinar factores clave de la cadena de producción individual con datos del ciclo de vida provenientes de la base de datos de referencia de Ecoinvent, desarrollada por EMPA.

objetivo de asegurarla calidad del producto y, por consiguiente, disminuir los reclamos presentados ante el MME. En este sentido, se requiere difundir las buenas prácticas y capacitar al personal técnico y a los operadores de las terminales mayoristas, estaciones de servicio públicas y privadas, grandes consumidores y comercializadores industriales.

Guía de buenas prácticas

Con el objeto de realizar la capacitación en buenas prácticas en el manejo del biodiésel y las mezclas diésel-biodiésel para el personal técnico y operativo de la cadena de distribución de combustibles de Colombia, la firma consultora elaboró una Guía de buenas prácticas. Dentro del marco de ejecución de la cooperación técnica, el BID contrató a la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite (Cenipalma).

En la Guía de buenas prácticas se explican las principales fuentes de contaminación externa que deterioran la calidad de los combustibles, siendo los más relevantes el agua, los sedimentos y diversos tipos de microorganismos. En la actualidad, los combustibles bajos en azufre, los biocombustibles y sus mezclas incrementan el nivel de riesgo de afectación debido a su naturaleza higroscópica y biodegradable.

Además, la guía resume una serie de recomendaciones específicas para evitar la afectación de la calidad del biodiésel y sus mezclas. Estas recomendaciones no sustituyen y no deben entrar en conflicto con las existentes para el manejo de los combustibles fósiles, las cuales siguen vigentes y están basadas en los estándares generales de esta industria, como las normas ASTM¹⁵, API¹⁶ y NTC¹⁷, entre otras, que no son parte de este documento.

Sesiones de capacitación

Las sesiones de capacitación fueron dictadas por Cenipalma desde el 18 de agosto hasta el 28 de octubre 2011, en varias ciudades de Colombia. Durante este período se realizaron 11 talleres para

¹⁵ *American Section of the International Association for Testing Materials.*

¹⁶ *Application Programming Interface.* Conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción.

¹⁷ Norma Técnica Colombiana: documento normativo de aplicación voluntaria, establecido por consenso, el cual toma en consideración las disposiciones establecidas en el Código de buena conducta para la elaboración, adopción y aplicación de normas de la Organización Mundial del Comercio (OMC) aprobado por el ICONTEC, que suministra, para uso común y repetido, reglas, directrices y características para actividades o resultados encaminados al logro del grado óptimo de orden, en un contexto dado.

los mayoristas y 23 sesiones para minoristas. En los talleres participaron 633 personas, de las cuales el 17% eran funcionarios de las empresas mayoristas del país y el 83% eran dueños y administradores de las estaciones de servicio.

En dichas jornadas se buscó transmitir a los asistentes los conocimientos básicos en temas de calidad de combustibles y biocombustibles, los fundamentos y las prácticas básicas del aseguramiento de la calidad de los mismos y la importancia estratégica que tiene para el país y para todos los actores de la cadena el aseguramiento de la calidad de los biocombustibles y sus mezclas con los combustibles fósiles.

Dentro de las conclusiones y recomendaciones de las jornadas de capacitación realizadas, se pueden resaltar las siguientes:

- a. Si se siguen las buenas prácticas en el manejo de este biocombustible no deberían presentarse mayores problemas de calidad en la cadena de distribución; por lo tanto, este es un programa necesario y fundamental para evitar y reducir al mínimo los inconvenientes relacionados con la calidad del biodiésel y las mezclas.
- b. Los talleres tuvieron una gran acogida por parte de los diferentes actores de la cadena de distribución de combustibles, especialmente por las estaciones de servicio. Este hecho se evidencia en el incremento del número de capacitaciones dadas en relación con las planeadas al inicio del plan.
- c. Los participantes resaltaron la necesidad de contar con más sesiones de capacitación similares que contribuyan a conocer las características del producto y la mejor forma de manejarlo para evitar que haya afectación en la calidad del mismo.
- d. Se encontró que el transporte del combustible es un punto de la cadena que tiene poco control. Es necesario mejorar los mecanismos de transporte para evitar afectación de la calidad del producto durante el trayecto que conduce desde la planta mayorista hasta las estaciones de servicio.
- e. Si bien este plan de capacitación tuvo éxito, la población capacitada es pequeña en relación con el número de estaciones de servicio existentes en el país. Por eso, se requiere ampliar este plan de capacitación a toda la cadena de distribución e incluir actores como los comercializadores industriales, los transportadores, el sector automotriz, entre otros.

- f. Es importante que exista un programa efectivo de investigación y análisis de los incidentes de calidad que se presentan con el biodiésel y las mezclas. De esta forma, se podrá identificar la fuente del problema y encontrar la forma de controlar la situación.

Las principales recomendaciones de la Guía, se describen a continuación:

- a. Los mayoría de los materiales que se utilizan para el almacenamiento del diésel son los mismos que se emplean para el almacenamiento de B100¹⁸. Sin embargo, se recomienda que exista un criterio de ingeniería cuando se trate de seleccionar materiales para este uso, con el fin de garantizar la seguridad de las instalaciones que manejan estos líquidos y que se mantenga del B100 y cualquiera de sus mezclas.
- b. Los materiales para almacenamiento, transporte y muestreo de biodiésel son aplicables a cualquier porcentaje de mezcla; por eso, es importante tener en cuenta las recomendaciones de compatibilidad en todos los puntos de la cadena y, en especial, en tanques de almacenamiento, sistemas de muestreo, tuberías, instalaciones de mezcla, sistemas de despacho y tanques para transporte.
- c. Ciertos metales pueden afectar la calidad del biodiésel por acelerar su proceso de oxidación y formación de compuestos insolubles. El plomo, el estaño, el latón y el zinc incrementan de manera significativa la formación de sedimentos en el B100. Los metales galvanizados y los recubrimientos metálicos no son compatibles con el B100 en ningún nivel de mezcla.
- d. El biodiésel B100 no es compatible con algunos tipos de materiales y puede llegar a degradarlos; por eso, cuando se empleen empaques o elastómeros en las instalaciones se recomienda estudiar previamente la compatibilidad de dichos materiales.
- e. De igual manera, el B100 puede permear algunos plásticos comunes, como el polietileno y el polipropileno, si mantienen contacto con ellos por tiempo prolongado, dada su alta capacidad solvente. Por lo tanto, estos materiales no se deben emplear para el almacenamiento.
- f. La alta capacidad solvente del B100 también puede afectar las estructuras construidas en concreto, por lo que se recomienda minimizar los derrames y recubrir las estructuras con resinas para tal fin.

¹⁸ Biodiésel al 100%, sin mezclas.

- g. Todo el personal vinculado al manejo del biodiésel y sus mezclas debe estar debidamente capacitado y concientizado de la importancia de la estricta aplicabilidad de las prácticas para el manejo del biodiésel y sus mezclas.

Estructuración de un Programa QA/QC de los biocombustibles y sus mezclas

El objetivo del Programa de aseguramiento y control de calidad de los biocombustibles y sus mezclas que se propone en este estudio es generar la confianza necesaria al mercado nacional e internacional. Para lograr ese objetivo, es necesario:

- a. Definir las acciones necesarias para garantizar que los biocombustibles y las mezclas que reciben los usuarios finales cumplan con las especificaciones de calidad definidas por la reglamentación nacional.
- b. Que los biocombustibles colombianos cumplan con los requerimientos mínimos de calidad del mercado internacional.
- c. Que el producto o los productos que reciban los usuarios o clientes finales cumplan con los requisitos de calidad exigidos por cada mercado objetivo.

Para la estructuración de un Programa de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) de los biocombustibles y sus mezclas con combustibles fósiles en Colombia, con proyección hacia los mercados internacionales, el BID contrató a la Unión Temporal Icontec-ECOFYS¹⁹.

Revisión de la normatividad y regulación nacional e internacional y diagnóstico de los esquemas para el aseguramiento y control de calidad

Se realizó una revisión de la normatividad y regulación existente a nivel nacional e internacional en lo referente a la calidad y el aseguramiento de la misma en la cadena de biocombustibles y sus mezclas con combustibles fósiles, en los cuatro países o regiones seleccionados como relevantes para el estudio: Estados Unidos, Unión Europea, Japón y Canadá. Los principales resultados de esta revisión son los siguientes:

¹⁹ Firma consultora en energías renovables, energía y eficiencia de carbono, sistemas y mercados de energía y política energética y climática.

- En la comparación entre las normas colombianas que regulan los combustibles oxigenados, el etanol combustible, el biodiésel B100, el diésel y las mezclas diésel-biodiésel y las normas de Estados Unidos, Unión Europea, Japón y Canadá se encontraron numerosas diferencias en cuanto a los requisitos de calidad establecidos, los valores límite aplicados a cada requisito (que se establecen teniendo en cuenta las condiciones geográficas y climáticas), las unidades de medición utilizadas y los métodos de ensayo empleados.
- Las regulaciones técnicas de los países analizados establecen esencialmente requisitos de desempeño ambiental de los combustibles y los biocombustibles en términos de los niveles permisibles de emisión de contaminantes resultantes de su combustión. Para esas evaluaciones de desempeño ambiental, los combustibles tienen que cumplir con requisitos específicos de calidad certificada de acuerdo con los protocolos de evaluación, que no necesariamente corresponden a los que se establecen para los combustibles que se comercializan, es decir, no necesariamente son las especificaciones de producto. Las especificaciones de producto de los biocombustibles para estos países, con excepción de Japón, no son objeto de la regulación técnica, sino que se adoptan a través de las normas técnicas promulgadas por los organismos nacionales o regionales de normalización técnica.
- En términos generales, las regulaciones técnicas de los países analizados no establecen requisitos específicos sobre el control o aseguramiento de la calidad en la cadena de la industria de los biocombustibles. Lo que concierne a la calidad es gestionado a instancias del sector privado, sin que medie una normativa específica al respecto.

Es conveniente que la regulación y la normatividad contemplen prácticas que se están aplicando y/o que ya son comunes en el medio como las siguientes:

- Incluir en la normatividad de transporte de biodiésel la opción de utilizar ductos dedicados donde sea técnica y económicamente factible.
- Incluir en la normatividad de almacenamiento en plantas de abastecimiento la opción de tanques horizontales elevados, práctica que es muy usual para los productos de bajo movimiento (gasolina extra oxigenada, etanol y biodiésel).

- Los refinadores y distribuidores mayoristas no aplican pinturas reflectivas a los tanques de almacenamiento; sin embargo, no reportan afectación del producto.

Esquemas internacionales de aseguramiento y control de calidad

Se evaluaron cuatro esquemas internacionales de aseguramiento y control de calidad (QA/QC) para la producción, almacenamiento, transporte y distribución de biocombustibles y sus mezclas con combustibles fósiles, los cuales son:

- BPAC: sistema de biodiésel alemán.
- BQ-9000: sistema estadounidense de calidad del biodiésel.
- PMQC: programa brasileño de control de combustibles.
- Ley japonesa sobre control de la calidad de la gasolina y otros combustibles.

El cuadro 1 presenta una comparación general de los cuatro esquemas de aseguramiento y control de calidad que pone de manifiesto las características de cada uno de ellos, según sean “voluntarios” (establecidos por la industria y/o los comerciantes) u “obligatorios”(establecidos por ley).

Del análisis de la comparación de los cuatro esquemas se resaltan los siguientes aspectos:

- El principal impulsor de la política para el desarrollo de un sector de biocombustibles en Colombia es incrementar la seguridad del suministro de los biocombustibles al mercado doméstico. En consecuencia, el aspecto más importante del esquema de aseguramiento de la calidad para biocombustibles en Colombia es garantizar la calidad del mercado local de biocombustibles.
- Es claro que los biocombustibles producidos en Colombia podrían ser muy interesantes para el mercado internacional, y que la exportación a Estados Unidos, Japón o Unión Europea podría ser económicamente atractiva. Esto implica que, especialmente en el comercio de producto terminado (biodiésel, bioetanol), la calidad debería estar estandarizada con el mercado objetivo. No es necesario coincidir exactamente con los esquemas de aseguramiento de la calidad de tales mercados siempre que dicho esquema en Colombia sea convincente para los comerciantes internacionales. Por ende, el

muestreo y el análisis de cada lote comercializado deben cumplir con las normas internacionales.

Cuadro 1. Comparación de los principales elementos de los cuatro esquemas

	BPAC (Alemania)	BQ-9000 (EE.UU.)	PMQC (Brasil)	Esquema Japonés
Propietario del Esquema	Organización Industrial	Organización Industrial	Agencia Gubernamental	Agencia Gubernamental
Estatus Legal	<ul style="list-style-type: none"> • Voluntario 	<ul style="list-style-type: none"> • Voluntario • Aceptado en las leyes 	Establecido por ley	Establecido por ley
Alcance	<ul style="list-style-type: none"> • Producción • Distribución 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción • Distribución • Puntos de venta 	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de venta 	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de venta
Audidores y Laboratorios	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras AGQM • Laboratorios acreditados 	<ul style="list-style-type: none"> • Autoverificación • Laboratorios acreditados 	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio Central • Laboratorios contratados 	<ul style="list-style-type: none"> • Autoverificación • Laboratorios acreditados
influencia Relativa	<ul style="list-style-type: none"> • Influencia en QA/QC en UE • Gran mercado de biocombustibles pero sólo en Alemania 	Gran mercado de biocombustibles (volumen), pero orientado principalmente a Estados Unidos	Gran mercado de biocombustibles	Pequeño mercado de biocombustibles
Cosos / Tarifas	El solicitante paga al propietario del esquema	El solicitante paga al propietario del esquema	No es claro	No es claro

Fuente: Incotec-ECOFYS. Estudio para la Estructuración de un Programa de Aseguramiento de Calidad (QA/QC) de los Biocombustibles y sus Mezclas con Combustibles Fósiles en Colombia con proyección a los Mercados Internacionales. Bogotá DC, 2012.

- Los combustibles para motores deben satisfacer algunas especificaciones de calidad oficiales antes de que se puedan vender en los mercados al consumidor. Con frecuencia, la calidad está garantizada por los proveedores del combustible, quienes monitorean el origen de todos los componentes y todos los puntos de la cadena de suministro, incluyendo tuberías, tanques de almacenamiento, barcasas, tanques y estaciones de servicio para evitar la posible contaminación. En puntos determinados de la cadena de suministro se toman muestras regulares y se someten a ensayo en laboratorios internos o

de terceras partes. Estos laboratorios son monitoreados a través de un esquema acreditado de aseguramiento de la calidad.

La calidad del producto en tales casos está garantizada por un esquema individual de calidad del combustible (cada compañía tiene su propio esquema). Si el sistema funciona bien, los gobiernos únicamente realizan verificaciones aleatorias de no conformidad.

En algunos países, este alto grado de autorregulación no funciona bien si existe un incentivo significativo para entregar combustibles que no satisfagan las especificaciones y si la posibilidad de ser atrapado o el castigo son bajos. Como reacción a esto, o como anticipación, los gobiernos eligen instalar un esquema obligatorio de aseguramiento de la calidad.

- El muestreo y el análisis pueden tener lugar a lo largo de la cadena de suministro. Lo más importante para la protección del consumidor es que el combustible dispensado en las estaciones de servicio satisfaga los requisitos de calidad. Tanto el muestreo rutinario como el aleatorio son esenciales.

Lo más importante para facilitar el comercio entre los productores de biocombustible y las compañías petroleras es que se realice un muestreo independiente en cada punto del intercambio.

En los esquemas voluntarios, de cada lote comercializado se toman muestras, bien sea de forma independiente o a través de la opción de autocertificación. Para un esquema voluntario, el análisis se puede llevar a cabo en un laboratorio acreditado en el ámbito nacional o internacional o, en algunos casos, incluso en un laboratorio propio. En el caso de un sistema QA individual, el muestreo y los ensayos se realizan en el propio laboratorio o en un laboratorio subcontratado. Para el caso de un esquema obligatorio, el análisis puede ser ejecutado por laboratorios del gobierno o laboratorios contratados.

- En caso de que el gobierno decida no instalar un esquema obligatorio, pero aún tenga dudas acerca de la capacidad de autorregulación de los actores del mercado, debería incrementar la cantidad de ensayos aleatorios y garantizar que la autoridad a cargo de las

auditorías tenga poderes para el hacer cumplir los requisitos, especialmente en el punto de venta final.

Si la agencia de control encuentra combustibles que no satisfacen la norma de calidad, debería, en primer lugar, instruir a los proveedores del combustible para que cumplan con los reglamentos. Si no se cumplen los reglamentos, la agencia puede imponer la suspensión del negocio durante un período determinado. Dependiendo de la falta, los distribuidores de combustibles deberían ser castigados con sanciones penales.

Propuesta para un programa nacional de QA/QC para la cadena de producción, almacenamiento, transporte y distribución de biocombustibles y sus mezclas con combustibles fósiles

Se identificaron cinco tipos de esquemas posibles (véase el cuadro 2) y los mismos fueron calificados frente a siete criterios considerados clave para definir el esquema de aseguramiento y control de calidad (evaluación de la conformidad) de la cadena de los combustibles, los biocombustibles y sus mezclas para el caso colombiano. Concluida la evaluación se acogieron los dos esquemas que obtuvieron la mayor puntuación frente a los siete criterios definidos para su calificación:

1. Aseguramiento de Calidad obligatorio ISO 17000 - Control de la Calidad obligatorio
2. Aseguramiento de Calidad voluntario ISO 17000 - Control de la Calidad obligatorio

Los esquemas seleccionados resultaron muy cercanos al esquema vigente con algunos ajustes y particularidades muy precisas que permitirán apostar por su efectividad una vez se adopte uno de ellos y se defina un programa para su implementación y desarrollo. Los otros esquemas fueron descartados por su baja alineación con los criterios considerados clave para la definición del esquema aplicable al caso colombiano.

De las dos alternativas presentadas, el consultor recomienda la alternativa 1, denominada “esquema obligatorio”, en la cual las actividades de evaluación de la conformidad correspondientes, tanto el aseguramiento de la calidad como el control de calidad, tienen el carácter de obligatorias. La alternativa propuesta mantiene los requerimientos actuales que se consideran pertinentes, precisa los requisitos donde se considera necesario hacer algunos ajustes

y remueve los requerimientos que no son aplicables o pertinentes. Adicionalmente, plantea la implementación de un Sistema General de Inspección (SGI).

Cuadro 2. Posibles esquemas de QA/QC para biocombustibles y sus mezclas

	QA	QC	MODELO	ALCANCE DE LA PROPUESTA Y/O COMENTARIOS
A C T U A L	Aseguramiento de Calidad OBLIGATORIO	Control de Calidad (puntos de control de calidad RECIBO/DESPACHO) OBLIGATORIO SIN SUPERVISIÓN	Se apoya en los modelos de la serie ISO 17000	Este es el esquema actual
1	Aseguramiento de Calidad OBLIGATORIO	Control de Calidad SISTEMA GENERAL DE INSPECCIÓN PARA LA CADENA OBLIGATORIO	Se apoyaría en los modelos de la serie ISO 17000	Sería el esquema actual + AJUSTES + SISTEMA GENERAL DE INSPECCIÓN PARA LA CADENA
2	Aseguramiento de Calidad VOLUNTARIO	Control de Calidad SISTEMA GENERAL DE INSPECCIÓN PARA LA CADENA OBLIGATORIO	Se apoyaría en los modelos de la serie ISO 17000	Se establecería una Guía o Recomendación para el Aseguramiento + SISTEMA GENERAL DE INSPECCIÓN PARA LA CADENA
3	Aseguramiento de Calidad Sistema propietario VOLUNTARIO	Control de Calidad SISTEMA GENERAL DE INSPECCIÓN PARA LA CADENA OBLIGATORIO	La parte de QA sería un sistema privado VOLUNTARIO (por ej. del gremio) EL QC sería OBLIGATORIO	Se establecería una Guía o Recomendación para el Aseguramiento + SISTEMA GENERAL DE INSPECCIÓN PARA LA CADENA
4	Aseguramiento y Control de Calidad Sistema propietario VOLUNTARIO		Sería un esquema similar al de Alemania (AGQM / BPAC) y Estados Unidos (BQ 9000) para el Biodiesel	Los sistemas propietarios de evaluación de la conformidad normalmente no se apoyan en la serie ISO 17000 aunque podrían utilizar elementos o apartes de dichos modelos
5	Aseguramiento y Control de Calidad Sistema propietario OBLIGATORIO		Sería un esquema similar al de Brasil (PMQC) y Japón (SQ)	

Fuente: Icontec-ECOFYS. Estudio para la Estructuración de un Programa de Aseguramiento de Calidad (QA/QC) de los Biocombustibles y sus Mezclas con Combustibles Fósiles en Colombia con proyección a los Mercados Internacionales. Bogotá DC, 2012.

Generación de una base de datos sobre estudios, estándares y normas técnicas aplicables en la reglamentación técnica en eficiencia energética

A través del desarrollo de la consultoría, realizada por Álvaro Hernando Rodríguez Lozada, se identificaron las tecnologías más usadas comercialmente como FNCE, y aquellas que se presentan como potencial URE a nivel industrial y doméstico; la determinación de los estándares y normas técnicas internacionales que se usan actualmente para la implementación de fuentes no convencionales de energía, así como la fabricación de equipos que potencian el URE, inventario de los estudios realizados en el país sobre eficiencia energética, FNCE y otros relacionados con tecnologías o sistemas asociados.

Del análisis de la información recopilada por el consultor, se pueden destacar los siguientes aspectos para el país:

- Es recomendable implementar un modelo de financiamiento de sistemas de generación de energía basados FNCE para las zonas no interconectadas y las zonas interconectadas, y desarrollar modelos de organización apropiados para la sostenibilidad de los proyectos.
- En las zonas no interconectadas, podrían desarrollarse proyectos híbridos, con diferentes combinaciones de generación, por microcentrales eléctricas, solar, biomasa, eólica, y aplicando la generación distribuida.
- Es recomendable crear políticas, incentivos, regulación, normatividad, programas y promoción de entidades públicas y privadas en el uso de las FNCE. Con este fin, se sugiere aprovechar el conocimiento en temas de energías renovables de países como Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Canadá, pioneros en esta práctica que han explorado estas tecnologías con mucha seriedad.
- La necesidad de conservar el medio ambiente, junto con la demanda creciente de energía y la importancia de proveer electricidad a grupos de población que aún no cuentan con esta, son una oportunidad para el uso de equipos como la turbina Banki, que es una máquina utilizada principalmente para pequeños aprovechamientos hidroeléctricos. Sus ventajas principales radican en su sencillo diseño y su fácil construcción, lo que la hace atractiva en el balance económico de un aprovechamiento a pequeña escala.
- En los últimos 10 años, la investigación y aplicación ha permitido disminuir los costos de generación de las energías no convencionales, en especial la solar y la eólica; no obstante,

estas siguen costando entre dos y tres veces más que las de generación hidráulica y de gas. Sin embargo, en las zonas no interconectadas de Colombia las energías no convencionales son viables técnica y financieramente con respecto a los precios del diésel. Según las tendencias mundiales, el precio del crudo continuó incrementándose, y la brecha económica de las energías no convencionales disminuye cada seis meses.

- El Estado podría emprender programas para implementar FNCE, considerando los altos costos que estos sistemas tienen actualmente, buscando que con la masificación de estas tecnologías se logren avances tecnológicos que permitan reducir sus costos, pero teniendo en cuenta la Constitución del país, la energización rural en áreas del país como la Amazonia, y otras zonas de frontera, requiere la adopción de políticas públicas descentralizadas (regionales, municipales), la implementación de subsidios, regímenes tarifarios especiales y otras medidas de priorización que promuevan y garanticen el aprovechamiento sustentable del potencial energético de estas zonas a través de estos planes.
- El uso de FNCE representa una posibilidad de ahorro energético para fábricas que tienen consumos de energía térmica en sus diferentes procesos (calentamiento de agua, secado, calentamiento de aire, enfriamiento térmico). También puede ser utilizada en instituciones educativas, hoteles, vivienda, etcétera.
- En Colombia, debido a las condiciones climáticas, la variada geografía, las variedades de pisos térmicos (desde cálido a nivel del mar hasta nieves perpetuas a 4.500 metros de altura), se debería disponer de atlas energéticos a nivel regional (solar, eólico, hídrico, biocombustibles). Se pueden elaborar estudios relacionados con sábanas, cuencas hídricas, planicies, nevados, valles, mesetas y otros sitios pertinentes.

Revisión técnica de la regulación económica aplicada en Colombia para determinar los precios del etanol y el biodiésel

Por solicitud del gobierno de Colombia, el BID contrató al consultor Carlos Pastor para realizar la revisión técnica de la regulación económica aplicada en Colombia para determinar los precios del etanol y el biodiésel. Para ello se llevó adelante un análisis de la caracterización y el estado de situación del sector de producción de materias primas para biocombustibles y de producción de biocombustibles, con el objetivo de establecer el estado actual de la dinámica de desarrollo del sector en Colombia, buscando aportar valor agregado relativo a la conceptualización de

aspectos que puedan impactar el normal desenvolvimiento y tratando de que pueda ser armonizado por los diferentes actores, entre ellos, el MME.

Conclusiones

1. Biodiésel

- Se observan altos costos de extracción debido a la baja utilización de la capacidad instalada y a los altos costos de la mano de obra.
- El Fondo de Estabilización de Precios (FEP) es un mecanismo que ha garantizado el ingreso del sector palmero al mercado externo. Los fondos de estabilización no intervienen en los mercados ni interfieren en las relaciones entre industrias y agricultores. Solo son cuentas que se ajustan por cesiones y compensaciones que pagan o reciben los productores. No obstante, por su complejidad, las operaciones no siempre son entendidas por medianos y pequeños agricultores, por lo que se necesita mayor difusión.
- Existe preocupación entre la oferta nacional para el mercado interno y la generación de excedentes para la exportación en relación a la operatoria del FEP.
- Las alianzas productivas entre grandes y pequeños productores permiten asegurar una distribución equitativa de los beneficios obtenidos de la producción de aceite y de biocombustibles.
- La relación de precios relativos entre biocombustibles y productos alternos exportables a través del costo de oportunidad es un factor determinante, atento a la necesidad o no de sustituir progresivamente la participación del aceite crudo en los mercados internacionales.
- Los parámetros considerados para la producción específica de biodiésel en relación a su eficiencia industrial son adecuados técnicamente en relación a la secuencia de asignación de los factores de producción. La base del costo de la materia prima es la que está en discusión.
- En materia de emisión de GEI, Colombia reduce por el biodiésel un 83% de esas emisiones, siendo uno de los niveles de reducción más altos del mundo.

2. Etanol

- Los incentivos que impactan de manera significativa al sector son aquellos como la obligatoriedad de la mezcla, a través de la cual se les asegura a los inversionistas una porción de mercado, y la fijación de los precios que garanticen, como mínimo, cubrir su costo de oportunidad.
- Existe un alto grado de consolidación en la articulación de los dos principales eslabones de la industria azucarera colombiana (agricultores e ingenios), lo que le ha dado estabilidad al sector para mantener un ritmo de crecimiento sostenido durante muchos años, adoptando reglas de juego claras y estándares internacionales para determinar las formas de distribución de los beneficios entre agricultores e industriales.
- En el aspecto productivo, la dimensión del etanol carburante también es único. Para producir un litro de alcohol se generan entre 10 y 15 litros de vinaza, que tienen diversos tratamientos para su disposición final y/o aprovechamiento e inciden en el costo por litro de etanol producido. En este sentido, el país es consciente del problema que acarrea este tema y lo asume técnica, económica y ambientalmente.
- El mercado interno del azúcar está abastecido; por lo tanto, todo el azúcar que se produzca es para la exportación; y su materia prima originaria, para producir etanol. Cabe agregar que el complejo azucarero en su totalidad proporciona 188.000 empleos directos e indirectos y llega a 750.000 beneficiados, cifras que pueden incrementarse si se activa la producción de etanol.
- Ambientalmente, según el análisis de ciclo de vida, el etanol de caña de azúcar reduce un 74% las emisiones de GEI. Lo que se constituye en uno de las reducciones más importantes de América.

3. Biocombustibles en general

- El MME avanza en la conformación de la Comisión de Regulación de Precios de Combustibles, del que se espera que sea un organismo que dé más claridad en torno a la fórmula de precios que se utiliza.

- Aunque la palma de aceite y la caña de azúcar son las materias primas más eficientes para fabricar biocombustibles, sus relativos altos costos de producción hacen que los biocombustibles derivados de ambas materias primas pierdan competitividad a nivel internacional.
- Se han implementado proyectos específicos de producción de biocombustibles utilizando exclusivamente las materias primas para ese fin (por ejemplo, el Ecopetrol, con sus proyectos de etanol Bioenergy).

Recomendaciones

1. Biodiésel

- Establecer una revisión periódica de los elementos que fundamenten la sostenibilidad y permanencia del FEP (por ejemplo, la evolución de las áreas cultivadas, la producción, el rendimiento y los precios internacionales).
- Evaluar periódicamente el costo interno de producción del aceite crudo de palma y su costo de oportunidad. Es conveniente elaborar una estructura de costos integrales de biodiésel (directos e indirectos, en US\$) con los ítems disponibles a nivel global en Malasia, Indonesia y Colombia, a base de aceite crudo de palma, incluyendo subsidios e impuestos, con el objetivo de comparar los costos de los productos en origen.
- Analizar los factores de la cadena que permitirían solucionar el problema de la estacionalidad de los cultivos y la baja capacidad de almacenamiento. Entre esos factores se cuentan la posibilidad de suscribir contratos de suministro y desarrollar un mercado de futuros, y determinar cómo estos mecanismos coadyuvan a la formación del precio. En este sentido, lograr mayor seguridad en el suministro de la materia prima en aquellos casos donde no existan modelos de contratos con los aspectos comerciales y jurídicos necesarios.
- Analizar la estructura arancelaria de la cadena para determinar su impacto sobre las condiciones de competencia, pues la franja de precios no permite que se reflejen en el mercado interno las variaciones del precio internacional de una manera ágil y oportuna.
- Revisar periódicamente el cálculo de los indicadores de estabilización (precios y cantidades vendidas a cada mercado, así como cesiones y compensaciones) a los efectos

de mejorar la transparencia y la oportunidad de variantes en el mercado y con sus actores.

- Alcanzar mayor transparencia en el mecanismo y proveer mejor información a los agentes del mercado definiendo fuentes de información (por ejemplo, costos de logística nacionales e internacionales), que reflejen los cambios, especialmente en el tema de términos de fletes de transporte.
- Decidir sobre qué precio internacional se va a trabajar en la fijación de precios: los europeos o los asiáticos, como el Bursa Malasia, que corresponde a un mercado con mayor información pública.
- Identificar las posibilidades y los límites reales de ampliación de los porcentajes de mezcla de biodiésel y de la liberación de los precios de los biocombustibles en el mediano plazo.
- En relación a la oportunidad de brindar recomendaciones para una reducción de las medidas de protección, preliminarmente habría que tener en cuenta:
 - a. Analizar la conveniencia de aplicar un precio de paridad de importación como costo de oportunidad. Tener en cuenta si el país se autoabastece de materias primas o necesita importarlas para saber cuál es la paridad que debe adoptar.
 - b. Evaluar la comparación de las materias primas sustitutas y estimar cuál sería la mejor manera para la internalización del precio y/o considerar la toma de referencia del precio en origen (previo análisis de la carga impositiva y de los subsidios e incentivos que asumen). Generalmente, el costo de la materia prima representa entre el 80 u 85% del costo total de internalización.
 - c. Analizar los costos de producción de aceite de palma y de biodiésel y observar los rangos de eficiencia en los costos y en los márgenes para conocer el marco de competitividad que presentan.
 - d. Evaluar la necesidad de establecer pisos y techos para los precios del biodiésel.

Estos son aspectos esenciales para evaluar el comportamiento del aceite de palma en relación a su protección. Una vez analizados estos aspectos y consensuada la idea de que los tipos y niveles de protección del aceite de palma pueden llegar a disminuirse

o minimizarse, se analizaría la conveniencia política e institucional de sugerir una baja paulatina de los márgenes de protección vigentes. Una buena práctica indica que este es un proceso que necesita de un tiempo adecuado de maduración.

2. *Etanol*

- Revisar la metodología de aplicación del azúcar blanca para la generación de etanol que surgió tras el Documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social (Conpes), teniendo en cuenta que la materia prima para producir etanol es la miel B, proceso previo a la generación de azúcar.
- Estimar los costos internos de producción de la miel B, el costo de oportunidad de la misma o del símil que tenga las mismas condiciones de esta materia prima.
- Estimar el costo de producir etanol a través de azúcar refinada hacia miel B, y de azúcar cruda hacia miel B, a los efectos de evaluar cuál es el camino más apto para la elaboración de costos de etanol.
- Establecer el volumen producido de etanol por el azúcar refinado y por la miel B.
- Revisar el costo de producción en Colombia, a los efectos de observar la estructura y estimar de qué manera se podrían optimizar alguno de sus componentes.
- Tener en cuenta el tratamiento y la disposición final de la vinaza, ya que posee un volumen remanente entre 10 y 15 veces superior al litro de alcohol producido, por lo cual hay que estimar su costo. Existirían variantes de aprovechamiento de la vinaza, según la capacidad de riego, la disponibilidad de tierras y el tipo de resguardo ambiental.
- Siendo la vinaza un fertilizante que aporta una importante cantidad de potasio que sustituye al nutriente, habría que evaluar, específicamente en términos de la oportunidad espacial y temporal, el agregado de unidades de potasio como factor de compensación por el potasio que se extrae con la cosecha de la caña.
- Diseñar una adecuada difusión de información sobre las implicancias de producir y utilizar biodiésel y etanol. Esto es esencial para reducir prejuicios y fortalecer la comprensión de los usuarios sobre las bondades de los biocombustibles, los posibles aspectos negativos, las externalidades ambientales, la calidad de vida en relación al incremento del costo, etcétera.

- Revisar los fletes de transporte internos que se han planteado a través del Ministerio de Transporte, teniendo en cuenta que debería ser la oportunidad para contar con una fuente pública de fácil acceso para todos los participantes en el mercado. Considerar también los diferenciales internos de costos entre la localización de las distintas plantas.
- Para promocionar proyectos exclusivos como los de Ecopetrol, evaluar qué tipo de beneficios y seguridades se les podría brindar a aquellos inversionistas que estén interesados en producir solo biocombustibles con azúcar y el aceite de palma.
- Teniendo en cuenta que las materias primas de los biocombustibles son *comodities* con una dinámica internacional similar aunque con cadenas internas diferentes y considerando que ambos en Colombia no forman precios de las materias primas sino toman precios de referencia internacional, definir y decidir la posición de paridad de exportación o importación para ambos, a diferencia actual de uno con una paridad y otro con la restante.

ESTRATEGIAS DE ENERGÍA SOSTENIBLE Y BIOCOMBUSTIBLES PARA COLOMBIA

Mediante el contrato de consultoría “Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia”, el consorcio consultor formado por Mitsubishi Research Institute (MRI), la Universidad Nacional de Colombia (UNC) y Numark Associates Inc. (NUMARK), se buscó proveer al gobierno de Colombia de insumos para definir una estrategia de largo plazo que permita establecer metas de participación de las energías renovables (ER) en la matriz energética nacional y prioridades en programas de eficiencia energética (EE). Estos insumos incluyen recomendaciones sobre instrumentos económicos, regulaciones, políticas e incentivos que faciliten el logro de estas metas.

Para la definición de las estrategias se realizó un diagnóstico de la situación actual del país con relación a las fuentes no convencionales de energía y la eficiencia energética, así como un análisis de las metas existentes a corto, mediano y largo plazo; y de las principales oportunidades y barreras económicas, de mercado, institucionales, tecnológicas y operativas. También se analizaron aspectos regulatorios, tales como la Ley 697, los decretos 2501 de 2007, 3450 de 2008 y 1124 de 2008, y los incentivos económicos vigentes, tales como los establecidos en la Ley 788 de 2002.

Adicionalmente, se revisaron las relaciones oferta-demanda de energía, los planes energéticos, los resultados de las subastas de energía firme y los estudios técnicos recientes más relevantes sobre eficiencia energética y energía renovable en el país, tales como El Plan de acción indicativo del Programa de uso Racional y Eficiente de la Energía (Proure) y el proyecto de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) sobre la formulación de una propuesta para el Plan Nacional de Desarrollo de FNCE. En la perspectiva internacional, se revisaron los incentivos existentes para la promoción de ER, las tendencias y proyecciones de precios de las diferentes tecnologías de ER (biomasa, solar, geotérmica, hídrica, eólica), los programas de EE en economías similares a la de Colombia, las experiencias institucionales para la promoción de programas de EE y ER, y las motivaciones y características de programas de tecnología de punta, como las redes inteligentes en países desarrollados.

Energía renovable

En 2010, Colombia produjo un total de 4,48 millones de TJ²⁰, la gran mayoría de ese total estaba conformada por combustibles fósiles como carbón (45,1%), petróleo (37,0%) y gas natural (10,3%), seguida por hidroelectricidad (3,9%). Durante 2010, la mayor parte de la producción de carbón se destinó a las exportaciones (91,6%), lo mismo que la mitad del petróleo (56,4%) y una fracción importante del gas natural (11,8%). Si se tienen en cuenta todas las fuentes de energía, el país es un exportador neto que destina el 63% de sus energéticos al mercado internacional y solo un tercio al mercado interno. Las exportaciones representan cerca de 2,8 millones de TJ, en tanto que las importaciones (principalmente diésel, gas licuado de petróleo y gasolina) únicamente 104.324 TJ (el 2,1% del total de la energía producida). Colombia continuará siendo uno de los exportadores líderes de combustibles fósiles en la región, salvo en el caso del gas natural.

La mayor fuente de generación de electricidad en Colombia es la hidroeléctrica (68% en 2010), seguida por la generación a partir de combustibles fósiles (31,5% en 2010). El mayor consumo de electricidad se presenta en los sectores residencial (33,1%), industrial (24, 6%) y comercial (19,3%). Existe un importante porcentaje de pérdidas en el sistema, cerca del 20%. Durante el periodo 2010-2020, se espera que la demanda de electricidad en Colombia presente una tasa de crecimiento entre 2,7% y 4,5%, con un promedio de crecimiento del 3,6% para el

²⁰ Terajulios: unidad derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor.

escenario de crecimiento medio de la demanda. Para 2015 (primer plazo de las metas del Plan de Acción Proure), la demanda de electricidad crecerá entre 1,11 y 1,24 veces respecto del valor actual; para 2020 (segundo plazo establecido por el Proure), la demanda será entre 1,27 y 1,52 veces mayor que el valor presente. Se espera que la demanda de gas natural sea entre 1,05 y 1,28 veces mayor en 2015 y entre 1,16 y 1,52 veces mayor en 2020. En relación con el consumo de diesel, se espera que crezca entre 1,1 y 1,4 veces en 2015 y entre 1,2 y 1,7 en 2020.

En el escenario de demanda alta para el corto y mediano plazo (2010-2018) no se requiere generación adicional de electricidad más allá de lo que ya se adjudicó mediante las subastas del cargo por confiabilidad. En el largo plazo, el sistema colombiano necesitará 1.900MW ²¹ adicionales de capacidad, que serán adjudicados mediante el mismo mecanismo; esta cifra deberá incrementarse a 2.050MW si se tiene en cuenta la salida de operación de las plantas que ya cumplieron su ciclo de vida. Colombia necesitará 600MW de generación térmica para 2021 si se quiere reducir la vulnerabilidad del sistema y diversificar la matriz de generación eléctrica del país. Se espera que los costos de electricidad en Colombia continúen disminuyendo hasta 2018 gracias a la entrada en operación de grandes centrales hidroeléctricas en los próximos años. Después de 2018 se espera que los costos aumenten, haciendo que las FNCE sean más competitivas para ese entonces.

La generación eléctrica proveniente de energía renovable en Colombia está representada principalmente por pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) y por pequeñas contribuciones de biomasa y energía eólica. Actualmente, 615MW (equivalentes al 4,3% de la capacidad instalada del Sistema interconectado Nacional) corresponden a plantas de menos de 20MW que operan con fuentes renovables; la mayoría de estas son PCH. Por ley, las PCH sólo se consideran renovables si son plantas de menos de 10MW; únicamente 187MW cumplen esta condición. Adicionalmente, hay 55MW de cogeneración con bagazo y 18MW de generación eólica en operación. Las redes aisladas de las zonas no interconectadas (ZNI) tienen 100MW de capacidad instalada (98% diésel y 2% PCH).

En estudios recientes desarrollados por la UPME y el Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (Ideam) se estableció que el potencial hidroeléctrico del

²¹ Megavatios.

país está entre 29.000 MW y 74.000 MW, con un promedio de 53.000 MW. El potencial solar está entre 1.080 y 2.340kWh/m²-año, siendo la Guajira, la Costa Atlántica y la Orinoquía los lugares con mayor potencial. En cuanto al potencial eólico, la densidad de potencia a 50 metros oscila entre 200 y 1.700W/m², con zonas más promisorias en la Guajira y la Costa Atlántica, que sumadas tendrían un potencial entre 1.600 y 5.400MW. Los potenciales de energía geotérmica y de las mareas aún no se han determinado, si bien existen algunos estudios de identificación de zonas promisorias. En cuanto a biomasa, la UPME y el Ideam realizaron una evaluación del potencial energético de la biomasa residual de la agricultura y las actividades pecuarias, que estimaron en 330.000TJ/año y 117.000TJ/año respectivamente. No hay información sistemática en cuanto al nivel de penetración de estas tecnologías en el país.

Las aplicaciones no eléctricas de energías renovables han sido usadas en pequeña escala durante muchos años. Por ejemplo, en el sector agricultura se han usado bombas impulsadas por viento, mientras que en algunas áreas rurales se han desarrollado biodigestores caseros que utilizaban diversos tipos de materia prima. Algunas industrias emplean biomasa para la generación de calor, así como aplicaciones de calentamiento solar de agua en el sector residencial y de servicios en las ciudades. Aunque se prevé mayor difusión y aplicación de estas tecnologías, el tipo de proyectos con ER que pueden tener un mayor impacto en Colombia desde el punto de vista energético y económico en el futuro cercano se relacionan con generación de electricidad.

Colombia cuenta con dos fondos nacionales que podrían subsidiar proyectos de ER, el Fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas (Fanzi) y el Fondo Nacional de Regalías (FNR). El Fanzi es operado por el MME y se subsidia con un sobrecosto a las ventas de electricidad en el sistema interconectado. Su objetivo es financiar planes, programas y proyectos de inversión en las ZNI, tanto en energía renovable como en fuentes convencionales. El FNR se subsidia a través de los impuestos a la extracción y la minería y es manejado por el Departamnto Nacional de Planeación (DNP) para proveer asistencia a las regiones impactadas por la actividad minera, aunque también para otras regiones. El Fanzi y el FNR entregan recursos para financiar hasta el 80% de los costos de inversión. En síntesis, el país ya tiene una política de gobierno para subsidiar la generación eléctrica en las ZNI, incluida la

generación con renovables, por lo que subsidiar proyectos con ER en estas zonas implicaría una continuidad de la política actual.

Para los proyectos de energías renovables conectados a la red, existe una clara postura por parte del gobierno para no entregar subsidios a la formación de precios para este tipo de proyectos. Como el sistema actual basado en generación hidroeléctrica es relativamente limpio y existe una capacidad suficiente de generación para el futuro cercano, el MME prefiere no utilizar medidas regulatorias para forzar a las empresas a vender y/o generar con ER. Las metas de ER del Plan indicativo para el SIN (3,5% y 6,5 para 2015 y 2020, respectivamente) equivalen a una generación entre 375MW y 827MW de generación con ER, las cuales parecen difíciles de alcanzar si no se regulan las fuerzas del mercado. La experiencia en otros países muestra que una regulación explícita o incentivos concretos (o la combinación de ambos) son condiciones necesarias para aumentar la inversión en ER. La notable expansión del uso de ER en países como China, India, Japón, Estados Unidos y Alemania tienen como común denominador fuertes políticas gubernamentales y subsidios financieros. En Colombia, la expansión de la generación con grandes proyectos hidroeléctricos no ha necesitado subsidio alguno.

Para visualizar la competitividad a futuro de las diferentes tecnologías de ER en Colombia se realizó una comparación entre los precios del mercado colombiano y el costo promedio de generación para cada tecnología, sin considerar la reducción de costos de la tecnología debido al mejoramiento tecnológico o al crecimiento del mercado. Las cifras muestran que las cuatro tecnologías analizadas podrían competir con las fuentes convencionales a precios superiores a US\$70/MWh, lo que puede ocurrir durante períodos de sequía o de escasez de otros combustibles, pero no de forma permanente, al menos en los próximos 12 años. Con base en el diagnóstico del sector energético se propusieron las siguientes estrategias para promover las ER en el país:

ER1. Subastas de energía renovable

ER2. Financiamiento de banca multilateral

ER3. Cargo por confiabilidad para proyectos de ER

ER4. Incentivos financieros

ER5. Portafolio estándar de ER

ER6. Medición neta para generación distribuida

ER7. Transporte eléctrico, impuesto a las emisiones de carbono y combustión combinada

ER8. Un programa de redes inteligentes para Colombia

ER9. Alternativas en créditos de carbono para promover proyectos en ER y EE

ER10. Promoción de aplicaciones no eléctricas de ER

Eficiencia energética

En Colombia, el consumo final de energía primaria y secundaria en 2010 fue de 0,96 millones de TJ, y se generó principalmente en los sectores transporte (38%), industrial (23,7%) y residencial (21,7%): y, en menor proporción, en los sectores agrícola-minero y comercial-público. Esta demanda se satisfizo principalmente con diésel (21,7%), energía eléctrica (17,8%), gas natural (17,3%) y gasolina motor (11,8%). En la última década, el consumo final de energéticos aumentó 3,5% debido principalmente a un fuerte crecimiento en la demanda en el sector transporte. En el período 2000-2010, el consumo en este sector aumentó en 58.000 TJ, mientras que en los sectores residencial, comercial-público y agrícola-minero el aumento fue de 15.300TJ, 11.300TJ y 15.100TJ, respectivamente. En los sectores industrial y construcción, el consumo disminuyó en 15.500TJ y 9,900TJ, respectivamente durante el mismo período.

La eficiencia energética por sector, calculada como el cociente entre la energía útil y el consumo final para cada sector, es de un promedio de 41,6%. En los sectores industrial y comercial existe una eficiencia moderada (70,9% y 73,9%, respectivamente), mientras que en transporte la eficiencia es bastante baja (17,6%). En términos de cantidad, las mayores pérdidas se dan en el sector transporte, siendo casi tres a cinco veces mayores a las de los sectores residencial, industrial y agrícola-minero.

En Colombia, la energía eléctrica constituye el 17,8% del consumo final, mientras que los otros energéticos representan el 82,2% restante. Considerando solamente los otros energéticos se encuentra que la eficiencia promedio es muy baja (33,4%). Nuevamente, los sectores transporte, residencial, industrial y agrícola-minero se presentan como los de mayores pérdidas (véase

gráfico 3). Las causas de la baja eficiencia son inciertas, pero muy probablemente obedezcan a tecnologías obsoletas de uso final, malas prácticas operacionales, equipos no reconvertidos, falta de mantenimiento y, en cierto grado, a la falta de información unificada. Cuando se considera solamente la energía eléctrica, las cifras muestran un panorama diferente. La eficiencia promedio es del 79,6% y oscila entre el 55% y el 82%. Los sectores industrial, transporte (metro de Medellín), residencial y comercial-público tienen eficiencias superiores al 80%. Los sectores agrícola-mineros y construcción son los de menor eficiencia. En términos de cantidad de energía que podría potencialmente aprovecharse, los sectores residencial, industrial y comercial se presentan como los más promisorios en energía eléctrica, mientras que los sectores de transporte, residencial, industrial y agropecuario-minero son los de mayor potencial en otros energéticos.

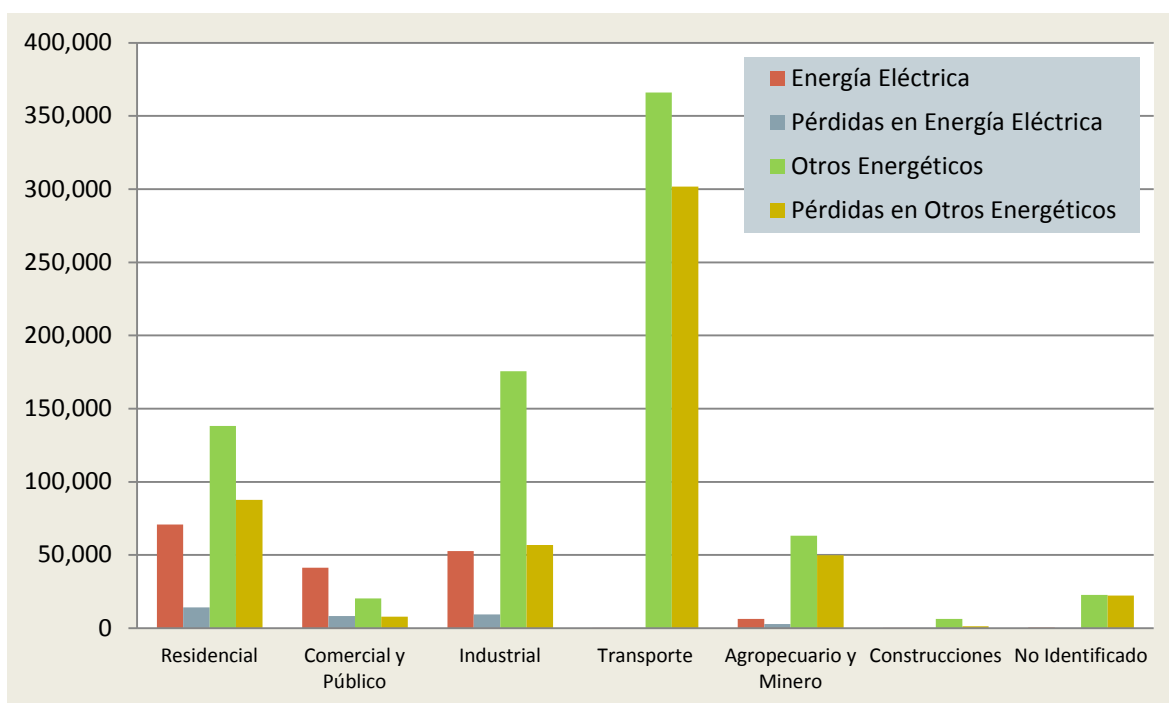
Un análisis detallado del Balance Energético Nacional que selecciona los energéticos que generan el mayor consumo por sector, tanto en energía primaria como secundaria, permite identificar 15 categorías donde las acciones en eficiencia energética tendrían mayor impacto. El potencial ahorro de energía mediante acciones en estas 15 categorías es del orden de los 459.746TJ (136.358TJ en energía primaria y 323.388TJ en energía secundaria). Estas representan el 81,7% del total de pérdidas de energía en Colombia (562.796TJ). Cabe destacar que solo cinco de estas categorías tienen metas indicativas de eficiencia energética en el Plan indicativo del Proure, no necesariamente en las áreas de mayor potencial. Las categorías son:

Energía primaria. Los principales consumos de energía primaria se dan en los sectores industrial, residencial y transporte. Siete categorías representan el 83% del consumo final y son: gas natural en los sectores industrial (26,8%), residencial (11,6%) y transporte (7,7%); leña en los sectores residencial (18,0%) y agrícola-minero (4,1%); carbón mineral en el sector industrial (8,2%) y bagazo en el mismo sector (6,7%). Las eficiencias en el consumo en estas categorías oscilan entre un 10% y 72% y, en conjunto, podrían generar un ahorro de 136.358TJ, que representa un 40,6% del consumo final de energía primaria en Colombia.

Energía secundaria. Los principales consumos de energía secundaria se dan en los sectores transporte, residencial, industrial, comercial-público y agropecuario-minero. Ocho categorías representan el 84% del consumo final y son: diésel *oil* en los sectores transporte (26,9%) y agropecuario-minero (4,6%); gasolina motor en el sector transporte

(17,7%); energía eléctrica en los sectores residencial (11,3%), industrial (8,4%) y comercial-público (6,6%); *kerosene jet* en el sector transporte (5,2%) y gas licuado de petróleo en el sector residencial (3,7%). Las eficiencias en el consumo en estas categorías oscilan entre un 14% y 82% y, en conjunto, podrían generar un ahorro de 323.388TJ, que representa un 51,4% del consumo final de energía secundaria en el país.

Gráfico 3. Consumo final y pérdidas de energía por sector en Colombia en 2010 (TJ)



Fuente: Elaboración del consultor MRI con cifras del Balance Energético Nacional 2010.

El marco legal para la eficiencia energética en Colombia se compone por la Ley 697 de 2001 del uso racional y eficiente de la energía y las FNCE, el decreto 3683 de 2003 y más de 50 regulaciones, resoluciones y decretos que establecen las directrices, los incentivos y los programas específicos en diferentes sectores y para diferentes tecnologías de uso final. La Ley 697 estableció el marco legal general para el desarrollo de política y regulaciones por parte del gobierno. Se creó la Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes no Convencionales de Energía (CIURE), que asume las responsabilidades del desarrollo

de políticas y estrategias, así como la coordinación y articulación entre diferentes instituciones. Posteriormente, el decreto 3683 reguló la Ley 697 dando responsabilidades a cada entidad.

El Plan de acción del Proure hasta 2015, adoptado por el MME mediante la Resolución 180919/2010, define objetivos, lineamientos y metas indicativas de ahorro energético en cada uno de los sectores de consumo de la matriz energética del país. Adicionalmente, define responsabilidades y estrategias institucionales, financieras, de mercado, y líneas de acción prioritarias en cada uno de los sectores de consumo, lo que refleja un nuevo escenario y una voluntad política para impulsar la eficiencia energética en el país. El programa propone escenarios de corto plazo, estrategias y acciones prioritarias que deberán implementarse gradualmente y que deberán revisarse y ajustarse periódicamente. El Proure también se orienta hacia la cultura del ahorro energético, la construcción de condiciones para promover un mercado de bienes y servicios, el fortalecimiento institucional y la promoción de inversiones en empresas.

Las metas del Plan indicativo del Proure se establecieron asumiendo la disponibilidad de los recursos apropiados y la infraestructura institucional necesaria para su ejecución; sin embargo, existen ciertas condiciones que no se han cumplido, lo que hace dificultoso alcanzar las metas. Adicionalmente, las metas de EE del Plan indicativo tienen algunos problemas de definición; por ejemplo, no es claro cuál es el referente para definir la meta de ahorro. Es decir, hay ambigüedad sobre la cifra y el año base que se usará para estimar y monitorear el porcentaje de ahorro. Otro aspecto a considerar es el hecho de que las metas son solo indicativas. Dentro de este contexto, la consultoría recomendó tres acciones: a) modificar los plazos establecidos en el Plan de acción, b) explicitar claramente cuál es el referente para definir la meta de ahorro, y c) considerar, además de la opción de metas indicativas, la posibilidad de hacerlas obligatorias.

Aún existen barreras importantes que deberán eliminarse en el corto plazo si se quiere cumplir con las metas establecidas. Esas barreras incluyen la falta de conocimiento limitado acerca de la Ley 697 de 2000, la ausencia de incentivos directos para promover programas y proyectos, las barreras institucionales y la escasez de financiamiento. Para dichas barreras, se recomendaron las siguientes estrategias:

EE1. Estrategias en políticas y planeación

EE1A. Ajuste a las metas del Proure

- EE1B. Definición de acciones prioritarias por sector
- EE1C. Promoción de acciones para reducción de pérdidas por sector
- EE1D. Implementación de sistemas de gestión de la demanda
- EE1E. Aumentar el conocimiento público del Proure
- EE2. Estrategias de organización institucional y manejo de la información
 - EE2A. Fortalecimiento del MME y la UPME y la implementación de la agencia de EE
 - EE2B. Mejoramiento de Balance Energético Nacional
 - EE2C. Implementación de indicadores y protocolos de Medida y Verificación (M&V)
- EE3. Estrategias en financiamiento
 - EE3A. Definición de fuentes de financiación para Proure
 - EE3B. Coordinación de iniciativas internacionales a través del MME

Selección de estrategias finales

La discusión de las 20 estrategias propuestas (10 en EE y 10 en FNCE) con la Dirección de Energía del MME llevó a concluir que, dadas las condiciones del mercado actual de energía en Colombia, resulta más viable dar prioridad a las estrategias de EE y centrar los esfuerzos del MME en un reducido número de estrategias que permitan focalizar las acciones del MME. Las estrategias originales se clasificaron en tres grandes grupos: de planeación y regulatorias, de apoyo financiero, y de fortalecimiento institucional; y llevaron al siguiente portafolio final:

Estrategias de EE

- a) Introducir gradualmente metas obligatorias en EE por sectores, apoyadas con fuertes incentivos financieros.
- b) Introducir metas voluntarias en EE en el sector industrial, establecidas mediante acuerdos de producción limpia y apoyadas con incentivos financieros moderados.

Estrategias de FNCE

- a) Establecer metas obligatorias sobre FNCE, - Portafolio Estándar de Energía Renovable (PEER).
- b) Introducir cambios regulatorios y mecanismos adecuados de apoyo financiero que impulsen el desarrollo de proyectos de FNCE.

Estrategia Institucional

- a) Fortalecer la institucionalidad en los aspectos estratégico (MME), de planeación (UPME) y operativo (Agencia de Promoción de EE y FNCE).

Plan de acción

Actualmente, el MME no cuenta con la infraestructura institucional y los recursos para el desarrollo de un programa que permita impulsar y monitorear el avance y la efectividad de un programa de EE. Se recomienda que las acciones de EE se implementen gradualmente en seis fases a medida que se vayan haciendo efectivas las acciones de fortalecimiento institucional. El plan debería comenzar por los programas obligatorios de EE en energía eléctrica en el sector industrial, que son los de mayor impacto y relativamente más fáciles de implementar. Luego, a medida que se vaya ganando experiencia en su ejecución, se podrá avanzar gradualmente hacia programas más complejos, como los voluntarios en el sector transporte. En el desarrollo del Plan de acción se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios de estrategia institucional:

- A. Las acciones de los próximos cuatro años de estos tres grupos se deberían focalizar en los temas de EE, en particular las áreas y sectores que aquí se identifican como prioritarios.
- B. La gerencia del Proure se encargaría del direccionamiento estratégico de dicho programa y de su coordinación e implementación con las demás entidades gubernamentales.
- C. La UPME se dedicaría a la recopilación y síntesis de información relevante para el seguimiento del avance del Plan de acción propuesto en EE, a asesorar a la gerencia del Proure en el establecimiento o reajuste del valor de las metas obligatorias y a darle soporte técnico al mismo para negociar las metas voluntarias. En el tema de FNCE, la UPME tendría la función de hacer vigilancia tecnológica para monitorear la evolución de los costos de inversión, operación y mantenimiento de las diferentes tecnologías de FNCE y el impacto de los incentivos financieros y regulatorias en su competitividad. De

esta manera, se podrá determinar el momento en el que los cambios en la regulación vigente las hagan más competitivas. Sin embargo, esta labor debería limitarse, como máximo, a un 10% de las actividades del grupo de EE y FNCE con que se reforzaría la UPME.

- D. La agencia de promoción de EE se debería centrar en implementar y promover proyectos de EE. En sus inicios, debería puntualizar principalmente en proyectos derivados de las metas de EE en edificios públicos. Luego, podría trabajar gradualmente en proyectos del sector comercial, industrial, y residencial. La agencia tendría también el papel de garante del uso apropiado de incentivos y de facilitador en la búsqueda de créditos para la implementación de proyectos.

Estudios complementarios

En el presente estudio se han identificado varios estudios prioritarios que le permitirían al MME evaluar la conveniencia de adoptar o no políticas relacionadas con la promoción de programas de EE y proyectos de FNCE. Entre los más importantes, se recomiendan:

- Evaluación cuantitativa del impacto de los cambios regulatorios en el país para diferentes escenarios de penetración de las FNCE, teniendo en cuenta las tendencias de los precios de las FNCE más promisorias.
- Estudio de factibilidad técnico-económica del uso de biomasa para la cogeneración en plantas existentes en Colombia.
- Evaluación cualitativa del impacto fiscal para el gobierno de los incentivos propuestos en EE y de los mecanismos necesarios para lograr consenso sobre su adopción.
- Caracterización tecnológica de los seis sectores industriales aquí identificados en términos de equipos de iluminación, refrigeración, motores y compresores para el establecimiento de las categorías y los subsectores prioritarios de reconversión tecnológica.
- Caracterización tecnológica del sector comercial en términos de equipos de iluminación, refrigeración y aire acondicionado para el establecimiento de las categorías y los subsectores prioritarios de reconversión tecnológica.
- Estimación del potencial energético de los recursos naturales disponibles para la generación mediante FNCE en diferentes regiones del país.

CONCLUSIONES GENERALES

Los resultados de los estudios realizados dentro del marco de la cooperación técnica “Estrategia de energía sostenible y biocombustibles para Colombia” proveen al gobierno de dicho país de herramientas sólidas para la formulación de líneas de política y estrategias en materia de energías renovables y biocombustibles. Además, estos estudios le permitieron:

1. Contar con propuestas de estrategias para aumentar la participación de las energías renovables en Colombia, las cuales, dadas las condiciones de oferta y uso de energéticos en el país y la buena evolución regulatoria del sector energético, son de aplicación gradual y con horizonte de largo plazo.
2. Reafirmar la orientación de los subprogramas estratégicos planteados en el Proure mediante la indicación general de criterios de priorización sobre sus líneas de acción, siendo relevante para el gobierno el fortalecimiento institucional.
3. Obtener una propuesta de indicadores para monitoreo de las gestiones y acciones a realizar con el Proure, con base en sugerencias de actores relevantes (MME, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y UPME).
4. Identificar las prioridades por sectores consumidores de energía, con base en aproximaciones de su eficiencia y participación reportada en el Balance Energético nacional.
5. Identificar la necesidad de mejorar las condiciones de generación y reporte de información asociada al Balance Energético Nacional, para ser usado como herramienta de referencias.
6. Realizar un inventario de las normas técnicas nacionales e internacionales utilizadas o referenciadas en los reglamentos técnicos vigentes o próximos a expedir.
7. Identificar las tecnologías más usadas comercialmente como fuentes no convencionales de energía, y aquellas que se presentan con potencial Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) a nivel industrial y doméstico; y el avance en la determinación de los estándares y normas técnicas internacionales normas relativas
8. Realizar un inventario de los estudios desarrollados en el país sobre eficiencia energética, fuentes no convencionales y otros temas relacionados con tecnologías o sistemas asociados

9. Contar con un análisis de ciclo de vida para los biocombustibles producidos en Colombia, que determinó los niveles típicos de reducción de emisión de GEI del etanol (74%) y biodiésel (83%) con respecto a los combustibles fósiles que sustituyen. Estos resultados determinan a los biocombustibles colombianos con niveles de alta sostenibilidad que cumplen con los requerimientos más exigentes, como son los de los mercados europeo (RED) y americano (RFS2).
10. Contar con un insumo técnico básico para que la *US Environmental Protection Agency* apruebe el biodiésel colombiano como *Advance biofuels* y sea considerado dentro de la RFS2.
11. Identificar los mercados potenciales a nivel mundial para los biocombustibles colombianos, así como identificar los aspectos clave a tener en cuenta para ser competitivos en los mercados internacionales y definir las alternativas para desarrollar el potencial exportador colombiano de biocombustibles. Con base en esta información, se establecerán estrategias para que Colombia pueda acceder a los mercados internacionales identificados.
12. Establecer una propuesta para la implementación de un programa QA/QC con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad de los biocombustibles y sus mezclas con combustibles fósiles en toda la cadena de distribución, hasta los consumidores finales. Este programa QA/QC es una prioridad para el Ministerio de Minas y Energía, puesto que ha sido solicitado por varios agentes de la cadena de distribución, como los productores de biocombustibles y los distribuidores minoristas, por los importadores de automóviles y por entidades de control, como la Superintendencia de Industria y Comercio.
13. Mediante la difusión y capacitación del personal técnico y operativo de las plantas de abasto y estaciones de servicio sobre buenas prácticas para el almacenamiento y transporte del biodiésel y sus mezclas con combustibles fósiles, los agentes de la cadena tomaron conciencia del impacto que tenían las practicas no adecuadas en las mezclas diésel y fósil-biodiésel.
14. Realizar talleres de difusión y capacitación a nivel nacional (15 a mayoristas y 25 a minoristas), y la publicación de 1.000 ejemplares de la Guía de buenas prácticas, 1.000 de la cartilla de minoristas y 1.000 de la de mayoristas.

15. Evidenciar la necesidad de que los principios de la Guía de buenas prácticas sean de carácter obligatorio. Esta posibilidad está siendo revisada por parte del Ministerio, mediante la expedición de una resolución para este fin.