

Prospectiva UN

## Agendas de Conocimiento

---



08

ENERGÍA

---

un #  en investigación





PLAN GLOBAL DE DESARROLLO 2010-2012  
Prospectiva UN - Agendas de Conocimiento

## Agenda: ENERGÍA

---



PLAN GLOBAL DE DESARROLLO 2010-2012  
Prospectiva UN - Agendas de Conocimiento

# Agenda: ENERGÍA

---

**Autores:**

Profesores - Grupo de expertos participantes  
Eduardo Antonio Cano Plata  
Farid Chejne Janna  
José de Jesús Díaz Velásquez  
Isaac Dynner Rezonzew  
Luis Octavio González Salcedo  
Sergio Hernando Lopera  
Paulo César Narváez Rincón  
Horacio Torres Sánchez  
Camilo Younes Velosa

**Coordinación metodológica:**

Profesor Johnny Alexander Tamayo Arias



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Bogotá, 2013

## Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Cano Plata, Eduardo Antonio, 1967- Agenda : energía / Grupo de expertos participantes Eduardo Antonio Cano Plata ... [y otros ocho] ; coordinación metodológica Johnny Alexander Tamayo Arias. – Bogotá : Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación, 2013. 138 páginas : ilustraciones – (Agendas de Conocimiento) Incluye referencias bibliográficas

ISBN : 978-958-761-587-6 (papel) – ISBN : 978-958-761-589-0 (IPD) – ISBN : 978-958-761-588-3 (digital)

1. Educación superior - Planificación - Colombia - 2010-2012 2. Investigación y desarrollo - Enseñanza superior - Colombia - 2010-2012 3. Estrategias para el desarrollo - Investigaciones 4. Gestión del conocimiento 5. Recursos energéticos renovables 6. Desarrollo energético 7. Sostenibilidad 8. Demanda de energía I. Chejne Janna, Farid, 1960- II. Díaz Velásquez, José de Jesús, 1956- III. Dyner Rezonzew, Isaac, 1950- IV. González Salcedo, Luis Octavio, 1966- V. Lopera Castro, Sergio Hernando, 1965- VI. Narváez Rincón, Paulo César, 1972- VII. Torres Sánchez, Horacio, 1949- VIII. Younes Velosa, Camilo, 1976- IX. Tamayo Arias, Johnny Alexander, 1976-, coordinador X. Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación XI. Título XII. Otro título : Energía XIII. Otro título: Plan Global de Desarrollo 2010-2012. Prospectiva UN – Agendas de Conocimiento XIV. Serie

CDD-21 378.107 / 2013

### UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

#### RECTORÍA

Ignacio Mantilla Prada (2012-2014)  
Moisés Wasserman Lerner (2006-2012)

#### VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN

Alexánder Gómez Mejía (2012-2014)  
Rafael Alberto Molina Gallego (2008-2012)

#### Dirección General Proyecto Agendas de Conocimiento

Profesor Rafael Molina Gallego

#### Coordinación metodológica del proyecto

##### Profesores facilitadores:

Jenny Marcela Sánchez Torres, asesora VRI  
Carlos Alberto Rodríguez Romero, Grupo Griego

#### Grupo de apoyo conceptual de la Agenda:

Profesor Johnny Alexander Tamayo Arias

#### Profesional de apoyo

Adriana del Pilar Sánchez Vargas

#### Vigía

Kenny Mauricio Gómez

#### Corrección de estilo

Martha Elena Reyes

#### Diseño y diagramación

Andrés Camilo Gantiva - Diseñador Gráfico  
Unidad de Publicaciones Facultad de Ingeniería

Primera edición, 2013

© Universidad Nacional de Colombia  
Vicerrectoría de Investigación

#### ©Autores:

Profesores - Grupo de expertos participantes  
Eduardo Antonio Cano Plata  
Farid Chejne Janna  
José de Jesús Díaz Velásquez  
Isaac Dyner Rezonzew  
Luis Octavio González Salcedo  
Sergio Hernando Lopera  
Paulo César Narváez Rincón  
Horacio Torres Sánchez  
Camilo Younes Velosa

ISBN: 978-958-761-587-6 (papel)

ISBN: 978-958-761-589-0 (IPD)

ISBN: 978-958-761-588-3 (digital)

Impreso y hecho en Bogotá, Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

#### Vicerrectoría de Investigación

Avenida El Dorado # 44A - 40  
Hemeroteca Nacional – Oficina 403  
Teléfono: 57-1-316 5000 Ext. 20077  
Correo electrónico: vicinvest\_nal@unal.edu.co  
www.unal.edu.co

# CONTENIDO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	9
<b>LISTA DE TABLAS</b>	11
<b>PRESENTACIÓN</b>	13
<b>INTRODUCCIÓN</b>	19
<b>1. DIAGNÓSTICO GENERAL E INSTITUCIONAL</b>	23
1.1 Definición del área	24
1.2 Tendencias identificadas	26
1.2.1 Tendencias en fuentes de energía	26
1.2.2 Tendencias en sostenibilidad y mercados energéticos	31
1.2.3 Tendencias en demanda de energía	34
1.3 Apuestas gubernamentales en la última década	36
1.4 Esfuerzos institucionales en la definición de agendas de investigación	39
1.5 Capacidades de investigación del entorno nacional e institucional en energía	42
1.5.1 Capacidades de investigación del entorno nacional	43
1.5.2 Capacidades de investigación institucionales, UN	45
1.5.2.1 Capital humano	46
1.5.2.2 Capital estructural	48
1.5.2.3 Capital relacional	50
<b>2. VISIÓN DE FUTURO: LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PROPUESTOS</b>	53
2.1 Objetivo de la Agenda	53
2.2 Alcance	54
2.3 Retos y perspectivas en el entorno local y nacional	54
2.4 Potenciadores e inhibidores	54
2.4.1 Potenciadores	55
2.4.2 Inhibidores	55
2.5 Propuesta inicial de las temáticas existentes y emergentes	56
2.6 Determinación de énfasis institucional	58
2.7 Elementos vinculantes	59

<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS PROSPECTIVO PARA CONSOLIDAR UNA VISIÓN DE FUTURO DE ENERGÍA</b>	61
3.1	Resumen ejecutivo de los resultados de la encuesta prospectiva	61
3.1.1	Ficha técnica de la encuesta	62
3.1.3	Valoración de objetivos, metas y alcance	65
3.1.4	Valoración de potenciadores e inhibidores	67
3.1.5	Valoración de las áreas temáticas	68
3.2	Resumen de las realimentaciones en las jornadas de discusión con la comunidad académica	73
3.3	Proyectos propuestos por los profesores encuestados	74
3.3.1	Sostenibilidad y mercados energéticos	79
3.3.2	Fuentes de energía	79
3.3.3	Demanda de energía	80
3.4	Recursos financieros necesarios y principales socios de relación colaborativa	82
3.4.1	Área de sostenibilidad y mercados energéticos	82
3.4.2	Área demanda de energía	83
3.4.3	Área fuentes de energía	84
3.5	Estructura organizativa del entorno en la Agenda Energía	85
3.5.1	El papel del Estado	85
3.5.2	El compromiso del sector productivo	86
3.5.3	El aporte de la estructura científico-tecnológica	86
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	89
	<b>ANEXOS</b>	95
Anexo 1.	Metodología para la construcción de las Agendas de Conocimiento	95
Anexo 2.	Macrotendencias de la Agenda Energía	104
Anexo 3.	Equipo de la Agenda Energía	135

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Componentes de las Agendas de Conocimiento PGD 2010-2012	16
Figura 2.	Esquema general del sistema integrado de las Agendas de Conocimiento	17
Figura 3.	Sistema de áreas de la Agenda Energía	25
Figura 4.	Estructura de fuentes de energía	27
Figura 5.	Estructura de sostenibilidad y mercados energéticos	31
Figura 6.	Estructura de demanda de energía	34
Figura 7.	Grupos Clasificación –Principales– en Colciencias. Investigaciones en energía y minería	43
Figura 8.	Grupos Clasificación –Secundarios– en Colciencias. Investigaciones en energía y minería	44
Figura 9.	Capacidades nacionales según grupos, áreas temáticas y clasificación. Principales (Clasificación Colciencias)	44
Figura 10.	Capacidades nacionales según grupos, áreas temáticas y clasificación. Secundarios (Clasificación Colciencias)	45
Figura 11.	Distribución de planta docente en las diferentes sedes para la Agenda Energía entre 2003 y 2010	46
Figura 12.	Nivel de formación de los docentes que pertenecen o han pertenecido a los grupos vinculados al área temática de la energía entre 2003 y 2010	47
Figura 13.	Distribución de los grupos de investigación de la UN en la Agenda Energía 2003-2010	48
Figura 14.	Distribución de los productos de investigación de la Agenda Energía, 2003-2010	49
Figura 15.	Productos de nuevo conocimiento por sede de la Agenda Energía	49
Figura 16.	Proyectos de investigación y extensión de la Agenda Energía	50
Figura 17.	Algunas relaciones de la UN con el medio en temas de energía	51
Figura 18.	Árbol de conocimiento de la Agenda Energía	57
Figura 19.	Consolidado de las capacidades acumuladas para la Agenda Energía	58
Figura 20.	Elementos vinculantes, Agenda Energía con las demás Agendas (i)	59

Figura 21.	Elementos vinculantes, Agenda Energía con las demás Agendas (ii)	60
Figura 22.	Resumen gráfico primera aplicación encuesta prospectiva a directores de la UN	64
Figura 23.	Resumen gráfico segunda aplicación encuesta prospectiva a investigadores de la UN	65
Figura 24.	Valoración del grado de acuerdo del objetivo propuesto en la Agenda Energía	66
Figura 25.	Valoración del grado de acuerdo de los alcances propuestos en la Agenda Energía	67
Figura 26.	Promedio de importancia de investigación para el desarrollo de los temas	70
Figura 27.	Capacidades de la UN para desarrollar investigación en los temas de la Agenda Energía	71
Figura 28.	Índice de importancia de investigación	73
Figura 29.	Actores involucrados en el desarrollo de la Agenda Energía	81
Figura 30.	Consumo mundial de energía, 1990-2035 (cuatrillones de BTU)	104
Figura 31.	Distribución del consumo de energía mundial	105
Figura 32.	Proyección en el consumo de combustibles por sector 2007-2035 (millones de barriles por día)	106
Figura 33.	Colombia - Consumo final de energía. Millones de TEP	107
Figura 34.	Reservas y producción de gas natural (Giga pies <sup>3</sup> )	109
Figura 35.	Inversión en tecnologías limpias por regiones (2008 = US\$119 billones)	111
Figura 36.	Inversión en tecnologías de energías limpias por fuente 2008, total de US\$13,5 billones	112
Figura 37.	Sistema de Interconexión Nacional, SIN	119
Figura 38.	Las zonas de no interconexión, ZNI	120
Figura 39.	Ética y energía	125
Figura 40.	Volumen de préstamos aprobados desde 2004 para inversión en proyectos energéticos en LAC (Latinoamérica y el Caribe)	129
Figura 41.	Grandes desafíos energéticos en LAC. Mantener el liderazgo en energías limpias y bajas emisiones	130
Figura 42.	Grandes desafíos energéticos en LAC. Aumentar el acceso a la energía de manera sostenible	131
Figura 43.	Principales fondos de apoyo financiero del Estado colombiano para proyectos de ampliación de la cobertura de energía eléctrica y gas	132

# LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Macrotendencias fuentes de energía	28
Tabla 2.	Macrotendencias sostenibilidad y mercados energéticos	32
Tabla 3.	Macrotendencias demanda de energía	35
Tabla 4.	Apuestas gubernamentales en materia energética	37
Tabla 5.	Comparación de los principales temas en los CAI, PRE, PUI y Agendas de Conocimiento	41
Tabla 6.	Ficha técnica de la encuesta prospectiva, primera recolección, población directores de grupos de investigación	62
Tabla 7.	Ficha técnica de la encuesta prospectiva, primera recolección, población investigadores de grupos de investigación	63
Tabla 8.	Tiempo de materialización en años de los temas de la Agenda Energía	72
Tabla 9.	Propuestas de proyectos y temas de investigación para la Agenda Energía por parte de los directores encuestados	75
Tabla 10.	Propuestas de proyectos y temas de investigación para la Agenda Energía por parte de los investigadores encuestados	75
Tabla 11.	Proyectos de regalías para la ciencia, tecnología e innovación, 2012	77
Tabla 12.	Comportamiento del petróleo y sus derivados. Millones de barriles por día	105
Tabla 13.	Dinámica del gas natural. Trillones de ft <sup>3</sup>	108
Tabla 14.	Dinámica del carbón. Cuatrillones de BTU	109
Tabla 15.	Dinámica de la hidroelectricidad. Panorama mundial en la generación de energía por fuente hídrica ( <i>top 10</i> )	110
Tabla 16.	Desarrollos en fuentes renovables para producción de energía (UPME)	112
Tabla 17.	Los biocombustibles	114
Tabla 18.	Dinámica mundial de los biocombustibles. Billones de litros	115
Tabla 19.	Proyección tasas de crecimiento de energía primaria 2006-2025	119
Tabla 20.	Colciencias: fortalecimiento de las relaciones institucionales, perspectiva energética	123
Tabla 21.	Proyección en la distribución sectorial del consumo	125
Tabla 22.	Prospectiva de crecimiento por sector	126

Tabla 23.	Resumen de aspectos clave de los diferentes programas de fondeo para el sector energético nacional	133
Tabla 24.	Recursos de los sectores de energía eléctrica y gas	134
Tabla 25.	Integrantes equipo de apoyo logístico y coordinación	135
Tabla 26.	Integrantes equipo técnico de gestión de la información VRI	135
Tabla 27.	Expertos de la Agenda Energía	136

# PRESENTACIÓN<sup>1</sup>

El presente libro hace parte de una serie de documentos producto del proceso llevado a cabo dentro del Plan Global de Desarrollo, PGD, 2010-2012 de la Universidad Nacional de Colombia, UN, bajo la rectoría del profesor Moisés Wasserman y en el marco del Proyecto Agendas de Conocimiento, coordinado por la Vicerrectoría de Investigación, VRI. En esta ocasión se presenta el resultado del proceso en la Agenda Energía. Con el fin de contextualizar al lector, a continuación se describen brevemente algunos de los principales aspectos que fueron fundamentales para el desarrollo del proyecto en su conjunto.

Una lectura global de los distintos sistemas de investigación, bien sea de bloques de países (ej., Comunidad Europea), de países desarrollados o de universidades o institutos de investigación de reputación internacional, refleja como el proceso para construir las denominadas sociedades del conocimiento ha requerido instrumentos diversos que permiten contar con formas distintas de mapas conceptuales claros, que identifican sus propias capacidades en investigación, sus temáticas de interés, y facilita el monitoreo permanente de los nuevos desarrollos y tendencias, lo cual, en su conjunto, permite revisar, replantear o generar políticas en materia de investigación, haciendo cada vez más eficientes los sistemas de ciencia, tecnología e innovación, CTI. A diferencia de lo que ocurre en las latitudes mencionadas, Colombia y sus instituciones académicas en general cuentan aún con muy precarios sistemas de información y estrategias de investigación (nacional, regional o institucionales) que puedan servir como instrumento de definición de política en CTI, de toma de decisiones objetiva basada en información validada y en tiempo real o como escenario de pensamiento y gestión permanente del conocimiento que permita estructurar prospectivas a corto, mediano y largo plazo articuladas con el futuro del país en la dinámica del mundo globalizado.

Lo anterior no desconoce algunos ejercicios e intentos del ámbito nacional que se han realizado, particularmente en las últimas tres décadas. Entre ellos se cuenta el Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, SNCTI, en cabeza de Colciencias y su plataforma ScienTi, que ha generado diversas experiencias y particularmente ha puesto

---

1 La presente reflexión es parcialmente tomada del libro *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación*. (2012), y replicada, como eje articulador, en la presentación de todas y cada una de las agendas específicas.

de manifiesto, aunque en forma empírica, la evolución de los grupos de investigación en cada uno de los Programas Nacionales de CTI definidos por dicha entidad. De otro lado, y por iniciativas privadas o públicas, algunos ejercicios de prospectiva se han desarrollado para unas temáticas específicas y limitadas a algunos ministerios, institutos o centros de investigación, especialmente en el periodo 2003-2008. La UN ha intentado en otras épocas generar sistemas que identifiquen las áreas de conocimiento que desarrolla, proponiendo Programas Universitarios de Investigación, PUI (1990-1993) o posteriormente los denominados Campos de Acción Institucional, CAI, soportados en Programas Estratégicos, PRE (1999-2003) o consecutivamente, para el PGD de la Universidad (2007-2009) se definieron los Programas Estratégicos de Investigación mediante el fortalecimiento de redes académicas. Infortunadamente, ninguna de estas iniciativas en la UN trascendió la administración que las generó; si bien en estas acciones se identificaban áreas estratégicas, no se contaba con el soporte de una base de información estructurada, sistemática y continua que diera sustento a las mismas. Detalles de estas apuestas se encuentran reseñados en distintos documentos tales como: UN (1998, 1999a), Rodríguez (1999), Brijalbo y Campos (2001), Duque, Brijaldo y Molina (2001), Universidad Nacional de Colombia (2007). Por lo anterior, tanto el país como la UN requieren un sistema integrado de áreas del conocimiento que permita, de manera sistemática, reflexionar sobre el estado actual de la dinámica de la investigación y la innovación, las capacidades consolidadas y aquellas por crear o consolidar que permitan pensar y proyectar el futuro a largo plazo de la CTI en sus relaciones con la sociedad y el desarrollo del país.

Conscientes del reto y de la urgencia por generar un sólido sistema institucional de proyección nacional con visión internacional, la Universidad Nacional de Colombia, a través de la VRI asume, en el año 2009, el desafío planteado y logra incluir en el Plan de Desarrollo Institucional 2010-2012 el Proyecto Agendas de Conocimiento, como una primera fase para crear un modelo institucional del sistema de investigación y su articulación con la extensión y con la formación. Esta iniciativa, si no pionera en la finalidad de la misma, sí en el desarrollo metodológico que implicó la planeación estructurada inicial, la construcción de insumos propios y el desarrollo del proyecto de agendas que se proyectó más allá de una administración. Esto es, se diseñó un proceso de construcción colectiva con visión compartida de futuro cuyo protagonista principal fuera la comunidad académica, de tal forma que permitiera convertir el proyecto en una tarea institucional que trasciende administraciones o directivas que son generalmente temporales o de periodos fijos muy cortos.

En tal sentido, lo colectivo contempla, entre otros aspectos, los siguientes: **i)** reconocer la esencia del mundo académico cuya fuente principal de riqueza es la diversidad, heterogeneidad, pluralismo en pensamiento, visiones, metas y formas de concebir la generación de conocimiento, su aplicación y su articulación con la formación y la extensión; **ii)** promover procesos de apropiación directa de la comunidad académica como pilar principal para generar un sistema con mayor

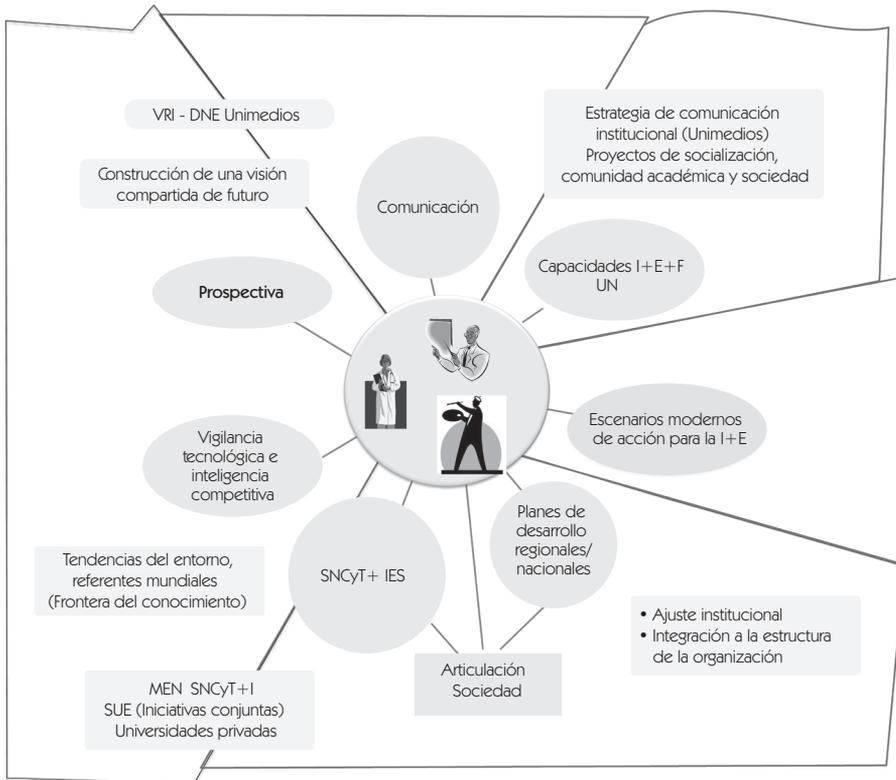
probabilidad de sostenibilidad y fortalecimiento permanente hacia el futuro; **iii)** provocar los debates académicos necesarios para crear aproximaciones compartidas del futuro; **iv)** propiciar reflexiones sobre la relación en doble sentido universidad-sociedad en toda su magnitud, pero con el mayor número de elementos e información posible que permita pensar desde y hacia la sociedad el potencial de interacción y beneficio mutuo, y **v)** asegurar etapas de construcción abiertas, donde se pudiera prever una amplia participación de toda la comunidad académica así como de la sociedad externa a la institución.

Todo lo anterior, es claro, permitió pronosticar desde un comienzo que el principio de lo colectivo representaría la mayor complejidad del proceso, pero también reflejaría la seguridad y confianza de contar con el mejor insumo de la Universidad, que es el talento humano y su capacidad de pensar, disentir y admitir nuevos argumentos y visiones. El proceso cuenta con registros de participación directa y permanente, durante los últimos dos años, de más de 130 profesores (expertos, facilitadores, escenaristas, articuladores sociedad, etc.) y de participación indirecta de cerca de 1000 profesores (a través de asistencia a encuentros, a jornadas de divulgación y discusión, consultas, cruce de correspondencia, etc.), además de cerca de 40 estudiantes tanto de pregrado como de posgrado que participaron como vigías soporte de los expertos y de los facilitadores. Otro ángulo de la complejidad puede dimensionarse contando las ocho sedes, las 21 facultades, los 30 institutos, los 17 centros, un observatorio, así como los 94 programas disciplinares, las 141 maestrías, los 51 doctorados y los hoy más de 900 grupos de investigación. Por tanto, la apuesta fue entender la complejidad y su naturaleza para construir un sistema desde la base misma de la academia que garantice su calidad, sostenibilidad y evolución en el tiempo, superando así el formalismo de un simple acuerdo normativo que podrá llegar a producirse, pero como consecuencia de un proceso cimentado, madurado y asumido por la comunidad académica.

Los insumos utilizados, particularmente el modelo de medida de capacidades institucional, el proceso de conceptualización, diseño, definición temática, herramientas y desarrollo metodológico del proyecto, han sido divulgados y documentados en diferentes fases del proceso<sup>2</sup>. Las figuras 1 y 2 ilustran el esquema general de insumos necesarios para la construcción de las Agendas y el sistema básico de las grandes áreas definidas, respectivamente. Se resalta la permanente articulación entre las Agendas como principio de un futuro sistema que responda a la complejidad de la Universidad y de manera más eficiente. Aunque es obvio, no sobra recalcar que el sistema, de manera integral, está soportado en la generación de conocimiento originado de la investigación fundamental en todas las áreas, como una apuesta desde lo misional de la Universidad, lo que garantiza la coexistencia de lo pertinente e impertinente (Wasserman, 2010).

<sup>2</sup> Ver: VRI (2009a, 2010, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b).

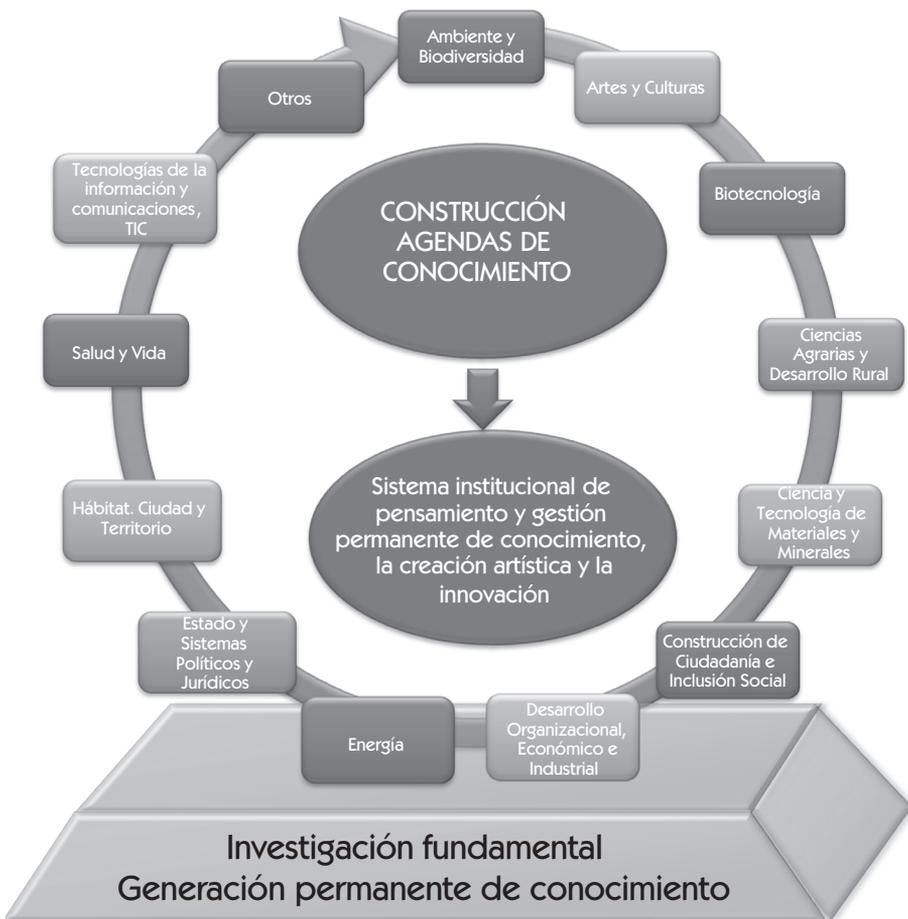
Figura 1. Componentes de las Agendas de Conocimiento PGD 2010-2012



Fuente: Adaptado de VRI (2011).

En dicho contexto, lo avanzado en el Proyecto de Agendas de Conocimiento dentro del actual PDG 2010-2012 permite dejar la base estructural para la siguiente fase de construcción de un Sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, creación artística e innovación, que se detalla en el libro *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación* (VRI et al., 2012). Este sistema proporcionaría a la Universidad un instrumento de vigilancia científico-tecnológica de innovación y de prospectiva como soporte para la reflexión de toda su actual y futura política académica, para la toma de decisiones y para apoyar en forma estructural los ejercicios de planeación estratégica en función del tiempo, con pensamiento de largo plazo, orientados no solamente al propio desarrollo de la institución, sino cuyas apuestas van incondicionalmente comprometidas en toda su dimensión con el futuro del país, desde una visión global e integral del conocimiento en el ámbito mundial.

Figura 2. Esquema general del sistema integrado de las Agendas de Conocimiento



Fuente: Adaptado de VRI (2011).

Así, se espera que el modelo de sistema propuesto no solo sea de utilidad para la UN sino que, como se hizo durante el proceso de construcción de las Agendas de Conocimiento, se continúe compartiendo con el país como parte de las propuestas que la institución deja a consideración de la sociedad y, particularmente, del SNCTI para su posible fortalecimiento. Cada una de las Agendas, que se presenta en documentos separados, podrá ser un importante insumo para generar una agenda nacional que involucre todos los actores del SNCTI y de la sociedad en general.

Finalmente es de resaltar, con gran orgullo institucional, la encomiable labor llevada a cabo en forma articulada entre los autores (profesores expertos de la Agenda Energía) y el equipo metodológico (facilitadores y vigías), quienes acompañaron

y generaron insumos para todo el proceso, así como con los equipos de trabajo articuladores con la sociedad, y con los escenaristas, quienes también generaron insumos generales y específicos. Igualmente es de destacar la activa participación de los profesores interesados en esta agenda, quienes con sus críticas constructivas, sus propuestas e inquietudes permitieron enriquecer el contenido de la misma.

Es de resaltar también el arduo y excelente trabajo llevado a cabo por el grupo de editores y el grupo logístico del proyecto. Todo el esfuerzo conjunto, permanente trabajo, persistencia y compromiso institucional hacen que sean ellos parte esencial del resultado que se entrega hoy. Seguramente serán también el motor que permita, en el futuro inmediato, la evolución y consolidación de cada una de las Agendas y del sistema de pensamiento en general.

**Rafael Alberto Molina Gallego**  
**Bogotá, 29 de marzo de 2012**

# INTRODUCCIÓN

Bajo los principios generales del Proyecto Agendas de Conocimiento, brevemente descrito en la presentación, se desarrolla en este documento el marco general de la Agenda Energía, donde se describe la ruta que la UN se propone para desarrollar la investigación y su articulación con la extensión y la formación en los ámbitos propios de dicha agenda, bajo una visión universal articulada a la pertinencia local y nacional conectada con todo el SNCTI y la sociedad en general.

La Agenda Energía, que se enmarca en el Programa *Prospectiva UN – Agendas de Conocimiento*, liderado por la Vicerrectoría de Investigación, VRI, de la Universidad Nacional de Colombia, constituye un insumo importante que permitirá construir bases sólidas para el direccionamiento futuro de la investigación y la extensión en la UN. El reconocimiento de estas capacidades internas se sustenta en el análisis de las fortalezas, el conocimiento, la experiencia, los talentos y recursos de la Universidad en relación con el tema de la energía, de tal forma que se constituyen en una fuerte base para el desarrollo científico y tecnológico.

Tres áreas fundamentales permiten integrar los temas que conforman la Agenda Energía: fuentes de energía; sostenibilidad y mercados energéticos, y demanda de energía. Estas áreas se definieron con base en la revisión de los elementos que concentran la atención de la comunidad académica de la UN en el estudio y desarrollo del conocimiento en energía, en un proceso liderado por los profesores expertos de la Universidad que participan en su construcción<sup>3</sup>. Además, las áreas permiten establecer diferentes necesidades y formas de trabajo para el desarrollo de alternativas que conciben la energía como uno de los recursos trascendentales en el desarrollo económico, social, científico y tecnológico de la actualidad.

El reconocimiento de la energía como recurso de gran impacto en el desarrollo de Colombia representa, además de una gran oportunidad, una responsabilidad

---

3 Profesores que participaron activamente en el proceso de construcción de la Agenda Energía, desde su estructura temática hasta la consolidación de elementos clave para su desarrollo: Camilo Younes Velosa, Eduardo Antonio Cano Plata, Farid Chejne Janna, Horacio Torres Sánchez, Isaac Dyner Rezonzew, José de Jesús Díaz Velásquez, Luis Octavio González Salcedo, Paulo César Narváez Rincón, Sergio Horacio Lopera; con la participación del profesor Johnny A. Tamayo como facilitador metodológico. En el anexo 1 se presenta la descripción de la metodología que permite concebir y desarrollar el Proyecto Agendas del Conocimiento.

enorme y un esfuerzo de los actores llamados a liderar transformaciones en el ámbito nacional. En este sentido la Universidad Nacional de Colombia es un referente importante en materia de investigación en energía, pues además de su trayectoria, ha hecho notables inversiones para el avance de la ciencia y la tecnología en este campo.

Los recursos acumulados en infraestructura y conocimiento con que cuenta la UN en energía constituyen las capacidades sobre el tema, las cuales se basan en recursos técnicos y humanos que aportan a través de la transferencia de tecnologías y la generación de conocimientos pertinentes, y se constituyen en impulsos para el desarrollo de la energía como motor de la economía y de las dinámicas productivas. Es por ello que una mirada estratégica y prospectiva en la investigación de los temas alrededor de la energía es un aporte fundamental para la orientación de los esfuerzos científicos de la Universidad Nacional de Colombia.

Existen condiciones sociales, ambientales y económicas que justifican la necesidad de una agenda sobre el tema de energía, ante las cuales la Universidad, a partir de sus capacidades, permite generar conocimientos pertinentes; por ejemplo, en relación con el desarrollo de fuentes energéticas limpias, el incremento en la cobertura del recurso energético y sus beneficios derivados para las regiones, o el aprovechamiento de los potenciales para el mercado competitivo de la energía, sólo por enunciar algunos casos.

La Agenda Energía se construyó gracias a los aportes del grupo de expertos convocados por su reconocimiento y trayectoria en temas que son referentes de suma importancia para el desarrollo científico y tecnológico del país, quienes evaluaron y participaron en la construcción, revisión y ajuste de una serie de insumos, como la generación de tendencias, la validación de capacidades institucionales y el establecimiento de las estrategias que permitirán el desarrollo y la implementación de acciones derivadas de la Agenda. La Agenda Energía es un resultado de interés para la comunidad académica, ya que esta puede por ejemplo articular sus actividades investigativas y de extensión a partir de la información de capacidades, y además conocer qué dinámicas se vienen desarrollando y cuáles han sido algunos de los focos de interés en campos que marcan tendencia en el mundo y en el país.

La primera parte de este documento presenta el diagnóstico general del área energía en el contexto internacional y nacional. Para ello se identifican las tendencias sobre el tema que permiten entender la dinámica actual y futura sobre las cuales se hace prioritario influir. Abarca además los esfuerzos nacionales e institucionales frente al desarrollo de la energía, las principales capacidades humanas y de productos de investigación y extensión en la UN.

La segunda parte recoge los planteamientos para una visión de futuro, a partir

de unos elementos estratégicos que se definen con base en el análisis de las capacidades de la UN en el marco del análisis de tendencias y la alineación regional, gracias a la participación de los expertos, quienes plantean los principales objetivos para el desarrollo de la Agenda y demás elementos estratégicos que se ponen a consideración de la comunidad académica.

En tercer lugar, el plan de acción y el análisis de los resultados de la encuesta prospectiva dirigida a investigadores de grupos de investigación pertenecientes a la Agenda Energía, se presenta como una propuesta para el impulso de proyectos que estimulen el desarrollo de la Agenda Energía a partir del planteamiento de relaciones colaborativas que vinculan el sector productivo, la academia y el Estado como partícipes de proyectos para el progreso del país.

Por último, en los anexos se consigna la información que sustenta los planteamientos de la Agenda, e igualmente la metodología del proyecto, en la que se explica de manera clara cada uno de los componentes del presente documento, así como los principales soportes de las macrotendencias, algunas fuentes de financiación de proyectos energéticos y el equipo de trabajo del Proyecto Agendas de Conocimiento.



# 1. DIAGNÓSTICO GENERAL E INSTITUCIONAL

Como elemento fundamental en la construcción de la Agenda Energía se formulan las macro tendencias<sup>4</sup>, las cuales permiten generar una postura estratégica ante diferentes dinámicas de un determinado tema. Las macro tendencias de la Agenda Energía se definieron a partir de la identificación de acontecimientos y fenómenos relevantes que surgen del análisis de múltiples temas, que fueron seleccionados tras considerar tres condiciones básicas:

1. El componente científico-tecnológico, que se evidencia en el interés y los recursos destinados a realizar investigaciones y desarrollos en el campo.
2. La relevancia social-económica, la cual considera las necesidades y problemáticas de tipo económico y social que son estímulo para el desarrollo del conocimiento.
3. La visibilidad política y productiva, puesto que la información que arrojan las fuentes de información de diferentes organismos multilaterales es de suma importancia para diagnosticar el estado del tema, y, por ende, vital en la toma de decisiones y en el establecimiento de estrategias que suponen las acciones concretas.

Al considerar los aspectos anteriores, la información consignada en esta agenda proviene de fuentes como la Organización de las Naciones Unidas, ONU, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Cepal, agencias y programas internacionales como la Energy Information Administration, EIA, o el World Energy Council, WEC, y empresas multinacionales que lideran el tema a nivel global como la British Petroleum, BP.

Por su parte, en el contexto nacional se consideran los temas que trata el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Minas y Energía, MME, organismos como la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, la Comisión

---

4 Las macro tendencias son enunciados sobre lo que será la nueva sociedad de la información, concentrándose en esta precisamente el potencial para generar un desarrollo que toma como punto de partida la comprensión de un fenómeno que se dará en el futuro y sobre el cual se podrá incidir. Las macro tendencias han sido profundamente estudiadas por el sociólogo estadounidense John Naisbitt, quien al respecto de la importancia de los procesos prospectivos sostiene que "el tiempo entre estas es incierto, pero grande y lleno de oportunidades; sólo es necesario saber vivir con la incertidumbre. Sólo es preciso tener una visión clara y una concepción, si cabe aún más clara del camino a efectuar" (Naisbitt, citado por Raventós, 2006, p. 20).

de Regulación de Energía y Gas, CREG, el Instituto de Planeación de Soluciones Energéticas, IPSE, y empresas reconocidas del sector como Ecopetrol, Cerrejón, ISA, Isagen, EPM, entre otras.

En este proceso de formulación de las macro tendencias, primero se aborda una propuesta de definición que permite desarrollar el tema y sus áreas de análisis: 1) fuentes de energía; 2) sostenibilidad y mercados energéticos, y 3) demanda de energía. En cada área se desarrollan los temas y subtemas que se pueden constituir en campos de estudio y aplicación, muchos de estos abordados por los investigadores de la UN, pero sin duda, siendo una estructura flexible en la que se pueden incluir más elementos.

A continuación se presenta la definición del área, la cual permite establecer un marco de referencia sobre el campo, los temas y el alcance de la Agenda Energía.

## 1.1 Definición del área

La energía, como recurso, ha sido determinante para los seres humanos en múltiples escenarios. Uno de estos se refiere a su uso como recurso primario que hace posible transformar y valorizar recursos, permitiendo posteriormente la optimización de los procesos de transformación y producción, de tal manera que se posibilita el trabajo de diferentes dispositivos y el aumento de la eficiencia de procesos y máquinas empleados por el hombre. Este uso del recurso, así como las mejoras en la eficiencia, constituyen un factor determinante para los ámbitos social y económico, ya que inciden de manera directa sobre el desarrollo y la dinámica de vida de todas las sociedades en el planeta<sup>5</sup>.

Para abordar la temática de la energía en el Proyecto Agendas de Conocimiento se han establecido tres grandes áreas básicas de análisis<sup>6</sup> que corresponden a diferentes momentos en el desarrollo energético general. En la figura 3 se muestran las áreas que, en el proceso de construcción de la Agenda, fueron acordadas por los expertos como punto de partida para la lectura de tendencias y, además, como insumo fundamental para el análisis y la articulación de la Agenda con la dinámica de la UN.

5 Esta definición es producto de los aportes de los expertos de la Agenda Energía.

6 La definición de las áreas de estudio son producto del trabajo conjunto entre el equipo de trabajo de la Agenda Energía y los aportes de los expertos de la Universidad Nacional de Colombia, reunidos en Bogotá, D. C., del 1º al 3 de febrero de 2011.

Figura 3. Sistema de áreas de la Agenda Energía



Fuente: Elaboración propia basada en aporte de los expertos de la Agenda.

Las diferentes áreas se integran como una propuesta inicial de temáticas emergentes que posibilitan la comprensión y el abordaje de los temas por parte de la comunidad universitaria. Cada área que compone la Agenda Energía se describe a continuación:

- *Sostenibilidad y mercados energéticos*: integra las perspectivas ambiental, política, tecnológica y económica con el objetivo de aportar a una mejor gestión del recurso energético.
- *Suministro de energía*: se refiere a las diferentes fuentes para la generación de energía, tanto convencional como no convencional, cuya dinámica es marcada por la mitigación del impacto ambiental y la generación de soluciones pertinentes.
- *Demanda de energía*: en relación con los diferentes sectores y grupos de interés sobre los cuales es fundamental el aporte de la energía como un recurso de gran incidencia en su desarrollo social, económico y ambiental.

Al tener como punto de partida la propuesta de las áreas que componen la Agenda Energía, se pueden analizar desde las perspectivas internacionales y nacionales los diferentes temas que se agrupan en cada una de ellas. La búsqueda de tendencias se hizo de manera sistemática sobre cada uno de los temas, o grupos de estos, de tal forma que se pudieran comprender y establecer las posibles condiciones

que afectarán el comportamiento presente o futuro de un tema. Las principales tendencias en el campo de la energía se abordan como una propuesta que se enmarca en la revisión de múltiples fuentes y en el apoyo de los expertos que dieron su aval en la pertinencia de las tendencias que se formulan a continuación.

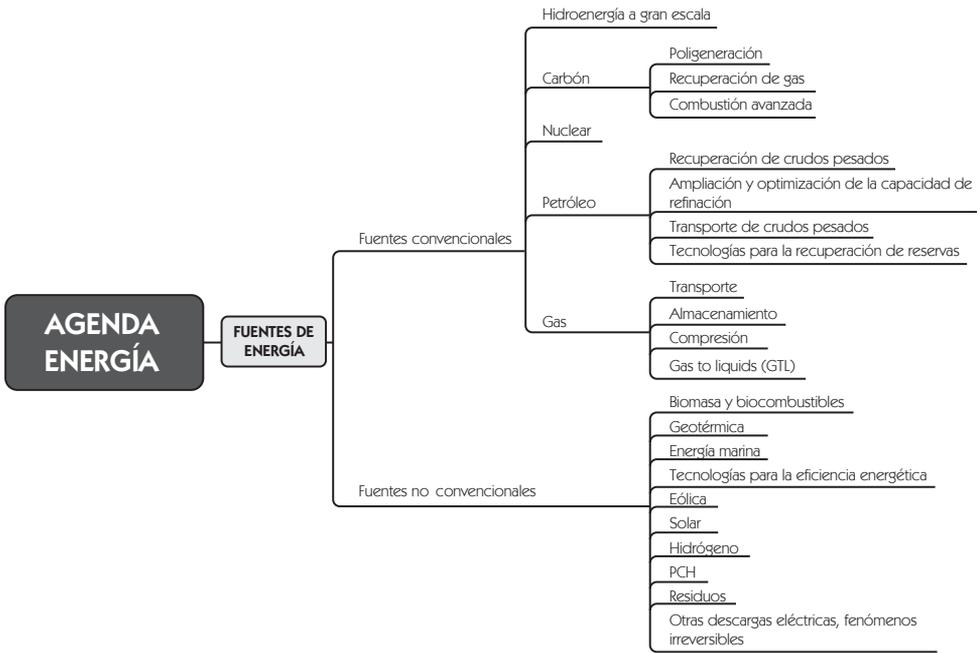
## **1.2 Tendencias identificadas**

Se hacen necesarias las reflexiones en torno a qué desarrollo necesita el mundo y de manera especial el país en materia energética y, más importante aún, cómo llevar las ideas a propuestas concretas con una marcada pertinencia social, ambiental y económica. Las tendencias en cada una de las áreas permiten orientar el interés sobre algunas cuestiones que resultan pertinentes y con las cuales se pueden ubicar las propuestas que tienen por objetivo el desarrollo del conocimiento. Las diferentes tendencias en un tema hacen posible generar una enunciación más general y sintética que denominamos macrotendencia, y que se desarrollan a continuación para cada una de las áreas de la Agenda.

### **1.2.1 Tendencias en fuentes de energía**

Las fuentes de energía como respuesta a las diferentes necesidades energéticas se muestran en la figura 4, la cual presenta dos grandes temas de agrupación de las diferentes fuentes: uno en relación con la energía proveniente de fuentes convencionales, sobre las que se hace necesario generar desarrollos para un uso eficiente con un menor impacto ambiental, y otro grupo que reúne las fuentes no convencionales, que permiten diversificar las opciones en materia de energía a fin de garantizar un desarrollo acorde con las capacidades en el conocimiento y los recursos que contribuyan a la accesibilidad y equidad de las regiones.

Figura 4. Estructura de fuentes de energía



Fuente: Elaboración propia a partir de la consulta de múltiples fuentes y la orientación de los expertos de la Agenda Energía.

Las principales tendencias en relación con las diferentes fuentes de energía se muestran en la tabla 1. Cabe señalar que en el anexo 2 se presentan de manera más detallada las dinámicas nacionales e internacionales para cada uno de los temas que recogen gran parte de lo que constituye el mundo de la energía.

Tabla 1. Macrotendencias fuentes de energía

Temas	Macrotendencias
El consumo mundial, las fuentes convencionales y no convencionales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las fuentes contaminantes dominan la dinámica de generación. Aunque hay un crecimiento en la participación de las fuentes no convencionales, su desarrollo es dependiente de los avances científicos y tecnológicos que permitan que su implementación sea cada vez más sencilla y menos costosa. Latinoamérica centra su potencial generador en los recursos hídricos.</li> <li>• Las fuentes convencionales estarán marcadas por los desarrollos en su extracción y transporte, que permitirán la oferta a bajos costos, así se reduzcan las reservas de los recursos.</li> <li>• Las fuentes no convencionales potenciarán el desarrollo de tecnologías flexibles como las celdas de combustión, la arquitectura bioclimática y demás soluciones emergentes ante las necesidades energéticas cotidianas.</li> </ul> <p>ICM Projects (2009), Lopera (2010), Energy Information Administration (2011), Chejne (2011), British Petroleum, BP (2011).</p>
Los combustibles fósiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada vez es más escaso este recurso y se concentra en países de la OPEP que cuentan con problemáticas internas que hacen que la oferta y el precio fluctúen; por ello se hace necesario que la seguridad en el suministro deba garantizarse internamente o desarrollarse fuentes alternativas de generación y consumo.</li> <li>• Los países miembros de la OPEP son determinantes en la fijación de los precios de los combustibles, ya que pocos países (cerca de 12) concentran cerca del 35% de la capacidad mundial y en 2035 se espera que estos tengan cerca del 44% de la capacidad de producción.</li> <li>• En Colombia se espera un aumento en la producción de petróleo (1 millón de barriles/día) asociado al incremento en las actividades de exploración y las mejoras en la eficiencia de extracción y procesamiento. Son necesarias aquellas tecnologías que permitan una explotación del recurso eficiente y la diversificación del uso con el propósito de reducir el riesgo en el suministro ante el futuro agotamiento de este recurso no renovable.</li> </ul> <p>Energy Information Administration (2011), Ministerio de Minas y Energía (2006), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009).</p>
El gas natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentrado en países de la OPEP, diseminación como principal recurso energético en los hogares para actividades cotidianas como la cocción de alimentos, la calefacción, etc., que requieren desarrollos en materia no sólo del recurso sino también de la tecnología aplicada a la eficiencia en estas actividades.</li> <li>• Las economías emergentes serán protagonistas en el incremento del consumo de gas natural. En este panorama Rusia cuenta con cerca del 23% de capacidad actual de producción y perfila un crecimiento hasta tener un 27% de capacidad.</li> <li>• El gas natural en Colombia es un importante recurso; representa en la actualidad cerca del 17% de la demanda energética del país; sus principales usos se dan en la industria, el transporte, los hogares, y en la generación de electricidad en plantas térmicas.</li> </ul> <p>Energy Information Administration (2011), British Petroleum, BP (2011), Ministerio de Minas y Energía (2006), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009).</p>

Continuación tabla 1. Macrotendencias fuentes de energía

Temas	Macrotendencias
El carbón	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El grupo de economías emergentes BRIC (Brasil, Rusia, India y China) son importantes actores comerciales cuyo recurso energético fundamental es el carbón.</li> <li>• China es el mayor productor mundial de carbón, y esto marcará las dinámicas de desarrollo e impacto ambiental globales. No obstante, los desarrollos de fuentes no convencionales a partir de este recurso permitirán sofisticar la oferta del recurso, agregar valor al mercado y generar un desarrollo sostenible.</li> <li>• En Colombia los proyectos para el recurso indican la diversificación, a través de la carboquímica, lo cual hace que se genere valor agregado y una respuesta a diferentes necesidades de la industria y el consumo en general, asociado a determinantes ambientales y de eficiencia.</li> <li>• Colombia, sin ser un gran actor mundial en cuanto a reservas de carbón en el mundo, sí ocupa una posición visible como exportador.</li> </ul> <p>Energy Information Administration (2011), British Petroleum, BP (2011), Chejne (2011).</p>
La hidroelectricidad a gran escala	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes y costosos proyectos se desarrollan con el fin de producir energía barata, pero es latente la preocupación acerca de implicaciones sobre los ecosistemas que sobrevienen y el impacto a las comunidades.</li> <li>• Se deben aprovechar y proteger los recursos para la generación de hidroelectricidad; en este escenario Latinoamérica tiene la oportunidad de ser un importante actor.</li> <li>• Es creciente la atención que se da al agua como súper recurso; su protección hará que se fije la atención y sensibilidad hacia este tipo de proyectos.</li> <li>• En Colombia la fuente principal para la generación de electricidad es hídrica y se proyecta en el futuro como el recurso dominante; esto lleva a una reducción de la participación de recursos de generación como el gas natural y, con él, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a este tipo de generación</li> <li>• Una opción llamativa para el país es la generación a partir de PCH (Pequeñas Centrales Hidroeléctricas) debido a la riqueza y variedad de los recursos hídricos. Las PCH tienen menores costos de montaje y se muestran de menor impacto ambiental.</li> </ul> <p>ICM Projects (2009), Banco Mundial (2000), XM (2009).</p>
Los biocombustibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La producción de biocombustibles es creciente y localizada en países desarrollados y emergentes. Los grandes actores son Estados Unidos y Brasil, con ventajas como las amplias extensiones de terreno, la tecnificación agrícola, el clima y los costos de mano de obra. El mayor consumidor es la Unión Europea, mercado que tiene altas exigencias para entrar y que exige desarrollos de agregación de valor y de responsabilidad social.</li> <li>• La seguridad alimentaria, la protección del suelo y el garantizar fuentes de trabajo digno deben ser propósitos fundamentales.</li> <li>• Su desarrollo estará marcado por la obtención a partir de recursos que no afecten la seguridad alimentaria, es decir, sobre materias primas como los desechos agroindustriales y cultivos eficientes de plantas que no sustituyan las áreas de siembra de alimentos.</li> </ul>

## Continuación tabla 1. Macrotendencias fuentes de energía

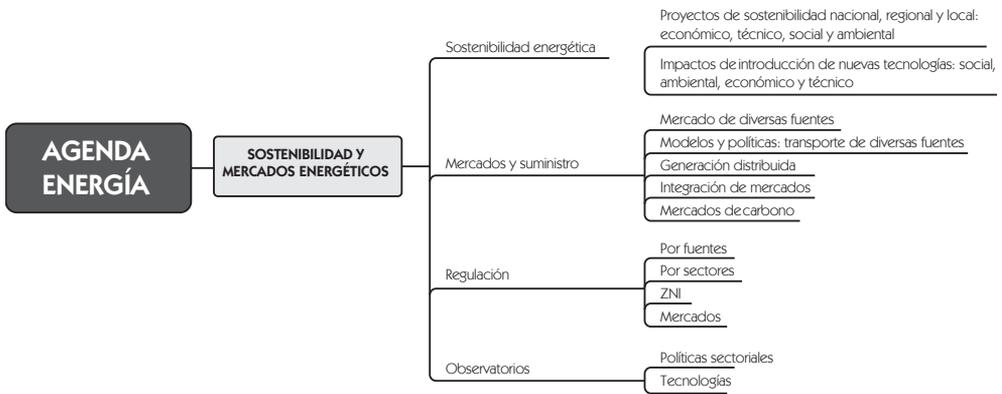
Temas	Macrotendencias
Los biocombustibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el país, a la par de la seguridad alimentaria, se trabaja en los frentes de la eficiencia y las emisiones en la combustión.</li> <li>En Colombia se propone, para 2015, un incremento en la participación de las Fuentes No Convencionales de Energía, FNCE, en la canasta energética total del 5%, de los cuales 4% estarían asociados al uso de la biomasa y biocombustibles para aplicaciones térmicas y transporte, y el 1% restante, a energía eléctrica.</li> </ul> <p>Departamento Nacional de Planeación, DNP (2008), Ministerio de Minas y Energía (2010), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21 (2010), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009), United Nations Environment Programme, UNEP - Sustainable Energy Finance Initiative, SEFI (2009).</p>
La energía eólica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ha sido la fuente no convencional de mayor inversión e interés en los últimos años (de 2008 a 2009 la inversión en esta fuente de energía tuvo un crecimiento del 56%).</li> <li>En Colombia ha sido poco utilizada debido a los costos en la implementación de la tecnología y a la robustez de la generación eléctrica por fuente hídrica y térmica. Existen mapas del recurso que dan cuenta del gran potencial de implementación de esta tecnología de generación.</li> </ul> <p>United Nations Environment Programme, UNEP - Sustainable Energy Finance Initiative, SEFI (2009), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21 (2010).</p>
La energía solar	<ul style="list-style-type: none"> <li>El costo de las celdas solares y su vida útil y reciclaje son temas que hacen que su aplicación, aunque creciente, sea moderada. Se desarrollan grandes aplicaciones en las que la concentración solar permite el funcionamiento de dispositivos o realiza funciones cotidianas de manera sostenible; principales aplicaciones en arquitectura bioclimática y en la agroindustria.</li> <li>En Colombia las aplicaciones de la energía solar son variadas, desde necesidades domésticas como iluminación y calefacción asociadas a arquitectura bioclimática, hasta desarrollos de suministro eléctrico en máquinas del agro, dispositivos móviles, entre otros.</li> </ul> <p>Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21 (2010).</p>
La energía geotérmica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ha sido denominada como una de las fuentes más económicas, pero la inversión mundial en esta fuente ha venido cayendo.</li> <li>En Colombia se han hecho esfuerzos aislados y no se han concretado proyectos debido a algunos riesgos de su implementación y los costos asociados a su explotación.</li> <li>En el país se cuenta con el proyecto Binacional con Ecuador, el cual no se ha concretado aún. Los estudios de la UPME afirman que hay un potencial no calculado de este recurso energético.</li> </ul> <p>Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009), Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21 (2010).</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la consulta de múltiples fuentes y la orientación de los expertos de la Agenda Energía.

### 1.2.2. Tendencias en sostenibilidad y mercados energéticos

La figura 5 muestra la estructura de temas y subtemas que facilitan el entendimiento de qué aspectos componen el área de sostenibilidad y mercados energéticos. Esta área considera temas como la sostenibilidad energética, los mercados y suministros, la regulación y los observatorios de energía.

Figura 5. Estructura de sostenibilidad y mercados energéticos



Fuente: Elaboración propia a partir de la consulta de múltiples fuentes y la orientación de los expertos de la Agenda Energía.

La tabla 2 presenta las macro-tendencias identificadas para el área de sostenibilidad y mercados energéticos, las cuales agrupan una serie de dinámicas que inciden en los diferentes temas y subtemas del área.

Tabla 2. Macrotendencias sostenibilidad y mercados energéticos

Temas	Macrotendencias
El recurso energético mundial y su impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La generación y el consumo de energía se encuentran asociados al desarrollo económico, pero es y seguirá por un tiempo dependiente de fuentes contaminantes.</li> <li>• Reducción del impacto sobre el ambiente proveniente de los recursos energéticos. Tendencia Verde en el diseño y aplicación de proyectos en energía.</li> <li>• En el futuro las economías no desarrolladas y emergentes tendrán una mayor incidencia en las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a múltiples factores, entre ellos la gran capacidad de China e India para explotar carbón y la creciente atención sobre la responsabilidad ambiental de los países desarrollados.</li> <li>• Promover un consumo energético consciente, sobre criterios de eficiencia y educación ambiental.</li> <li>• Las economías emergentes marcarán la producción de energéticos como parte fundamental de su crecimiento, pero a su vez serán los mayores contaminantes por la explotación de recursos energéticos.</li> </ul> <p>Energy Information Administration (2011), Lopera (2010), United Nations Environment Programme, UNEP (2008), Club of Rome (2009).</p>
El recurso energético en Colombia y su impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El crecimiento de la economía nacional integra el sector energético no sólo como producto que impacta el PIB sino como dinamizador de otros sectores y el desarrollo integral del país.</li> <li>• Es necesario considerar el impacto ambiental de los combustibles convencionales y hacer énfasis en la importancia de las fuentes alternativas y sostenibles, al igual que en los programas de eficiencia energética.</li> <li>• La demanda de fuentes energéticas en Colombia se concentra en aspectos donde los recursos contaminantes tienen y tendrán, al menos en el corto plazo, una mayor participación.</li> <li>• El impacto en la generación y consumo de energía no sólo se da en las emisiones de CO<sub>2</sub>: también en las crisis ambientales asociadas a recursos como el agua, e incluso a conflictos sociales y riesgos naturales derivados.</li> </ul> <p>Energy Information Administration (2011), United Nations Environment Programme, UNEP (2009), Ministerio de Minas y Energía (2006 y 2010), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009).</p>
La estrategia para el mercado de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La economía debe integrar factores de responsabilidad y sustentabilidad que permita el desarrollo del sector bajo esquemas de pertinencia y equidad.</li> <li>• El mercado internacional de energía, además del precio, responde a la sofisticación de la oferta y el valor agregado, siendo clave la generación de tecnologías que permitan ofrecer bienes y servicios acordes a nuevos esquemas de consumo y de eficiencia. Son ejemplos la gasificación y la licuefacción a partir de recursos convencionales o el desarrollo de biocombustibles a partir de desechos agroindustriales.</li> <li>• En el Sistema de Interconexión Nacional, SIN, se concentra la capacidad y el medio para ampliar el mercado energético nacional. La Generación Distribuida, GD, es una alternativa de abastecimiento y regulación energética de carácter autónomo que integra diferentes fuentes de generación, siendo conveniente para el desarrollo energético descentralizado e integral que demandan las Zonas de No Interconexión, ZNI.</li> <li>• Aunque Colombia tiene la capacidad y los excedentes para comerciar energía, se debe trabajar la cobertura y calidad de la energía en las ZNI.</li> </ul>

Continuación tabla 2. Macrotendencias sostenibilidad y mercados energéticos

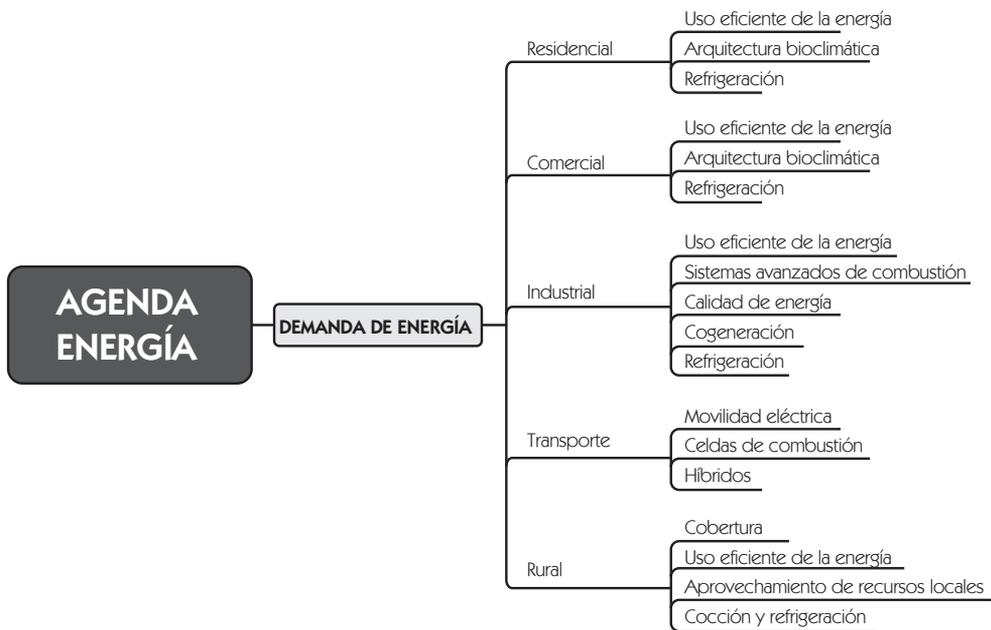
Temas	Macrotendencias
La estrategia para el mercado de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>La oferta de soluciones energéticas deben ajustarse tanto a las necesidades como a las potencialidades del entorno al que pertenecen; es así como las energías alternativas y demás sistemas requieren desarrollos autóctonos.</li> </ul> <p>Ministerio de Minas y Energía (2006, 2009), XM (2009), Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD (2009), WADE (2007), Duque, Marmolejo, Rueda de Torres, Molina <i>et al.</i> (2004), Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG - Rodríguez, (2009), Universidad Nacional, Universidad de los Andes, Colciencias, Isagen (2008), Gähler (2009), Institution of Engineering and Technology, IET (2008), Lopera (2010).</p>
Las políticas en el campo de la energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el contexto internacional, las políticas energéticas giran en torno a tres principios: 1) la accesibilidad a las tecnologías y recursos, es decir, precios justos; 2) la disponibilidad que hace referencia tanto al suministro como a la calidad de los recursos energéticos; 3) la legitimidad social en términos del cumplimiento de metas ambientales y sociales.</li> <li>La promoción de diferentes tecnologías amparadas en un marco regulatorio claro que promueva la competencia en los desarrollos y estrategias de las diferentes empresas en el país busca generar beneficios al consumidor final y en los niveles de eficiencia y sostenibilidad en el sistema.</li> <li>En Colombia las políticas energéticas buscan maximizar la contribución al desarrollo sostenible del país, por lo que se impactan esferas como la productiva y de gestión, el trabajo, el ambiente, la seguridad, la ciencia y tecnología y la sociedad en general, no como restricciones sino como fuerzas de impulso para consolidar la competitividad del sector (empresas que lo conforman) y contribuir al desempeño de otros.</li> </ul> <p>Cepal - Horta (2010), Ministerio de Minas y Energía (2006 y 2010), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, y Consorcio Bariloche, BRP (2007), Emgesa-Endesa (2010), Ministerio de Minas y Energía. UPME. Colciencias (2008), Departamento Nacional de Planeación, DNP (2008 y 2009), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009), Corredor (2008).</p>
La ciencia y la tecnología de la energía en Colombia	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los proyectos en biocombustibles y combustibles fósiles han sido respaldados de manera amplia por Colciencias, seguido de los proyectos en eficiencia energética.</li> <li>Es visible y creciente el interés del sector privado en los desarrollos científico-tecnológicos en energía; no obstante, hay cierto convencionalismo en los proyectos patrocinados.</li> <li>Para estar al tanto en materia de regulaciones, avances tecnológicos, necesidades y demás elementos indispensables para pensar el desarrollo del sector energético, es imperante contar con observatorios que hagan seguimiento a la dinámica del sector.</li> </ul> <p>Colciencias (2011), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, y Consorcio Bariloche, BRP (2007).</p>
Ética y energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el contexto internacional, la ética relativa al tema de la energía recibe una gran atención y se relaciona con los principios que promulgan las políticas, como la sostenibilidad y la responsabilidad social sobre los desarrollos.</li> <li>Las consideraciones éticas de la energía en Colombia están sujetas en su mayoría a códigos que construyen las empresas y se enfocan en el establecimiento de directrices en la gestión de las empresas en particular; en este sentido se requieren desarrollos más concretos que apalanquen principios como la sustentabilidad y la equidad.</li> </ul> <p>Energy Ethics (2010), Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas, IPSE, Ministerio de Minas y Energía (2007).</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la consulta de múltiples fuentes indicadas en la tabla y la orientación de los expertos de la Agenda Energía.

### 1.2.3 Tendencias en demanda de energía

La estructura de temas y subtemas en el área de demanda de energía se presenta en la figura 6, la cual se concentra en diferentes sectores de consumo de energía como lo son el residencial, comercial, industrial, transporte y rural, que consideran aspectos particulares para el buen desempeño y desarrollo de cada sector, y sobre los cuales la UN desarrolla diferentes investigaciones acordes a su función inherente de contribución al progreso del país.

Figura 6. Estructura de demanda de energía



Fuente: Elaboración propia a partir de la consulta de múltiples fuentes y la orientación de los expertos de la Agenda Energía.

Las principales tendencias en relación con la demanda de energía se presentan a continuación en la tabla 3, la cual hace énfasis en temas de múltiple interés en los diferentes sectores y que direccionan sus dinámicas de desarrollo, entre ellos el comportamiento de los sectores de consumo, la administración del recurso energético y la eficiencia energética.

Tabla 3. Macrotendencias demanda de energía

Temas	Macrotendencias
Los sectores de consumo energético	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El crecimiento en el consumo de energía se concentra en las fuentes contaminantes, y para cada sector hay una fuente dominante, lo cual permite establecer necesidades particulares de desarrollo que responden a las especificidades de tales sectores. El mayor consumo energético en Colombia se concentra y estará marcado por los sectores industrial y transporte, con cerca del 74%.</li> <li>• La diversificación en la oferta y la demanda de energía no sólo tiene fines en el desarrollo económico; también es necesario construir soluciones que permitan el consumo responsable y eficiente. Las perspectivas de crecimiento en la demanda de cada fuente de energía responden a capacidades regionales en la oferta y a distritos de consumo en la demanda.</li> </ul> <p>Ministerio de Minas y Energía (2006 y 2009), Chejne (2011).</p>
La administración del recurso energético	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La administración de los recursos energéticos se concentra en tres grandes propósitos: 1) seguridad en el suministro y el impacto de las fuentes energéticas; 2) la eficiencia energética, y 3) la calidad de la energía, tanto en la potencia como en el servicio.</li> <li>• El consumidor cada vez es más educado y consciente de la necesidad de eficiencia y calidad en el suministro de energía. Las mayores inconformidades con los servicios públicos se presentan en la electricidad, y estas son más alarmantes en las zonas rurales. Los precios de la electricidad son reflejo de las barreras técnicas y administrativas de las empresas que proveen el servicio.</li> <li>• La administración del recurso energético debe propender por el mejoramiento de la cobertura y el servicio a los diferentes sectores, siendo la población rural la de mayores necesidades de desarrollo.</li> <li>• La consolidación de alternativas ajustadas a las necesidades de la demanda pueden derivar en el surgimiento de modelos de negocio y PYME que suplen las diferentes necesidades energéticas o conexas; tales organizaciones se deben fortalecer.</li> </ul> <p>Cepal - Horta (2010), Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD (2009), Frost y Sullivan (2010), APyC - Téllez (2010), Lopera (2010).</p>
La eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La mayor responsabilidad en el uso eficiente de la energía se encuentra en la dinámica de consumo humano, que exige transformaciones de tipo social para asumir el desarrollo como un fenómeno basado en la eficiencia y no en la explotación intensiva de los recursos.</li> <li>• Una de las alternativas para la reducción de costos y la mejora de la calidad en la energía es a través de la eficiencia energética, esto a través del desarrollo de múltiples mejoras en la cadena de valor de la energía. Se incentiva el desarrollo en aplicaciones como el funcionamiento de motores, la iluminación, refrigeración y, en general, en el desempeño de múltiples dispositivos.</li> </ul> <p>Schröder (2008), Schoff (2010), Cepal - Horta (2010), Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, y Consorcio Bariloche, BRP (2007), Santamarta (2007), Lopera (2010).</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de la consulta de múltiples fuentes y la orientación de los expertos de la Agenda Energía.

Como tendencia transversal se puede establecer la necesidad de considerar la energía como sistema, básicamente por la articulación a la dinámica de vida de las sociedades. La incidencia de la energía como recurso en el desarrollo es innegable,

así como su impacto en la crisis ecosistémica; de allí la importancia de considerar la energía como un sistema abierto que no sólo tiene impacto en la economía sino también en el desarrollo integral de las sociedades (Lopera, 2010; Chejne, 2011).

Las macrotendencias en el tema de la energía son parte fundamental para el establecimiento de una agenda de conocimiento, pero es igualmente importante considerar el ámbito gubernamental que soporta no sólo parte del desarrollo actual en materia energética, sino que presenta un panorama de los requerimientos y apuestas en los que se integran los sectores productivos y de ciencia y tecnología.

### 1.3 Apuestas gubernamentales en la última década

Las apuestas gubernamentales en el eje temático de la energía nacional se constituyen a partir de las directrices que orienta el Ministerio de Minas y Energía, MME, el cual se encarga de implementar las políticas de producción, transporte y distribución de combustibles y energía eléctrica. Además del Ministerio, se suman distintas entidades como la Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, encargada de formular planes y estrategias que garanticen la autosuficiencia energética, y la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG, cuya misión es la formulación de estrategias para la autosuficiencia energética, el control tarifario y la regulación del mercado. Por su parte, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH, tiene como competencia fundamental la coordinación y asignación de las zonas de exploración y explotación de petróleo y gas.

Otras entidades alrededor del tema son el Instituto de Planeación de Soluciones Energéticas, IPSE, cuya labor es desarrollar proyectos para el abastecimiento energético en zonas rurales y no interconectadas; el Instituto Colombiano de Geología y Minería, Ingeominas, encargado de administrar y vigilar la explotación carbonífera; la Financiera Energética Nacional, FEN, cuya tarea es coordinar la financiación de proyectos entre el gobierno central y los entes territoriales, así como entre las empresas de propiedad pública o mixta relacionadas con la producción y distribución de estos recursos, en donde se destacan Ecopetrol, Cerrejón, ISA, Isagen, EPM y algunas electrificadoras regionales.

Entre las apuestas gubernamentales que con el aporte conjunto de múltiples actores han influido sobre el desarrollo del sector energético nacional se encuentran las siguientes, sintetizadas en la tabla 4.

Tabla 4. Apuestas gubernamentales en materia energética

Apuesta	Descripción general
Documento Visión 2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su visión es la de configurar en el país un clúster energético regional que permita abastecer los mercados interno y externo con base en el desarrollo de ventajas competitivas (DNP, 2005); para ello las políticas deberán orientarse bajo cuatro principios: integración regional, convergencia (formación de precios bajo esquemas de mercado), regulación y desarrollo de infraestructura. Para lograr esto se establecen distintas metas relacionadas con los siguientes temas: a) desarrollo de energías alternativas en zonas no interconectadas; b) cobertura del servicio de energía eléctrica; c) consolidación de mercados eléctricos en la región andina y Centroamérica; d) autosuficiencia petrolera; e) reservas de gas natural; f) exportaciones de carbón, y g) estudios sobre las características y potencialidades del subsuelo colombiano.</li> </ul>
Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La agenda energética se considera parte del tercer objetivo del plan, el cual consiste en alcanzar un crecimiento económico alto y sostenido como condición para un desarrollo equitativo.</li> <li>• Transformación productiva del país; para ello abarca tres dimensiones: regional, sectorial y temas transversales, entre los que se encuentra: 1) desarrollo empresarial, innovación y desarrollo tecnológico, 2) ahorro, inversión y financiamiento, c) capital físico (infraestructura), d) capital humano y e) institucionalidad.</li> </ul>
Plan Energético Nacional 2006- 2025	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizado por la UPME, comprende unas estrategias y acciones que deben ser incluidas en las políticas energéticas del país en el largo plazo.</li> <li>• Tiene como propósito central lograr que el sector energético contribuya al desarrollo sostenible del país, por ende, considera como sus objetivos: a) asegurar la disponibilidad y abastecimiento de recursos energéticos para atender la demanda interna, b) consolidar la integración energética a nivel regional, c) avanzar hacia esquemas de competencia en los mercados energéticos, d) formación de precios bajo esquemas de mercado, y e) maximizar la cobertura con desarrollo local.</li> </ul>
Agenda interna para la pro- ductividad y la competitividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se propone una serie de políticas de carácter sectorial, una de ellas enfocada al desarrollo de infraestructura, en donde se incluye el sector energético como un elemento clave. Su visión consiste en alcanzar la suficiencia energética del país y convertirlo en un importante clúster energético para la región durante los próximos años. Para ello considera cuatro estrategias: 1. Consumo eficiente de la canasta de energéticos; 2. Garantizar una oferta de generación eléctrica a largo plazo; 3. Mantener la autosuficiencia petrolera, y 4. Garantizar el abastecimiento de combustibles.</li> </ul>
Conpes 3588 de 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia estratégica de la interconexión eléctrica de la costa pacífica caucana y nariñense. Desarrolla temas como: 1. Nuevo esquema institucional; 2. Descripción general de la interconexión.</li> </ul>
Conpes 3587 de 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia estratégica de las concesiones de áreas de servicio exclusivo para el servicio de energía eléctrica en las zonas no interconectadas de Vaupés, Amazonas, San Andrés y Providencia.</li> </ul>
Conpes 3565 de 2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importancia estratégica del Proyecto de generación termoeléctrico a carbón Gecelca 3. Desarrolla temas como: 1. Localización; 2. Combustible; 3. Costos del proyecto; 4. Ejecución; 5. Cronograma; 6. Impactos sobre el sistema interconectado nacional.</li> </ul>

## Continuación tabla 4. Apuestas gubernamentales en materia energética

Apuesta	Descripción general
Conpes 3517 de 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lineamientos de política para la asignación de los derechos de exploración y explotación de gas metano en depósitos de carbón. Desarrolla aspectos como: 1. Normas técnicas para la exploración y producción; 2. Reglamento para la contratación de áreas y diseño de un modelo para la explotación y producción; 3. Coordinación en el manejo y suministro de información técnica; 4. Mecanismos de prevención y solución de conflictos ante la coexistencia de licencias.</li> </ul>
Conpes 3510 de 2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. Desarrolla temas como: 1. Comisión intersectorial para el manejo de biocombustibles; 2. Programa para reducir los costos de producción; 3. Plan de desarrollo de infraestructura de transporte; 4. Incentivo a la producción eficiente; 5. Plan nacional de investigación y desarrollo; 6. Armonización con la política nacional de seguridad alimentaria y nutricional; 7. Nuevo esquema de regulación de precios; 8. Política de mezclas; 9. Acciones específicas para abrir nuevos mercados y diferenciar el producto colombiano en mercados internacionales; 10. Acciones para garantizar un desempeño ambientalmente sostenible.</li> </ul>
Conpes 3356 de 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>Garantía de la nación a Empresas Públicas de Medellín, E.S.P., para la contratación de una operación de crédito, para la financiación del proyecto hidroeléctrico Porce III. Considera: 1. Características generales; 2. Estructura del proyecto; 3. Gestión ambiental y social del proyecto; 4. Inserción del proyecto en los planes nacionales; 5. Costos y financiamiento.</li> </ul>
Conpes 3347 de 2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>Importancia estratégica del proyecto construcción de la pequeña central hidroeléctrica (PCH) de Guapi e interconexión costa pacífica. Considera temas como: 1. Componentes; 2. Costos del proyecto; 3. Esquema institucional; 4. Sostenibilidad.</li> </ul>
Conpes 3312 de 2004	<ul style="list-style-type: none"> <li>Proyecto del plan maestro de la refinería de Cartagena. Aborda temas como: 1. Comité interinstitucional; 2. Operación de la refinería; 3. Normatividad para la fijación de precios de combustibles; 4. Pasivo pensional.</li> </ul>
Conpes 3244 de 2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estrategias para la dinamización y consolidación del sector de gas natural en Colombia. Desarrolla temas como: 1. Reglamentación; 2. Homogeneizar períodos de indexación de combustibles; 3. Reglamentar las exportaciones de gas natural; 4. Viabilizar el transporte de gas natural hacia el interior del país.</li> </ul>
Conpes 3241 de 2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lineamientos de política para las empresas oficiales distribuidoras de energía eléctrica. Plantea acciones en relación con: 1. Transición tarifaria; 2. Ingresos por incrementos del cargo; 3. Cumplimiento principios tarifarios.</li> </ul>
Resolución 18 - 0919 de 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por la cual se adopta el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás Formas de Energía No Convencionales, PROURE, se definen sus objetivos, subprogramas y se adoptan otras disposiciones al respecto.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Universidad Nacional de Colombia, VRI (2011).

Además de las tendencias y las políticas nacionales en energía, por parte de la Universidad Nacional de Colombia se han concentrado esfuerzos que apuntan hacia organizar los procesos de investigación y extensión, de tal forma que se pueda dar una respuesta más eficiente en términos de políticas y proyectos responsables de soportar los temas que son de interés y necesidad nacional. A continuación se presentan dichos esfuerzos que precedieron a la iniciativa del Proyecto Agendas de Conocimiento.

## 1.4 Esfuerzos institucionales en la definición de agendas de investigación

Es preciso reconocer los esfuerzos anteriores que la Universidad Nacional de Colombia ha desarrollado para establecer la investigación como estrategia fundamental de soporte para sus capacidades, cuyos impactos tienden a afectar la sociedad y la ciencia y tecnología del país. Entre los esfuerzos se puede resaltar la experiencia de los Programas Universitarios de Investigación, PUI, los Campos de Acción Institucional, CAI, y los Programas Estratégicos, PRE, correspondientes a planes de desarrollo anteriores (Duque, Brijaldo y Molina, 2001).

Los PUI se definen como “grupos interdisciplinarios de investigación que funcionan al interior de la Universidad y agrupan profesores de diferentes disciplinas para el trabajo interdisciplinario alrededor de temas de interés común” (IDEA, 1991, en Plan Global de Desarrollo UN, 1999-2003). Su creación en 1991 se constituye en un esfuerzo por “construir pautas de largo alcance y definir políticas marco para la investigación, a la vez que se deseaba asegurar una diversidad estratégica de vasos comunicantes en el quehacer investigativo; sin embargo, no encuentra un espacio adecuado dentro de la rígida estructura administrativa de la Universidad” (IDEA, 1991, en Plan Global de Desarrollo UN, 1999-2003).

El Plan Global de Desarrollo de la Universidad para el período 1999-2003 propone una estrategia de presencia nacional con el fin de configurar programas específicos que apoyan los Campos de Acción Institucional y los Programas Académicos Estratégicos, que en su momento fueron considerados como prioritarios para la Universidad Nacional de Colombia.

Por su parte, los CAI “son ejes temáticos en los cuales diferentes disciplinas confluyen con el propósito de abordar problemas nacionales de alto grado de complejidad. Estos ejes tienen como propósito fomentar lo inter y transdisciplinario y estimular la creación de redes académicas institucionales” (Plan Global de Desarrollo UN, 1999-2003, p. 60).

En el caso de los PRE, se formularon desde cada CAI fundamental con el objetivo de buscar el beneficio social y la contribución al desarrollo del país, lo que expresa

una política académica integral (formación, investigación y extensión), además de promover la cooperación entre sedes y facultades (Plan Global, 1999-2003). Los PRE eran considerados como los frentes de acción desde donde se esperaba trabajar de manera organizada y concreta alrededor de los problemas nacionales.

El Plan Global de Desarrollo, período 2007-2009, persistió en el ejercicio de un liderazgo estratégico para consolidar la labor investigativa, a través de alianzas estratégicas con los principales grupos de investigación de otras universidades o institutos nacionales y el establecimiento de vínculos de cooperación con pares internacionales. Se plantea la conformación de redes de investigación para potenciar los esfuerzos individuales de los investigadores y convertirlos en acciones claras de trabajo colaborativo con base en la concepción de una Universidad multisedes (Plan Global de Desarrollo UN, 2007-2009).

Asimismo, al tomar como referente el plan estratégico de investigación, la Universidad, en el Plan Global de Desarrollo 2010-2012, se propone impulsar el desarrollo de una Universidad moderna de investigación, por lo que plantea el proyecto: Prospectiva UN-Agendas de Conocimiento, que tiene como objetivo fortalecer los procesos de generación y apropiación de conocimiento realizado por los investigadores mediante sus diversas formas de asociación –grupos, centros, consorcios, redes, etc.– y la construcción colectiva de una visión compartida de futuro en la que identifiquen los escenarios e integren su capacidad y experiencia a través de programas y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico, innovación, artísticos y culturales de carácter interdisciplinar con alto impacto para el país, e incidan en la construcción de conocimiento con proyección internacional y con pertinencia nacional (Bonilla y Lizarazo, 2010).

La tabla 5 presenta la síntesis temática de los programas liderados por la UN para el establecimiento de estrategias tendientes a potenciar la investigación y extensión sobre aspectos de pertinencia para el país.

Tabla 5. Comparación de los principales temas en los CAI, PRE, PUI y Agendas de Conocimiento

Programas Universitarios de Investigación, PUI (1996)	Campos de Acción Institucional, CAI (1999-2003)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asuntos religiosos</li> <li>• Ciencia, tecnología y cultura</li> <li>• Ciencias Agropecuarias</li> <li>• Comunicaciones</li> <li>• Educación</li> <li>• Energía</li> <li>• Estética</li> <li>• Estudios Amazónicos</li> <li>• Estudios Caribeños</li> <li>• Ética</li> <li>• Imagen</li> <li>• Medio ambiente</li> <li>• Salud</li> <li>• Violencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo rural y seguridad alimentaria</li> <li>• Ambiental</li> <li>• Cultura y comunicación</li> <li>• Espacio y territorio</li> <li>• Calidad de vida</li> <li>• Desarrollo tecnológico</li> <li>• Desarrollo científico</li> </ul>
Programas Estratégicos, PRE (1999-2003)	Agendas de Conocimiento (2010)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo rural, contribución y creación de un sistema alimentario</li> <li>• Análisis de sistemas de producción agropecuaria</li> <li>• Pobreza, empleo y acceso a los alimentos</li> <li>• Gestión del medio ambiente</li> <li>• Producción limpia y ambientalmente sostenible</li> <li>• Ciencia, tecnología y desarrollo</li> <li>• Hábitat e infraestructura física</li> <li>• Ordenamiento y ocupación del territorio</li> <li>• Tecnologías para la salud</li> <li>• Análisis socioeconómico de la salud</li> <li>• Competitividad empresarial y gestión tecnológica</li> <li>• Nuevos materiales y procesos</li> <li>• Desarrollo y aplicaciones informáticas</li> <li>• Control automatización y telecomunicaciones</li> <li>• Sistemas complejos en lo social y económico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente y biodiversidad</li> <li>• Artes y culturas</li> <li>• Salud y vida</li> <li>• Construcción de ciudadanía e inclusión social</li> <li>• Energía</li> <li>• Estado, sistemas políticos y jurídicos</li> <li>• Ciencia y tecnología de materiales y minerales</li> <li>• Hábitat, ciudad y territorio</li> <li>• Ciencias agropecuarias y desarrollo rural</li> <li>• Biotecnología</li> <li>• Desarrollo organizacional, económico e industrial</li> <li>• TIC</li> <li>• Fundamental</li> </ul>

Fuente: Basado en Plan Global de Desarrollo UN, 2010-2012.

Como se puede observar en la tabla 5, en uno de los ejes temáticos de los Programas Universitarios de Investigación, PUI, se desarrollan temas relacionados con el campo de la energía, siendo este el primer esfuerzo institucional para el fomento de la investigación en la Universidad Nacional de Colombia. También se puede observar que los temas de energía no se muestran en el desarrollo de Campos de Acción Institucional, CAI, ni en los Programas Estratégicos, PRE, aunque el desarrollo de las áreas que sí tuvieron enunciación directa permiten generar avances en el tema gracias a la dinámica de relacionamiento del conocimiento que se gesta dentro de la Universidad. “La conformación de centros de investigación de excelencia a partir del fortalecimiento y consolidación de grupos de investigación posibilita la vinculación con otros grupos en redes internas y externas de investigación. Al generar estrategias de este tipo, en el 2017 la Universidad debería contar con los grupos más consolidados a nivel nacional que lideran la investigación a nivel latinoamericano” (Plan Global de Desarrollo UN, 2010-2012, pp. 6-7).

Al tener en cuenta las fortalezas de la Universidad, las necesidades regionales y del país y las tendencias internacionales, se puede considerar el campo de la energía como aquel que desarrollará uno de los 26 centros de investigación de excelencia. El establecimiento y la consolidación de canales de conexión con la industria y el Estado es un tema necesario en el desarrollo de la investigación, si se toma en cuenta que a través de estos canales se pueden, por un lado, captar recursos importantes y, por otro, incrementar el desarrollo tecnológico y la innovación en el país. Se propone que para el año 2017 la Universidad Nacional de Colombia cuente con al menos diez campos específicos de conexión con la industria y el Estado; entre estos se encuentra la energía.

Ahora bien, las oportunidades y los retos que generan el entorno y las políticas y apuestas gubernamentales e institucionales deben tener un soporte en capacidades que les permita asumir de buena forma tales oportunidades en beneficio del país. A continuación se desarrolla el tema de capacidades en energía.

## 1.5 Capacidades de investigación del entorno nacional e institucional en energía

Las capacidades en torno a la investigación permiten el establecimiento de estrategias en las que se dinamizan la respuesta y el desarrollo de dimensiones que impactan la forma como se responde a los retos y a las necesidades del país. Entre las dimensiones básicas que determinan la capacidad de investigación, la UN ha definido:

1. El talento humano, es decir, las personas que desarrollan los procesos de investigación, quienes son poseedores de los conocimientos, habilidades, valores y actitudes que resultan indispensables para el desarrollo del conocimiento, la ciencia y la tecnología.

2. El aspecto estructural, definido como la estructura organizativa formal e informal y las relaciones internas que estas tengan, evidenciado además en sus productos derivados de las labores de investigación.
3. El capital relacional, donde se indican los nexos generados a partir de la investigación en los temas de energía.

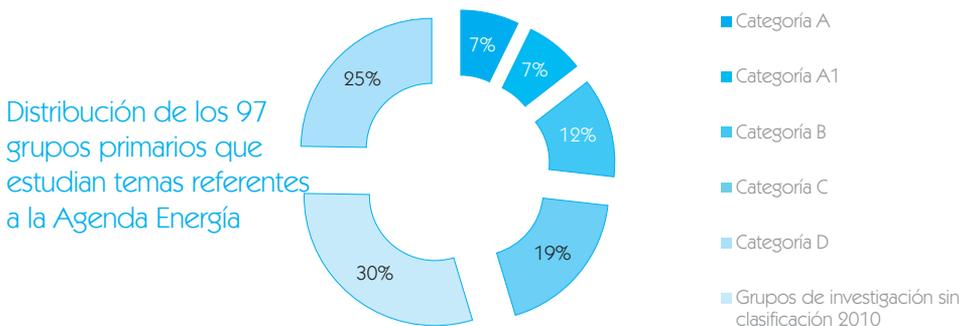
Del entorno nacional se analizan las capacidades en ciencia y tecnología con base en la clasificación de grupos de Colciencias hasta noviembre de 2011; se toman como punto de partida para el análisis las líneas declaradas de los grupos de investigación en cada una de las áreas temáticas de la Agenda Energía: 1. Sostenibilidad y mercados energéticos; 2. Demanda de energía; 3. Fuentes de energía. A continuación se presentan las capacidades nacionales a partir de la visión de Colciencias como máximo organismo de fomento a la investigación y al desarrollo científico en Colombia.

### 1.5.1 Capacidades de investigación del entorno nacional

Se toma como clasificación base los “Grupos por Programa Nacional de Ciencia y Tecnología” en la que se detalla el tema de “Investigaciones en energía y minería” (Colciencias, 2011). Las capacidades nacionales se pueden clasificar, a partir de los productos, en dos grupos que Colciencias establece (los principales y los secundarios), según su nivel de incidencia en la producción científica.

Para un total de 113 grupos clasificados como principales en investigaciones de minería y energía, 97 de ellos desarrollan temas referentes a energía. Su clasificación se presenta en la figura 7.

Figura 7. Grupos Clasificación –Principales– en Colciencias. Investigaciones en energía y minería

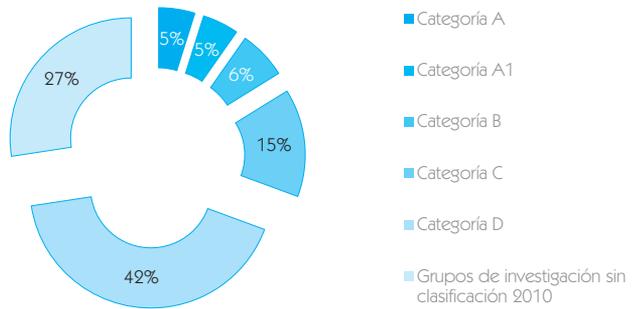


Fuente: Elaboración propia basada en Colciencias (2011).

La clasificación de grupos secundarios, que cuenta con un total de 95 grupos para la categoría de minería y energía, tiene un aproximado de 62 grupos que trabajan temas específicos de energía. En la figura 8 aparece la clasificación de estos grupos.

Figura 8. Grupos Clasificación –Secundarios– en Colciencias. Investigaciones en energía y minería

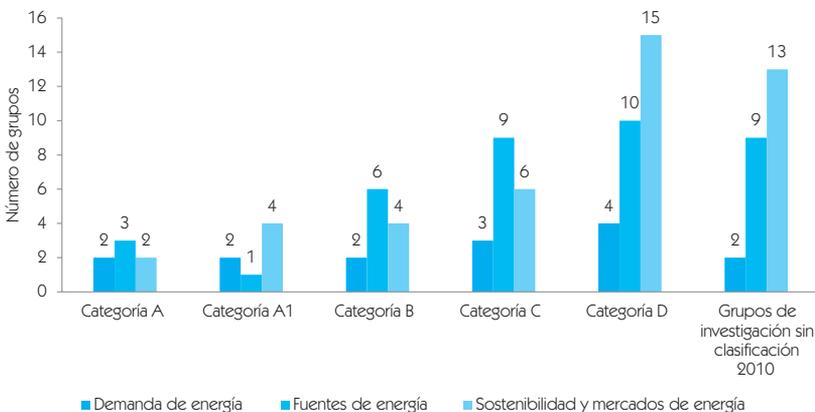
Distribución de los 62 grupos secundarios que estudian temas referentes a la Agenda Energía



Fuente: Elaboración propia basada en Colciencias (2011).

Para cada una de las áreas en las que se divide la Agenda Energía es posible determinar la distribución de las capacidades nacionales y su grado de importancia según la clasificación de productos de Colciencias. Las figuras 9 y 10 presentan los resultados para los grupos principales y secundarios, respectivamente. Los grupos principales son aquellos que trabajan exclusivamente en las áreas de la Agenda Energía, mientras que los secundarios son grupos que trabajan en áreas afines pero que no solamente se basan en los temas específicos de las áreas propuestas para la Agenda.

Figura 9. Capacidades nacionales según grupos, áreas temáticas y clasificación. Principales (Clasificación Colciencias)

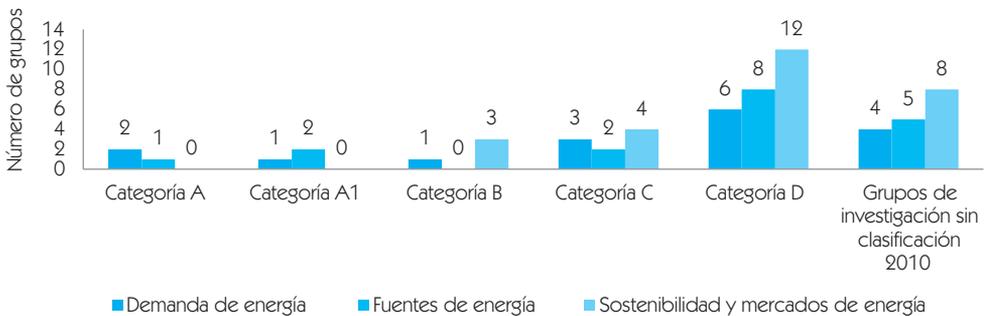


Fuente: Elaboración propia basada en Colciencias (2011).

El área de sostenibilidad y mercados energéticos se constituye en la de mayor interés para los investigadores que se encuentran en grupos principales.

La clasificación de los grupos secundarios se muestra en la figura 10; en ella se puede apreciar que existe una menor participación de grupos en las categorías A y A1 si se compara con la clasificación de grupos principales. No obstante, cabe señalar que en ambas clasificaciones se muestra una capacidad científica acumulada cuya mayor fortaleza se encuentra en el área que se ocupa de temas relacionados con la sostenibilidad y los mercados de energía.

Figura 10. Capacidades nacionales según grupos, áreas temáticas y clasificación. Secundarios (Clasificación Colciencias)



Fuente: Elaboración propia basada en Colciencias (2011).

Para las capacidades de la Universidad Nacional de Colombia, a continuación se detalla la información referente a la Agenda Energía a partir de la clasificación de Colciencias y la información obtenida de las diferentes fuentes de consulta financiera y administrativa de la UN, proporcionadas por la VRI.

### 1.5.2 Capacidades de investigación institucionales, UN

Las capacidades de investigación institucionales de la UN se construyen a partir de los insumos generados y suministrados por la VRI, que tienen como ventana de análisis el período comprendido entre los años 2003 y 2010. Se tiene en cuenta:

- Productos académicos reportados ante el Comité de Puntaje

- Proyectos de investigación registrados en Quipu
- Proyectos de extensión registrados en Quipu
- Grupos de investigación seleccionados

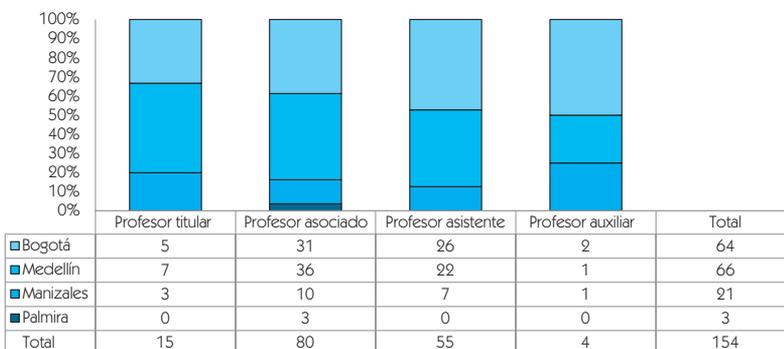
Con dicha información se pueden identificar las capacidades acumuladas de la Universidad Nacional y que corresponden al área de energía: 1. Fuentes de energía; 2. Sostenibilidad y mercados energéticos, y 3. Demanda de energía. Con la revisión, la depuración y el posterior análisis se agrupa la información en: i) capital humano, ii) capital estructural y iii) capital relacional, los cuales se abordan a continuación.

### 1.5.2.1 Capital humano

Tiene relación con la participación de investigadores y grupos de investigación en los ejes temáticos de la Agenda Energía, donde para el período comprendido entre los años 2000 y 2010, en la VRI se identificaron 78 grupos de investigación, de los cuales 19 (25% de los grupos aproximadamente) tienen integrantes provenientes de más de una sede (intersedes), situación que da cuenta de la cooperación entre las diferentes sedes que integran la UN en temas relacionados con el eje central de esta agenda.

La planta docente que soporta los grupos de investigación está conformada por cerca de 154 personas, distribuidas en las diferentes sedes, como lo muestra la figura 11, concentrándose en su mayoría en las sedes Bogotá y Medellín, y en mayor número en calidad de profesor asociado.

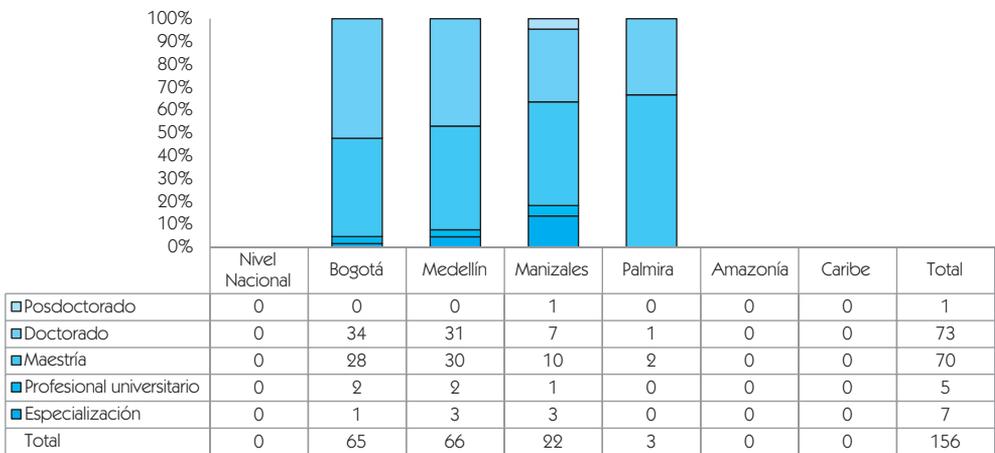
Figura 11. Distribución de planta docente en las diferentes sedes para la Agenda Energía entre 2003 y 2010



Fuente: Base de Datos Grupos entregado por VRI. Período 2003 a 2010.

La figura 12 indica el nivel de formación que soporta las capacidades de talento humano en cada una de las sedes: de los 156 docentes, 73 (el 46,8%) cuentan con estudios de doctorado y 70 con maestría (44,9%). Cabe resaltar el número de doctores y magísteres que hacen parte de la Agenda (cerca del 91,7% de los docentes).

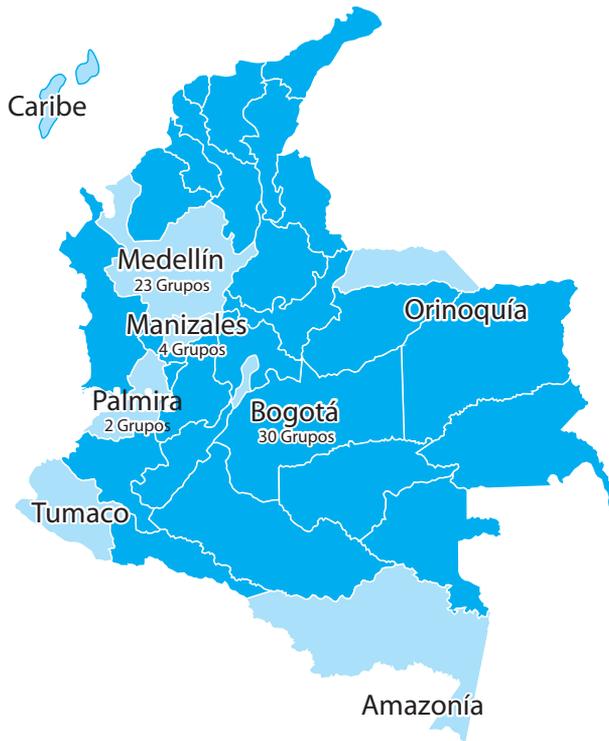
Figura 12. Nivel de formación de los docentes que pertenecen o han pertenecido a los grupos vinculados al área temática de la energía entre 2003 y 2010



Fuente: Base de Datos Grupos entregado por VRI. Período 2003 a 2010.

La figura 13 presenta la distribución de los grupos de investigación en las diferentes sedes, en donde se observa una presencia más fuerte de estos grupos en las sedes Bogotá y Medellín.

Figura 13. Distribución de los grupos de investigación de la UN en la Agenda Energía 2003-2010

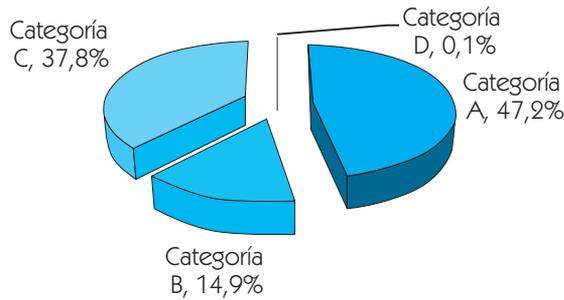


Fuente: Base de Datos Grupos entregado por VRI. Período 2003 a 2010.

### 1.5.2.2 Capital estructural

En relación con las capacidades estructurales que permiten dar cuenta de la fortaleza de la UN en materia de energía, se puede hacer un análisis a través del marco de productos que permiten entender una experticia y un recorrido en el conocimiento sobre los temas de la Agenda. Existen al menos 1.218 productos de investigación que se asocian de forma directa a la Agenda Energía, desarrollados entre 2003 y 2010. En la figura 14 se muestra la clasificación de dichos productos en Colciencias, y se puede apreciar en la distribución una prevalencia de los productos en A y C, con el 46,9% y el 37,8%, respectivamente.

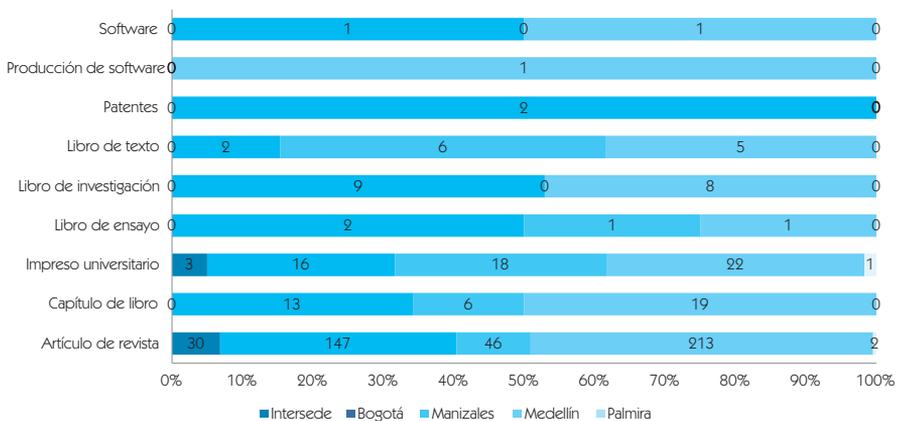
Figura 14. Distribución de los productos de investigación de la Agenda Energía, 2003-2010



Fuente: Base de Datos Grupos entregado por VRI. Período 2003 a 2010.

Los productos de nuevo conocimiento (A) equivalentes a 575, se detallan en la figura 15, en la que se puede observar un dinamismo en las sedes para la generación de productos relacionados con los artículos de revista, capítulos de libros, impresos y libros de ensayo, pero una capacidad concentrada en las sedes Bogotá y Medellín en relación con patentes y producción de software. Debe estimarse la formulación de patentes en las sedes –como producto de propiedad intelectual por excelencia para el fomento de la investigación y transferencia de conocimientos y tecnologías–, y especialmente en energía, en dinamismo y en la cercanía de los sectores empresariales y gubernamentales.

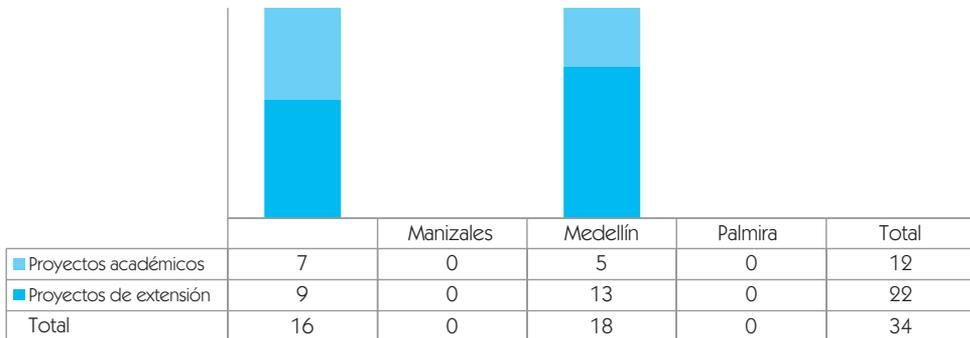
Figura 15. Productos de nuevo conocimiento por sede de la Agenda Energía



Fuente: Base de Datos Grupos entregado por VRI. Período 2003 a 2010.

La figura 16 presenta 34 proyectos desarrollados por los grupos de la Universidad Nacional de Colombia en temas de energía. Cabe señalar que aunque en comparación con otras agendas el número de proyectos de extensión es bajo, el tamaño de los proyectos y su alcance hacen muy importantes estos esfuerzos de relacionamiento.

Figura 16. Proyectos de investigación y extensión de la Agenda Energía



Fuente: Base de Datos Grupos entregado por VRI. Período 2003 a 2010.

### 1.5.2.3 Capital relacional

En materia de energía, la Universidad Nacional de Colombia tiene nexos estrechos entre sus diferentes sedes y, de allí, con el entorno. A raíz del Proyecto Agendas de Conocimiento se han generado algunas importantes reuniones con entes privados y públicos que han tenido como objetivo la generación de confianza y el establecimiento de puntos en común que lleven al desarrollo conjunto.

Entre las organizaciones que han tenido acercamientos con el Proyecto Agendas de Conocimiento a través del eje temático en energía, están:

- Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléctrico, Cidet
- Central Hidroeléctrica de Caldas S.A E.S.P., CHEC
- Acuerdos para la prosperidad (Medellín Mayo/2011, “El Rol del Estado en el Desarrollo de la Innovación”, liderado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, Colciencias).
- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas, IPSE

- Centro de Investigación, Invención e Innovación en Carbón, Incarbo

La figura 17 presenta algunos ejemplos de las reuniones y acercamientos de la UN al medio a través de proyectos e iniciativas en temas energéticos. La imagen 1 muestra al profesor Horacio Torres Sánchez, quien, además de ser experto de la Agenda Energía, es gerente del equipo empresarial del Programa de Transformación Productiva, PTP, para el Sector de Energía Eléctrica, Bienes y Servicios Conexos, SEEBSC, a cargo del Cidet. La imagen 2 muestra la reunión de presentación del Proyecto Agendas de Conocimiento en la CHEC. La imagen 3, una de las presentaciones del Proyecto Incarbo a cargo del profesor Farid Chejne Janna, experto de la Agenda Energía.

Figura 17. Algunas relaciones de la UN con el medio en temas de energía

1. Acercamientos con el Cidet
2. Reunión UN - CHEC.
3. Relación con el Proyecto Incarbo



Fuentes: 1. Agencia de Noticias UN, 25/03/2011; 2. Agenda Energía, Manizales, 14/06/2011; 3. Agencia de Noticias UN, 29/07/2010.

De igual manera, en la dinámica propia de la investigación y extensión, los grupos de la UN tienen relaciones constantes con los demás grupos de investigación y con el entorno mismo. Ejemplo de ello es que en la sede Palmira se tiene relaciones con las empresas agroindustriales que buscan mejores alternativas para la generación y administración de los recursos energéticos, destacándose las empresas cultivadoras de caña o las productoras de papel. En las sedes Bogotá, Medellín y Manizales se desarrollan investigaciones tendientes a transferir soluciones de múltiple beneficio (para la Universidad, la empresa y la sociedad en general) que brindan resultados de suma importancia para el país.



## 2. VISIÓN DE FUTURO: LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS PROPUESTOS

Los siguientes son los lineamientos estratégicos que, gracias a los encuentros en el marco del Proyecto Agendas de Conocimiento, han permitido perfilar el desarrollo de la Agenda Energía, liderado por los expertos que la conforman. En este capítulo se describen los objetivos, el alcance, los elementos potenciadores e inhibidores, así como los elementos vinculantes de la Agenda Energía con las demás Agendas de Conocimiento.

### 2.1 Objetivo de la Agenda

Tiene como objetivo general: garantizar la seguridad energética con criterios de sostenibilidad y equidad, impulsando el desarrollo socioeconómico y tecnológico.

Lo anterior tiene sustento en las siguientes metas específicas:

- Generar conocimientos fundamentales en lo social, ambiental, económico y tecnológico, que posibiliten desarrollos innovadores dentro del campo de la energía con miras al bienestar humano.
- Desarrollar programas de sostenibilidad y eficiencia energética que impacten los sectores residencial, comercial, industrial, transporte y rural.
- Desarrollar tecnologías que permitan el aprovechamiento de los recursos energéticos con un menor impacto ambiental.
- Posicionar la Universidad Nacional de Colombia como el ente consultor y asesor del Estado, del sector privado y de las comunidades.
- Fortalecer la capacidad científico-técnica en las áreas definidas en la Agenda.
- Desarrollar modelos de mercados, planeamiento y sostenibilidad de recursos energéticos.

A través del objetivo general se puede establecer el alcance de la Agenda, el cual se describe a continuación.

## 2.2 Alcance

La Agenda Energía se proyecta como una propuesta para el desarrollo estratégico de los procesos de investigación y extensión en materia de energía para la comunidad académica de la Universidad Nacional de Colombia. Para ello parte de un proceso de observación sistemático de las capacidades de la institución, frente a las oportunidades que brinda el entorno en el marco de la responsabilidad y pertinencia que el país le demanda.

Los principales aportes de la Agenda para la Universidad se concentran en la formalización de las capacidades para la dinamización y construcción de relaciones colaborativas, la evaluación de referentes que permiten establecer las tendencias en las que los investigadores y sus grupos pueden encontrar una alternativa para el desarrollo, en los que además se vislumbran unos escenarios que de alguna manera posibiliten que las personas integren sus capacidades y talentos en diferentes posibilidades, entre ellas las prospectivas. El principal aporte de la Agenda será el establecimiento de un sistema de inteligencia organizacional en el campo de la energía, de tal forma que facilite y promueva el desarrollo de productos científicos y tecnológicos de alto impacto social, en los que la sostenibilidad y la equidad en los desarrollos se constituyen en las premisas fundamentales y los principales atributos de la Agenda.

## 2.3 Retos y perspectivas en el entorno local y nacional

El análisis de las capacidades y necesidades en relación con el eje temático de energía permite formular los siguientes retos y perspectivas para la UN:

- Generar conocimiento y tecnología que impacten positivamente las diferentes áreas de la energía con criterios de sustentabilidad, equidad y seguridad, como las tecnologías limpias y las alternativas de cobertura.
- Desarrollar alternativas que permitan el surgimiento de sectores estratégicos que posibiliten agregar valor al mercado nacional, y acceder y diversificar los mercados internacionales.

## 2.4 Potenciadores e inhibidores

Se basan en los factores de éxito necesarios para el desarrollo de la Agenda Energía. Los factores de éxito que sustentan la Agenda son:

Generación de convenios, políticas públicas e institucionales (nacionales e internacionales) que permitan:

- Recursos para financiación de proyectos
- Becas de formación
- Movilidad
- Grado de consolidación de los grupos
- Grado de compromiso de grupos e investigadores
- Diversidad de los temas y enfoques
- Flexibilidad y agilidad en la administración.

Cada uno de los potenciadores e inhibidores serán descritos a continuación:

### 2.4.1 Potenciadores

Corresponden a aquellos elementos endógenos y exógenos que son necesarios para el desarrollo eficaz de la Agenda. Estos elementos fueron debatidos y concertados por los expertos de la Agenda Energía en los encuentros que se han programado y llevado a cabo para su elaboración; entre los potenciadores están:

- Receptividad social
- Capacidad para la toma de decisiones institucionales
- Alternativas del entorno (oportunidad de desarrollo) nacional e internacional
- Políticas conjuntas e interdisciplinarias
- Programas de largo aliento

### 2.4.2 Inhibidores

La identificación de los inhibidores, como principales restricciones para el avance de la Agenda, puede representar una oportunidad para el desarrollo de la misma; así, por ejemplo, los seis inhibidores son factores críticos que, a través de las reuniones ejecutadas en el proyecto y acercamientos al entorno, se han discutido y abordado, generándose estrategias y acciones tendientes a impactarlos.

- Administración ineficiente
- Limitación de recursos
- Poco trabajo cooperativo, independencia
- Desconocimiento del entorno
- Agendas poco claras en lo relativo a la Universidad Nacional y al quehacer de los grupos
- Desconocimiento por parte de la sociedad de los desarrollos de la Universidad

## 2.5 Propuesta inicial de las temáticas existentes y emergentes

La figura 18 muestra el árbol de conocimiento de la Agenda Energía, el cual es producto de múltiples discusiones y consideraciones por parte del grupo de expertos, y brinda una estructura definida sobre áreas, temas y subtemas sobre los cuales se deben concentrar los esfuerzos de investigación. El árbol surge después de la revisión del panorama internacional y nacional de las tendencias, y de revisar las capacidades de investigación de la Universidad, perfilándose como una herramienta estratégica, la cual pretende brindar respuesta a problemas nacionales de orden científico y tecnológico, además de contribuir con el fortalecimiento del capital intelectual de la Universidad.

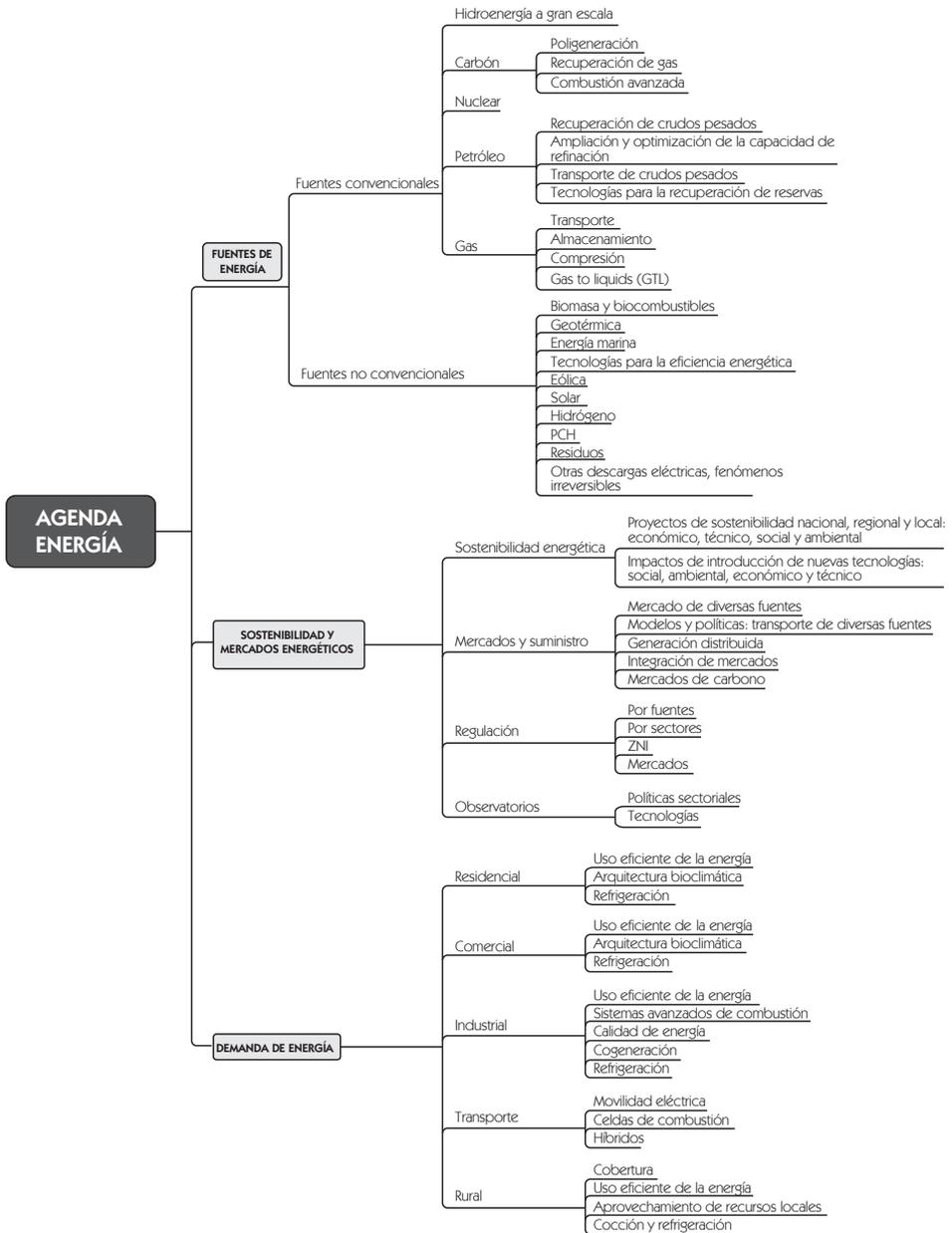
Las áreas establecidas corresponden a tres grandes bloques de estudio que el grupo de expertos ha definido teniendo como soporte diferentes documentos de análisis como lo son los reportes del Consejo Mundial de Energía (World Energy Council, WEC, 2007), evaluado frente a las principales capacidades y problemáticas que se relacionan para constituir un área de estudio.

Cada una de estas áreas está compuesta a su vez por una serie de temas y subtemas que son los elementos sobre los cuales se desarrollan las tendencias y los análisis que tienen por objetivo determinar las capacidades institucionales en relación con la ciencia y la tecnología del sector energético.

La propuesta de áreas, temas y subtemas ha sido un trabajo constante en el que la exploración de las dinámicas en torno a la energía ha permitido ir incorporando elementos que se ajustan a las perspectivas y posibilidades que otorga el contexto nacional y universitario. La comunidad académica puede encontrar en el árbol de conocimiento de la Agenda Energía una estructura amplia y flexible que permite ubicar su campo de estudio y establecer relaciones temáticas que se puedan constituir en elementos colaborativos e intereses comunes entre los diferentes

investigadores que constituyen la gran masa crítica de la Universidad Nacional de Colombia en lo relacionado con la ciencia y la tecnología de la energía.

Figura 18. **Árbol de conocimiento de la Agenda Energía**



Fuente: Elaboración propia a partir de un consenso con los expertos de la Agenda.

## 2.6 Determinación de énfasis institucional

A partir de la estructura de áreas y temas de la Agenda Energía se pueden identificar las fortalezas y capacidades de la Universidad Nacional de Colombia frente a las temáticas, mediante el análisis de los grupos de investigación que hacen parte de cada una de las áreas. De esta forma se evidencia el énfasis de la institución hacia la investigación en fuentes de energía y en temas referentes a la sostenibilidad y a los mercados energéticos.

En la figura 19 se puede observar el consolidado de las capacidades de la UN en los temas que conforman el estudio de la energía; se cuenta con un total de 204 investigadores y 79 grupos que desarrollan proyectos y productos de investigación en las tres diferentes áreas que componen la Agenda.

Figura 19. Consolidado de las capacidades acumuladas para la Agenda Energía



Fuente: VRI a partir de sistema SARA, Quipu y Comité de Puntaje - 2010<sup>7</sup>.

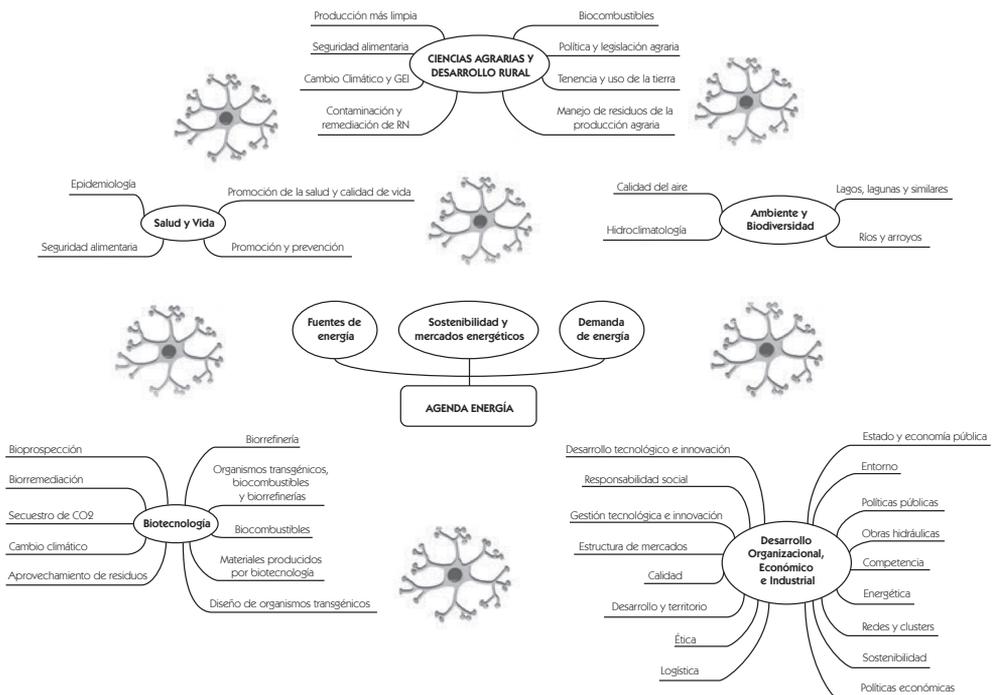
7 Descriptores: biocombustibles, carbón, licuefacción, ZNI, energía solar, hidroelectricidad, potencial de generación energético, sostenibilidad energética, calidad de la energía, calidad de la potencia, proyectos de energía, etanol, contaminación ambiental, utilización de recursos hídricos en proyectos energéticos, diesel, petróleo, energía y transporte, energía y desarrollo rural, biocombustibles y seguridad alimentaria, iluminación, redes de distribución, generación distribuida, arquitectura bioclimática y construcciones verdes, combustibles a partir de desechos, celdas combustibles, mercados de energía, energía en Colombia, energía en Latinoamérica, servicios públicos domiciliarios, empresas generadoras de energía, desarrollo a partir del recurso energético, gasificación, gas natural, yacimientos, tecnologías de exploración, sistemas y redes inteligentes, modelos bolsa energía, precios de la energía, embalses, transporte de energía, oleoductos.

Cabe señalar que al considerarse la energía como un sistema que integra sus áreas de estudio, no se puede decir con precisión que haya debilidad en relación con el área de demanda de energía, ya que las investigaciones pueden moverse con facilidad por los tres ámbitos.

## 2.7 Elementos vinculantes

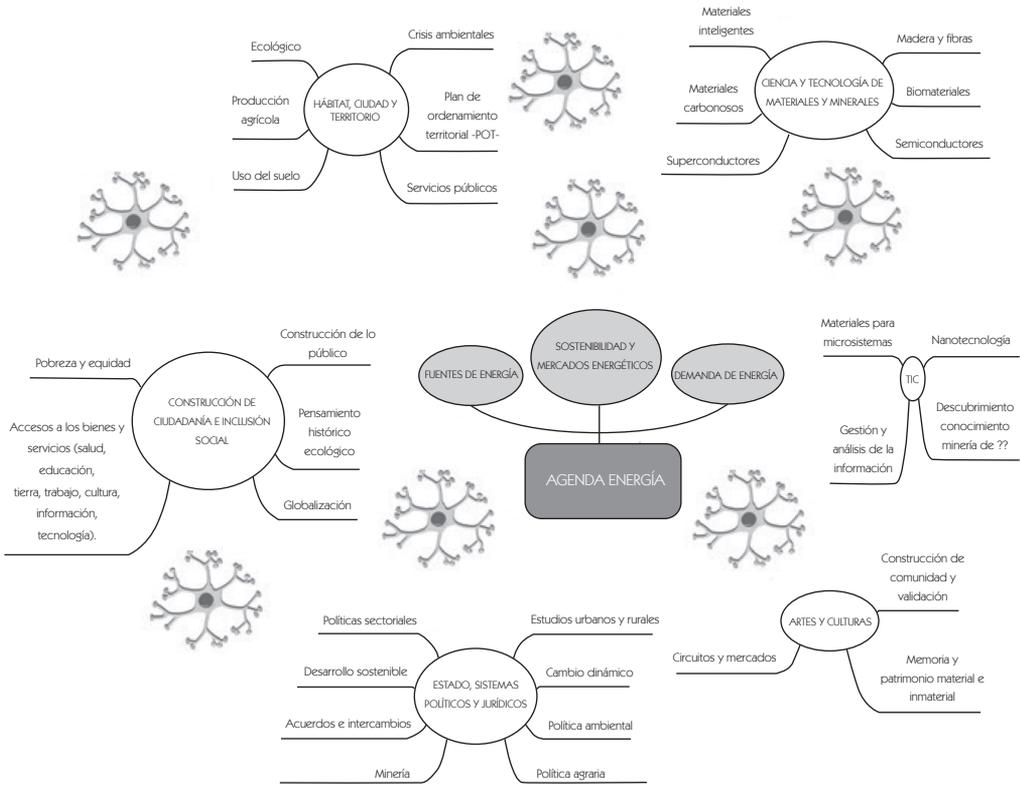
Las relaciones de la Agenda Energía con las demás Agendas de Conocimiento se dan en diferentes ámbitos y temas que permiten construir una red de relaciones en las que se pueden generar avances conjuntos con otras agendas, y que se muestran en la figura 20 y en la figura 21.

Figura 20. Elementos vinculantes, Agenda Energía con las demás Agendas (i)



Fuente: Elaboración propia basada en información de VRI-UN (2011).

Figura 21. Elementos vinculantes, Agenda Energía con las demás Agendas (ii)



Fuente: Elaboración propia basada en información de VRI-UN (2011).

# 3. ANÁLISIS PROSPECTIVO PARA CONSOLIDAR UNA VISIÓN DE FUTURO DE ENERGÍA

Una vez presentado el documento preliminar de la Agenda Energía, y a partir de la socialización con los expertos, se diseña, se construye y valida la encuesta prospectiva, instrumento por el cual se somete a discusión el documento de la Agenda con la comunidad académica. La encuesta se basa en el método Delphi y se compone de una serie de preguntas relacionadas con los componentes de la Agenda (objetivos, potenciadores e inhibidores, alcances, elementos vinculantes, etc.). La encuesta se dirige principalmente a directores e investigadores de los grupos de investigación pertenecientes a la Agenda Energía, previamente identificados en las capacidades de la Agenda.

Este capítulo resume de manera ejecutiva los resultados de los dos lanzamientos de la encuesta prospectiva de la Agenda Energía (directores e investigadores), que realimentan el documento propuesto por el equipo de expertos y además recoge a manera de ejemplo los posibles proyectos sugeridos por los profesores encuestados.

## 3.1 Resumen ejecutivo de los resultados de la encuesta prospectiva

La publicación de la encuesta prospectiva de la Agenda Energía se realiza en dos lanzamientos. El primer lanzamiento se dirige a los directores de grupos de investigación, y el segundo, a los docentes pertenecientes a grupos de investigación, identificados dentro de las capacidades de la Agenda que se encuentran vinculadas a la UN.

El objetivo general de la encuesta es recibir una realimentación por parte de la comunidad universitaria frente al trabajo propuesto por el grupo de expertos de la Agenda Energía; los resultados detallados de la encuesta están disponibles en la página web de la Vicerrectoría de Investigación. Los objetivos específicos son: i) validar los insumos previamente construidos y ii) establecer acuerdos en tiempo y prioridad de los temas para su investigación e implementación.

Para garantizar mayor participación y prontitud, la encuesta se publica en internet, lo que facilita la participación y el acceso a ella, en cualquier momento, de todos los docentes vinculados a los grupos de investigación.

A continuación se describen los principales resultados:

### 3.1.1 Ficha técnica de la encuesta

La encuesta fue realizada por los expertos en las diferentes áreas de la Agenda Energía. Se enviaron invitaciones por correo electrónico a 83 directores y a 388 investigadores pertenecientes a los grupos de investigación, identificados en las capacidades de la Agenda. La encuesta estuvo abierta desde el 19 de julio hasta el 13 de agosto de 2012.

En las tablas 6 y 7 se presentan las fichas técnicas de las encuestas dirigidas a directores e investigadores de la Agenda Energía. El porcentaje de respuesta de los directores fue de 26,5% y el de los investigadores, 11,6%.

Tabla 6. Ficha técnica de la encuesta prospectiva, primera recolección, población directores de grupos de investigación

FICHA TÉCNICA ENCUESTA PROSPECTIVA-AGENDA ENERGÍA	
Realizada por:	Expertos en las áreas de la Agenda de Energía como parte del Proyecto Agendas de Conocimiento de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia.
Realizada en:	Software Sphinx Plus V5 y aplicada en línea.
Tiempo de aplicación:	19 de julio a 13 de agosto de 2012. Duración 4 semanas.
Población:	Directores de 83 grupos de investigación, identificados dentro de las capacidades de la Agenda de Energía, que son o han tenido algún vínculo con la Universidad Nacional de Colombia como docentes de planta.
Unidad de muestreo:	Profesores e investigadores miembros de grupos de investigación que hacen parte de la Agenda de Energía.
Respuestas recolectadas:	22 respuestas de las invitaciones enviadas a directores de grupos de investigación.

Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

Tabla 7. Ficha técnica de la encuesta prospectiva, primera recolección, población investigadores de grupos de investigación

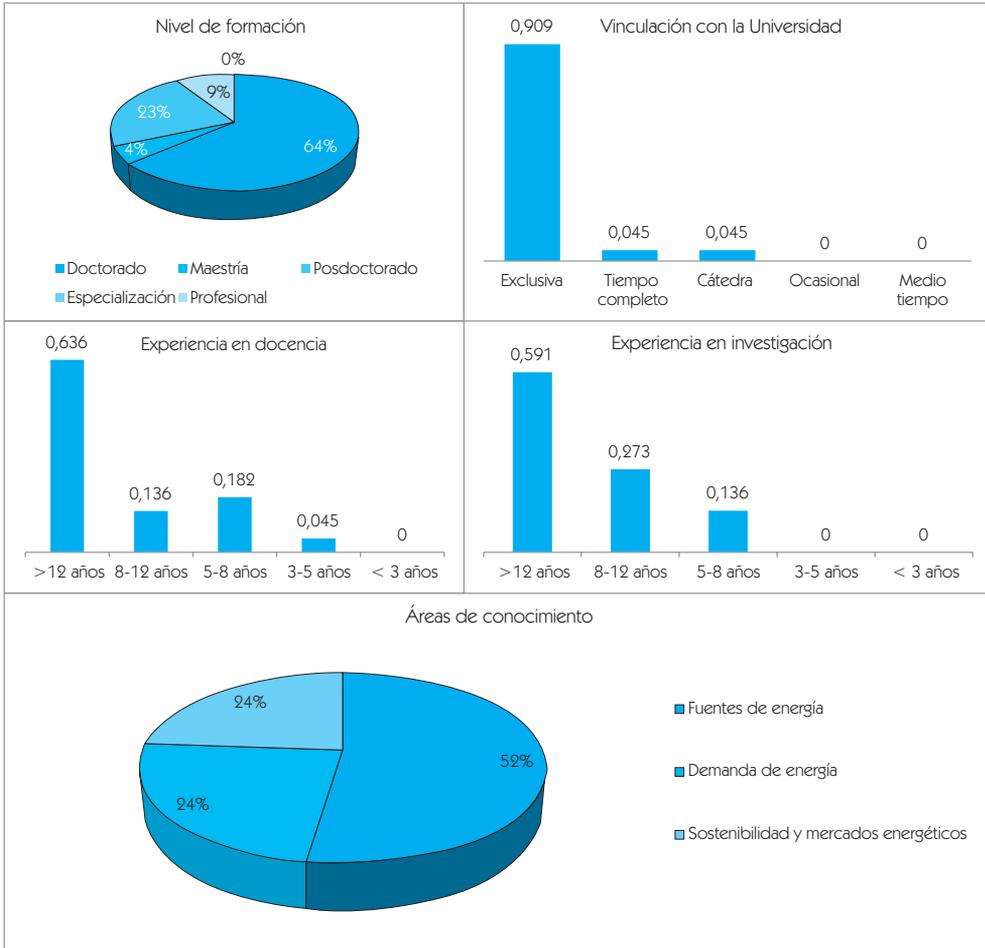
FICHA TÉCNICA ENCUESTA PROSPECTIVA-AGENDA ENERGÍA	
Realizada por:	Expertos en las áreas de la Agenda de Energía como parte del Proyecto Agendas de Conocimiento de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia.
Realizada en:	Software Sphinx Plus V5 y aplicada en línea.
Tiempo de aplicación:	23 de julio a 13 de agosto de 2012. Duración 3 semanas.
Población:	Investigadores de 83 grupos de investigación, identificados dentro de las capacidades de la Agenda de Energía, que son o han tenido algún vínculo con la Universidad Nacional de Colombia como docentes de planta.
Unidad de muestreo:	Profesores e investigadores miembros de grupos de investigación que hacen parte de la Agenda de Energía.
Respuestas recolectadas:	45 respuestas de las invitaciones enviadas a investigadores de grupos de investigación.

Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

La caracterización de los directores de grupo de investigación que respondieron a la encuesta es el 86,4% masculino y el 13,6% femenino; de ellos el 22,7% ha realizado estancias posdoctorales, el 63,6% tiene formación doctoral, el 4,5% formación de maestría; su vinculación está dada por el 90,9% de dedicación exclusiva y el 4,5% de tiempo completo, donde el 63,6% tiene más de 12 años de experiencia en docencia y el 59,1% tiene más de 12 años de experiencia en investigación. Con un porcentaje de 52,4% se encuentra como área principal fuentes de energía; los detalles se pueden ver en la figura 22.

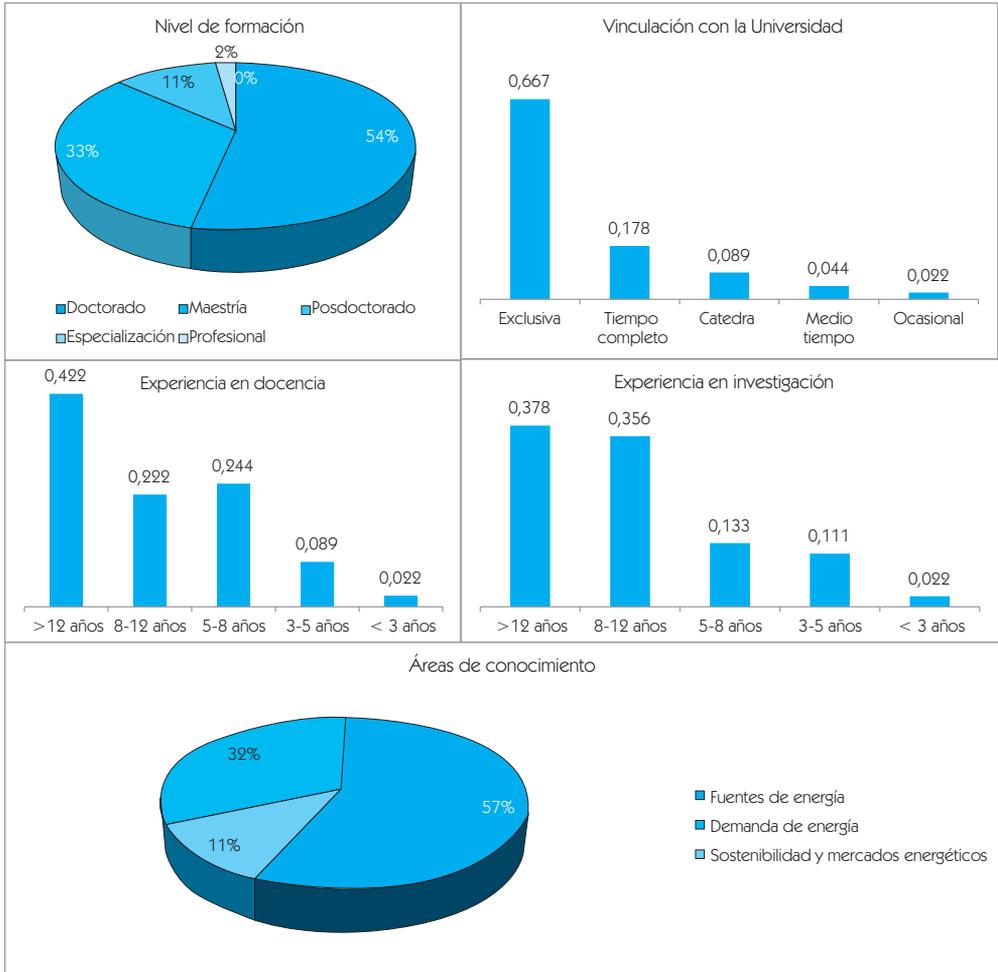
La caracterización de los investigadores que respondieron a la encuesta es el 82,2% masculino y el 17,8% femenino; de ellos, el 53,3% tiene doctorado, el 33,3% formación de maestría, el 11,1% ha realizado estancias posdoctorales; su vinculación está dada por el 66,7% de dedicación exclusiva y el 17,8% de tiempo completo, donde el 42,2% tiene más de 12 años de experiencia en docencia y el 37,8% cuenta con más de 12 años de experiencia en investigación. Con un porcentaje de 56,8% se encuentra como área principal las fuentes de energía (ver figura 23).

Figura 22. Resumen gráfico primera aplicación encuesta prospectiva a directores de la UN



Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

Figura 23. Resumen gráfico segunda aplicación encuesta prospectiva a investigadores de la UN



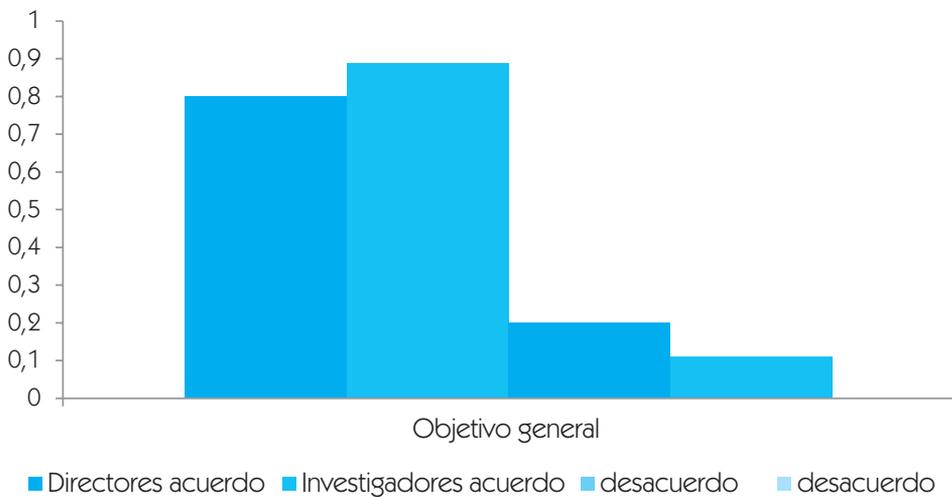
Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

### 3.1.3 Valoración de objetivos, metas y alcance

Según los resultados observados en la encuesta, el 57,1% de los directores está totalmente de acuerdo con el objetivo general propuesto y el 19,0% está sólo de acuerdo; en cambio, un 57,8% de los investigadores está totalmente de acuerdo con el objetivo general propuesto, y el 31,1% está de acuerdo con dicho objetivo.

El 27,3% de los directores y el 11,4% de los investigadores sugirieron incluir o modificar el objetivo general. En la figura 24 se detalla el consolidado de los dos lanzamientos de la encuesta prospectiva (directores e investigadores), para el objetivo de la Agenda Energía.

Figura 24. Valoración del grado de acuerdo del objetivo propuesto en la Agenda Energía



Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía

En la figura 25 se presentan los datos normalizados y consolidados de los dos lanzamientos de la encuesta tanto para directores como para investigadores en la valoración de los alcances de la Agenda Energía, donde el 96,8% de los directores y el 93,9% de los investigadores está de acuerdo, mientras que el 3,23% de los directores y el 6,13% de los investigadores están en desacuerdo con los alcances de la Agenda. El 15% de los directores y el 7,5% de los investigadores encuestados presentan sugerencias o modificaciones a los alcances propuestos.

Figura 25. Valoración del grado de acuerdo de los alcances propuestos en la Agenda Energía



Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía

### 3.1.4 Valoración de potenciadores e inhibidores

Los directores encuestados indicaron en este aspecto que siete elementos propuestos corresponden a potenciadores y seis elementos a inhibidores. En el caso de los investigadores, los resultados fueron los mismos.

A continuación se listan los siete potenciadores mejor valorados en las dos encuestas:

- Número de grupos de investigación en la temática de energía en la Universidad Nacional.
- Receptividad social.
- Alternativas del entorno (oportunidad de desarrollo) nacional e internacional.
- Programas de largo aliento.
- Capacidad para la toma de decisiones institucionales.
- Políticas conjuntas e interdisciplinarias.
- Asignación de recursos a I+D en temáticas relacionadas con la Agenda.

Los seis elementos inhibidores valorados como tales por la mayoría de los encuestados son:

- Administración ineficiente de los recursos.
- Limitación de recursos.
- Poco trabajo cooperativo, independencia.
- Desconocimiento del entorno.
- Agendas poco claras en la Universidad Nacional y el quehacer de los grupos.
- Desconocimiento de desarrollos de la Universidad.

### 3.1.5 Valoración de las áreas temáticas

En la valoración de las áreas temáticas<sup>8</sup> propuestas se observa que el área principal de investigación de los directores de grupo es fuentes de energía representada por el 52,4% de los encuestados, el 23,8% corresponde al área demanda de energía y el restante 23,8%, a sostenibilidad y mercados energéticos, donde el 28,6% manifestó ser expertos en las áreas seleccionadas. Por parte de los investigadores, el 57,8% de ellos trabaja en fuentes de energía, 31,1% en sostenibilidad y mercados energéticos y el restante 11,1% trabaja en demanda de energía, con un 17,8% de experticia en las áreas.

En el área de fuentes de energía, el tema de mayor importancia de investigación según el 90,9% de los directores es fuente de energía convencional petróleo, seguido de fuente de energía convencional gas, con un 81,8% de los directores. El 57,7% de los investigadores opina que el tema de mayor importancia es fuentes de energía no convencionales biomasa y biocombustibles, seguido de fuente de energía convencional gas, con un 50% de los investigadores.

La capacidad UN para el desarrollo de la investigación en el área de fuentes de energía es alta según el 63,6% de los directores, específicamente para el tema de fuente de energía convencional carbón. Así mismo, el 61,5% de los investigadores considera que la capacidad de la Universidad para desarrollar los temas fuente de energía convencional petróleo y fuente de energía no convencional biomasa y biocombustible es alta.

8 Las áreas temáticas surgen del árbol construido por el grupo de expertos de la Agenda Energía, que se describe en el segundo capítulo y se presenta en la figura 18.

En el área de fuentes de energía, el 90,9% de los directores considera que los temas fuente de energía convencional hidroenergía a gran escala, fuente de energía convencional carbón, fuente de energía convencional petróleo, fuente de energía no convencional biomasa y biocombustible y fuente de energía no convencional tecnologías para la eficiencia energética tienen aplicación industrial. El 72,7% piensa que los temas fuente de energía convencional hidroenergía a gran escala, fuente de energía convencional petróleo, fuente de energía convencional gas y fuente de energía no convencional solar tienen aplicación social. El 92,3% de los investigadores considera que los temas fuente de energía no convencional, tecnologías para la eficiencia energética y fuente de energía no convencional solar tienen aplicación industrial, y el 84,6% piensa que fuente de energía no convencional eólica y fuente de energía no convencional residuos tienen aplicación social.

En el área de sostenibilidad y mercados energéticos, el tema de mayor importancia de investigación es sostenibilidad energética según el 100% de los directores, seguido con regulación en un 80%. El 42,8% de los investigadores opina que el tema de mayor importancia es regulación, seguido de sostenibilidad energética según el 35,7% de los investigadores.

La capacidad UN para el desarrollo de la investigación en el área de sostenibilidad y mercados energéticos, para el tema de sostenibilidad energética y mercados y suministros es alta según el 80% de los directores. Así mismo, el 42,8% de los investigadores piensa que la capacidad es alta para los temas de sostenibilidad energética y mercados y suministros.

El 80% de los directores opina que los temas de sostenibilidad energética, regulación y mercados y suministros tienen aplicación industrial, y el 100% considera que los temas tienen aplicación social, mientras que el 85,7% de los investigadores piensa que los temas mercados y suministros y regulación tienen aplicación industrial, y el 78,6% considera que los temas observatorios, sostenibilidad energética y mercados y suministros tienen aplicación social.

En el área de demanda de energía, los temas de mayor importancia de investigación según los directores son residencial, industrial, transporte y rural, con 40% de los directores encuestados. El 100% de los investigadores opina que el tema de mayor importancia es residencial e industrial, seguido de rural con un 80%.

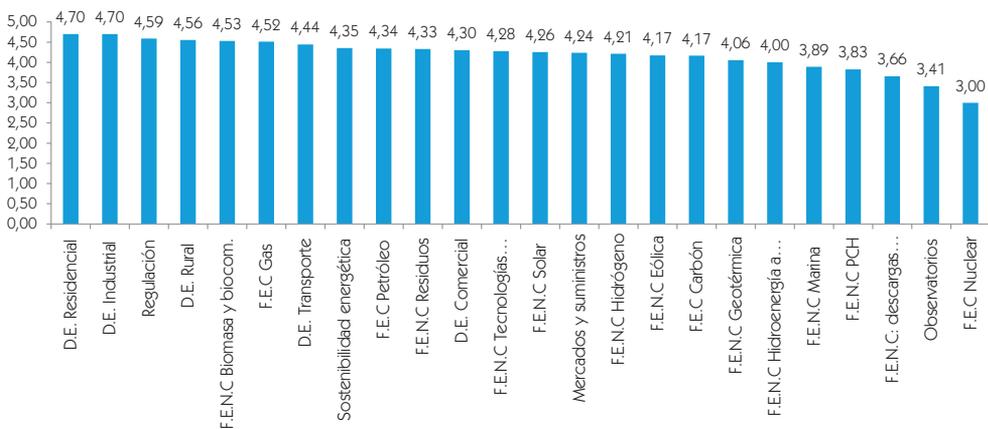
La capacidad UN para el desarrollo de la investigación en el área de demanda de energía, según el 60% de los directores es alta para los temas residencial y comercial. El 100% de los investigadores opina que para el tema industrial tiene una capacidad alta.

El 80% de los directores encuestados considera que los temas industrial, transporte y rural tienen aplicación industrial, y el 80% opina que los temas comercial, residencial,

transporte y rural tienen aplicación social. En el caso de los investigadores, el 100% de ellos opina que los temas residencial e industrial tienen aplicación industrial, y el 100% piensa que los temas comercial, residencial e industrial tienen aplicación social.

En la figura 26 aparece el promedio de importancia de investigación para cada tema en cada área de la Agenda Energía, donde D.E. significa demanda de energía, F.E.C. significa fuentes de energía convencionales y F.E.N.C. significa fuentes de energía no convencionales.

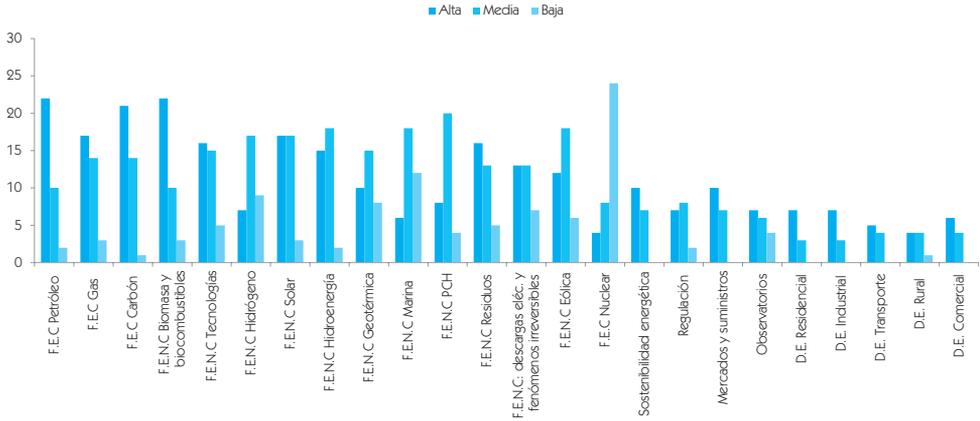
Figura 26. Promedio de importancia de investigación para el desarrollo de los temas



Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

La figura 27 muestra el consolidado de las capacidades percibidas por los encuestados para el desarrollo de investigación en los temas de la Agenda Energía en sus tres áreas, donde se observa que la capacidad UN es alta para los temas fuentes de energía convencional petróleo y fuentes de energía no convencional biomasa y biocombustible, seguidos de los temas fuentes de energía convencional carbón, fuentes de energía convencional gas y fuentes de energía no convencional solar; además se evidencia que en la UN no se tienen capacidades construidas en el tema fuente de energía convencional nuclear.

Figura 27. Capacidades de la UN para desarrollar investigación en los temas de la Agenda Energía



Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

Los directores e investigadores encuestados valoraron el tiempo de materialización en años de los resultados de la investigación, en los temas que componen cada área de la Agenda. Para el área de fuentes de energía, el intervalo de tiempo está entre 3 y 5 años, según el 35,7% de los directores y el 34,9% de los investigadores que seleccionaron esta área, seguido por el intervalo de tiempo de más de 8 años, según el 30,5% de los directores y el 29,5% de los investigadores.

Para los temas del área de demanda de energía, el 48% de los directores considera que el tiempo de materialización de la investigación está entre 6 y 8 años, mientras que los investigadores opinan en un 47,8% que el tiempo está entre 3 y 5 años.

El 50% de los directores y el 56,3 % de los investigadores expresan que los resultados de la investigación en los temas del área de sostenibilidad y mercados energéticos se materializarán en un intervalo de 3 a 5 años.

La tabla 8 presenta el tiempo de materialización consolidado de los temas propuestos para las tres áreas de la Agenda Energía; el intervalo de tiempo de 3 a 5 años es el rango más valorado por los profesores encuestados, y el tema de fuente de energía convencional nuclear, que fue el más votado, se representa en color azul oscuro; le sigue el tema de fuentes de energía no convencional solar.

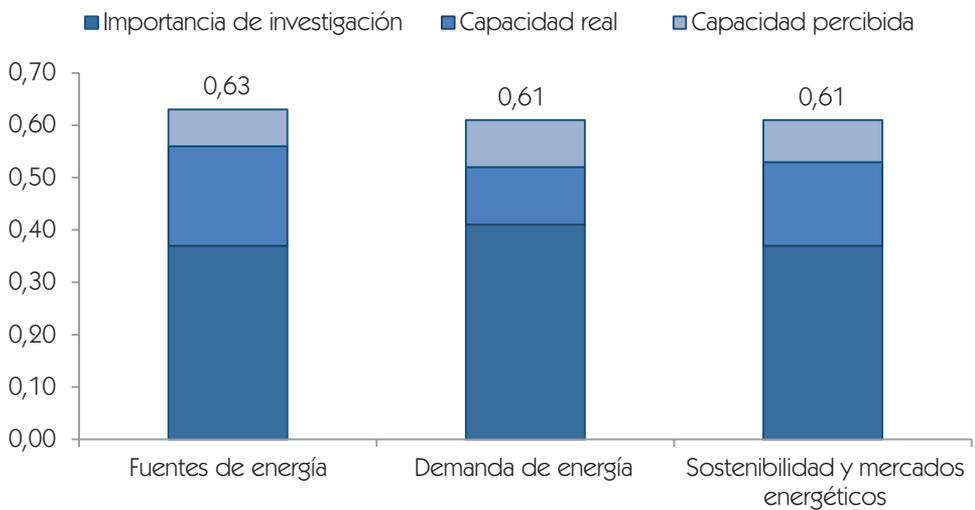
Tabla 8. Tiempo de materialización en años de los temas de la Agenda Energía

TEMAS	AÑOS DE MATERIALIZACIÓN			
	1 a 2	3 a 5	6 a 8	Más de 8
Fuentes de energía convencional petróleo	2	16	12	4
Fuentes de energía convencional gas	1	16	11	5
Fuentes de energía convencional carbón	2	14	12	6
Fuentes de energía no convencional biomasa y biocombustibles	6	10	10	8
Fuente de energía no convencional tecnologías	8	9	7	8
Fuentes de energía no convencional hidrógeno	1	7	11	14
Fuentes de energía no convencional solar	2	19	9	5
Fuentes de energía no convencional hidroenergía	2	13	9	10
Fuente de energía no convencional geotérmica	0	10	10	13
Fuente de energía no convencional marina	0	9	9	16
Fuente de energía no convencional PCH	2	13	8	9
Fuente de energía no convencional residuos	4	12	9	7
Fuentes de energía no convencional otras	5	10	7	11
Fuentes de energía no convencional eólica	2	15	8	8
Fuente de energía convencional nuclear	0	3	6	25
Sostenibilidad energética	1	8	5	3
Regulación	3	10	3	1
Mercados y suministros	1	10	5	1
Observatorios	4	9	4	0
Residencial	2	3	5	0
Industrial	1	4	5	0
Transporte	3	2	4	0
Rural	2	2	5	0
Comercial	2	4	4	0
Total	56	228	178	154

Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

Finalmente se ha diseñado un índice que permite valorar los temas de las tres áreas de la Agenda Energía teniendo en cuenta las capacidades reales, las capacidades percibidas en las encuestas prospectivas y la importancia de investigación percibida; de ello se obtiene un único valor por área. Para la construcción del índice se normalizaron los tres valores seleccionados y se les asignó un peso de 0,45 para el elemento de importancia de investigación y capacidad real, mientras que para la capacidad percibida se asignó un peso de 0,1. En la figura 28 se presenta el índice y sus componentes donde el área con un índice mayor es el área de fuentes de energía.

Figura 28. Índice de importancia de investigación



Fuente: Autores con base en la encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

### 3.2 Resumen de las realimentaciones en las jornadas de discusión con la comunidad académica

La Agenda Energía en la duración del proyecto realizó seis jornadas de discusión: la jornada nacional de divulgación de avances de las Agendas, la convención nacional de expertos y cuatro jornadas de discusión en las sedes Bogotá y Manizales. La primera de ellas contó con conectividad de todas las sedes de la Universidad Nacional de Colombia y con tres salas paralelas por sistema de videoconferencia y webconferencia en las cuales se adelantaron diferentes programaciones por Agenda, y cada presentación fue originada desde la sede de vinculación del profesor experto encargado de la

explicación de los avances obtenidos a la fecha. Para el caso particular de la Agenda Energía, la presentación se originó desde la sede Medellín el 16 de febrero de 2012, contó con la presencia de profesores de las diferentes sedes de la Universidad, incluyendo los expertos de la Agenda, y estuvo a cargo del profesor Sergio Lopera. En esta jornada se presentó de manera general el estado de la Agenda Energía y el avance de las relaciones con la empresa privada y diferentes sectores estratégicos.

En las jornadas de discusión de las sedes Bogotá y Manizales, los expertos analizaron y validaron los documentos construidos de la Agenda; se destaca la importancia de involucrar a las demás Agendas en proyectos estratégicos que beneficien al país. Igualmente, se plantearon ideas sobre la necesidad de formular proyectos que tengan impacto en la consecución de recursos de regalías y otros que permitan un mayor desarrollo de la ciencia y la tecnología en el tema de energía para el país a través de la UN.

### 3.3 Proyectos propuestos por los profesores encuestados

A continuación, se presentan a nivel general los proyectos propuestos por los directores e investigadores encuestados.

Tabla 9. Propuestas de proyectos y temas de investigación para la Agenda Energía por parte de los directores encuestados.

Proyectos	
Directores	Diseño y caracterización de celdas de combustible basadas en microorganismos (celdas de combustible microbianas)
	Almacenamiento de energía
	Alternativas energéticas para sistemas masivos de transporte
	Análisis de complementariedad entre recursos energéticos
	Aprovechamiento de residuos industriales para la producción de combustibles
	Calidad de energía
	Desarrollo de procesos de producción de biocombustibles con bajos consumos energéticos utilizando tecnología de membranas
	Desarrollo de procesos para la producción de hidrógeno usando reactores de membrana
	Despacho óptimo
	Disminución del coeficiente de fricción entre la rueda y el riel del metro de Medellín utilizando lubricantes
	Eficiencia energética en diferentes sectores (minero, textilero, etc.)
	Eficiencia energética en el sector residencial, calidad de energía y seguridad en su uso

Continuación tabla 9. Propuestas de proyectos y temas de investigación para la Agenda Energía por parte de los directores encuestados.

Proyectos	
Directores	Identificación de parámetros
	Inteligencia computacional
	Investigación en estructura y aprovechamiento de crudos pesados
	Masificación de energía eléctrica en zonas rurales
	Modelamiento de matriz energética en Suramérica
	Modelamiento y planeamiento de las reservas de recursos energéticos en Colombia
	Optimización termodinámica de la eficiencia energética de procesos irreversibles y transductores de energía de todo tipo
	Plan de valoración del carbón nacional
	Polígeración: obtención de químicos a partir de la biomasa y el carbón
	Producción de hidrógeno y sus usos
	Programa nacional de valoración del gas natural
	Recuperación mejorada de petróleo mediante inyección química. Desarrollo de tratamientos químicos
	Seguridad energética, estabilidad de mercado, penetración de energías renovables
	Sistemas de control
	Uso de fuentes energéticas y su impacto medioambiental.

Fuente: Encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

En la tabla 10 los investigadores encuestados propusieron proyectos que pueden ser ejecutados dentro de la Agenda Energía.

Tabla 10. Propuestas de proyectos y temas de investigación para la Agenda Energía por parte de los investigadores encuestados

Proyectos	
Investigadores	Aplicación de nuevas técnicas o ciencias para la potencialización de fuentes sostenibles de energía
	Aprovechamiento del carbón como fuente de energía
	Biocombustibles de tercera generación, producción de hidrógeno por reformado de gas natural o etanol
	Calidad de energía
	Caracterización de macizos rocosos para el almacenamiento de gas natural
	Celdas solares
	Combustibles desde biomasa

Continuación tabla 10. Propuestas de proyectos y temas de investigación para la Agenda Energía por parte de los investigadores encuestados

Proyectos	
Investigadores	Desarrollo de materiales potencializadores de procesos energéticos
	Desarrollo y caracterización de nuevos materiales para monitoreo y mejor aprovechamiento de recursos naturales
	Diseño de motores eficientes
	Diseño de procesos de conversión de materias primas energéticas
	Estimación de reservas probadas para la gasificación de carbones en las cuencas antioqueñas
	Estudio de almacenamiento de hidrógeno mediante hidruros metálicos
	Estudio, desarrollo e implementación de redes inteligentes que integren generación distribuida basada en recursos convencionales y alternos, implementación de principios de gestión de demanda a nivel comercial y residencial, diversas aplicaciones relacionadas con movilidad eléctrica
	Evaluación de eficiencia energética en procesos industriales
	Evaluación de impacto de nuevas fuentes de energía
	Factibilidad de la operación de un sistema eléctrico de potencia en modo aislado usando pequeñas centrales hidroeléctricas
	Generación de energía del campo eléctrico atmosférico
	Gestión de energía en autos eléctricos
	Gestión de la energía: fuentes y consumidores organizados en <i>Smart Grids</i>
	Hidroelectricidad
	Iniciar el modelamiento espacial en el sector de los biocombustibles para determinar su sostenibilidad económica, sociocultural y ambiental
	Investigación en energía geotérmica
	Investigación sobre materiales con alta eficiencia en la respuesta a la radiación solar
	Localización de lugares óptimos para el emplazamiento de generadores de energía eólica y solar en Colombia
	Localización y caracterización de áreas prospectivas para minerales radiactivos
	Localización y caracterización de fuentes geotérmicas
Modelar la inclusión de nuevas fuentes de energía en la matriz energética nacional	
Optimización energética de procesos industriales	

Fuente: Encuesta prospectiva de la Agenda Energía.

Además de una estructura organizativa, la Agenda Energía requiere una estrategia que le permita tener acceso a los recursos con los cuales puede potenciar su desarrollo. Para ello se consideran como opción atractiva los proyectos de regalías para la ciencia, tecnología e innovación (Colciencias, 2012), los cuales son tomados en cuenta desde las áreas de interés de la Agenda Energía, tal como lo muestra la tabla 11.

Tabla 11. Proyectos de regalías para la ciencia, tecnología e innovación, 2012

Región	Nombre del proyecto	Monto para 2012	Área de interés principal
<b>Proyectos de impacto directo</b>			
Caribe	Polo científico, de agroindustria y agrobioenergético del Caribe colombiano	\$ 52.085.000.000	Todas las áreas de la Agenda
	Centro de investigación innovación e inversión del carbón, Incarbo	\$ 29.065.000.000	Fuentes de energía
	Programa de potenciación científico-tecnológica para sectores agroindustrial y agroenergético priorizados y promisorios del Caribe – cadenas hortofrutícolas	\$ 1.000.000.000	Fuentes de energía
Centro Oriente	Investigación, desarrollo e innovación del clúster minero energético para la región	\$ 9.581.000.000	Todas las áreas de la Agenda
Amazonia Orinoquia	Programa de infraestructura y equipamiento de CTI. Proyecto centro de desarrollo tecnológico Jirijimo, proyecto centro CTI - inversión en sede Amazonia Universidad Nacional, Proyecto centro desarrollo tecnológico agroindustrial, Proyecto centro desarrollo petroquímico	\$ 28.310.180.000	Fuentes de energía
	Programa de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en energías alternativas de la Amazonoquia	\$ 10.300.000.000	Fuentes de energía Sostenibilidad y mercados energéticos
Eje Cafetero	Energía para la competitividad	\$ 11.000.000.000	Sostenibilidad y mercados energéticos
Antioquia	Biorrefinerías sostenibles para el aumento de la eficiencia de cadenas agroindustriales colombianas	\$ 1.486.000.000	Demanda de energía
<b>Subtotal proyectos de impacto directo</b>		<b>COP\$ 142.827.180.000</b>	
<b>Proyectos de relación potencial</b>			
Caribe	Red Caribe de centros de trabajo e Instituto de CT+I en recursos hídricos	\$ 12.900.000.000	Sostenibilidad y mercados energéticos
	Desarrollo de servicios científico-tecnológicos de soporte al sector industrial de la región Caribe	\$ 13.650.000.000	Demanda de energía, sostenibilidad y mercados energéticos

Continuación tabla 11. Proyectos de regalías para la ciencia, tecnología e innovación, 2012

Región	Nombre del proyecto	Monto para 2012	Área de interés principal
<b>Proyectos de relación potencial</b>			
Pacífico	Investigación aplicada que potencie el desarrollo de las cadenas productivas de interés estratégico	\$ 51.500.000.000	Sostenibilidad y mercados energéticos
Sur Macizo	Gestión integral del recurso hídrico y biodiversidad	\$ 10.000.000.000	
Centro Oriente	Investigación e innovación en conservación, uso y aseguramiento de la disponibilidad de agua	\$ 4.000.000.000	
Amazonia Orinoquia	Programa de investigación, desarrollo tecnológico e Innovación en cambio climático para la Amazorinoquia	\$ 800.000.000	
Eje Cafetero	La actividad minera en el Eje Cafetero colombiano: evaluación de impactos ambientales y estrategias para un desarrollo sustentable	\$ 4.701.000.000	Fuentes de energía
	Antioquia	Bioteología para la competitividad	
	Proyecto innovación y tecnología para la productividad y competitividad del Eje Cafetero - centro de productividad e innovación	\$ 600.000.000	Demanda de energía
<b>Subtotal proyectos de relación potencial</b>		<b>COP\$ 91.751.000.000</b>	

Fuente: Elaboración propia basada en Colciencias (2012).

El potencial de iniciativas de interés desde la perspectiva energética a través de recursos destinados de regalías para el fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación tiene un presupuesto para el desarrollo cercano a \$ 234.578.180.000, cifra que se muestra atractiva para la formulación y ejecución de proyectos.

Se genera entonces la necesidad de definir perfiles de proyectos que permitan captar no sólo recursos del medio sino también coordinar las capacidades de la Universidad Nacional de Colombia y acrecentar las fortalezas en relación con los recursos estructurales, el conocimiento y la experticia.

Los proyectos que se pueden formular para el mediano y largo plazo en el proceso de consolidación de la Agenda Energía<sup>9</sup>, clasificados en las áreas que la componen, se describen a continuación.

9 La información suministrada sobre perfiles de proyectos proviene del encuentro de los expertos, especialmente de la Reunión Plenaria de Expertos realizada en Bogotá el día 14 de febrero de 2012, donde hubo asistencia de todos los profesores integrantes de la Agenda Energía y se formularon los perfiles de proyecto tomando como base las capacidades, tendencias y fortalezas de la Universidad en los temas que son finalmente definidos.

### 3.3.1 Sostenibilidad y mercados energéticos

- Alternativas energéticas para las zonas de no interconexión, ZNI – gasificación, transporte, generación, entre otras.
- Desarrollo local sostenible – indicadores de sostenibilidad, potenciales locales, impactos sociales, soluciones energéticas regionales.
- Formación de dinámica y conciencia sobre las energías.
- Consumo de energía – uso racional de la energía.
- Desarrollo de software para distribución de energía eléctrica confiable.
- Mapeo de la calidad en la energía, formas de utilización.
- Establecimiento y monitoreo de los riesgos en los sistemas de energía eléctrica.
- Reposición de activos en el sistema eléctrico.
- Estudios de calidad del aire para la medición de la afectación de los combustibles.
- Estudios para la política energética del país desde perspectivas legislativa, regulatoria, técnica, entre otras.
- Eficiencia y productividad energética.
- Plan de desarrollo del sector energético.
- Integración eléctrica – comercio internacional de la energía.
- Determinantes sociales del desarrollo energético.
- Economías bajas en carbón.

### 3.3.2 Fuentes de energía

- Gasificación de biomasa y carbón
- Recobro mejorado – recuperación de crudo
- Geomecánica aplicada
- Daños de formación

- Fuentes no convencionales a partir de lutitas y bitúmenes
- Desarrollos costa afuera
- Producción química de biocombustibles
- Biorrefinerías – aprobación de productos
- Utilización de recursos para la sustitución de productos contaminantes energéticos
- Producción de biocombustibles – alcohol carburante y biodiesel
- Biomasa para la diversificación de la canasta energética

### 3.3.3 Demanda de energía

- Automóviles híbridos
- Iluminación con tecnologías tipo LED
- Sistemas inteligentes – automatizados
- Nuevas tecnologías – membranas, separaciones por catálisis, celdas y membranas combustibles
- Transporte limpio
- Provisión de los servicios de electricidad en las zonas de no interconexión, ZNI

En la elaboración de la Agenda Energía se ha hecho necesario integrar los avances en materia de capacidades de investigación y extensión, las políticas y los planes de desarrollo, las tendencias que existen y emergen sobre el tema y la gran cantidad de relaciones temáticas que pueden existir, todo esto con el propósito fundamental de generar herramientas que posibiliten la identificación de estados futuros en los cuales crear estrategias para incidir en el desarrollo desde el área energética, que impacten el desarrollo económico y social del país.

Es preciso entonces afirmar que la prospectiva temática se diferencia de este ejercicio de prospectiva estratégica, ya que el primero es sustento de las macrotendencias y el segundo es el esfuerzo de alineación de los diferentes momentos en la elaboración de la Agenda como insumo para el sistema de inteligencia institucional de la Universidad Nacional de Colombia.

En cuanto a la metodología, la prospectiva para la Agenda Energía se apoya en cuatro condiciones básicas que se han establecido desde la coordinación del proyecto como actividades funcionales y constantes inherentes para el éxito del Proyecto Agendas de Conocimiento y el sistema de inteligencia institucional; tales momentos son:

- Planeación
- Prospectiva
- Integración
- Estrategia

En el proceso de direccionamiento de la Agenda Energía se ha tomado la decisión de organizar el proceso prospectivo para incidir de mejor manera en los procesos de desarrollo energético, en una estructura conceptual basada en el triángulo sabatiano, el cual establece que para potenciar un sistema de ciencia, tecnología e innovación pertinente y vinculado al desarrollo social y económico, es necesario vincular tres actores estratégicos (dentro del marco social) que permitan la consolidación del sistema a partir de sus interrelaciones, tal como lo indica la figura 29.

Figura 29. Actores involucrados en el desarrollo de la Agenda Energía



Fuente: Elaboración propia basada en información de VRI-UN (2011).

Con base en la presente estructura, a continuación se desarrolla el apartado que aborda los principales factores críticos (recursos financieros y socios estratégicos)

sobre los cuales se concentra el avance de la Agenda en cada uno de sus ejes temáticos, con una ventana de observación de cinco años. Cabe señalar, además, que los actores estratégicos para cada área emergen de la fase de establecimiento de las capacidades de la UN para cada área.

### 3.4 Recursos financieros necesarios y principales socios de relación colaborativa

Los encuentros realizados en el marco del Proyecto Agendas de Conocimiento<sup>10</sup> han posibilitado el establecimiento de algunos lineamientos que se han consolidado hasta la formulación de áreas de interés/capacidad, necesidades de inversión y socios estratégicos con los que se puedan establecer macroproyectos en los que la UN, a través de la Agenda Energía, genere relaciones que lleven a la concreción de iniciativas que resulten fundamentales para el desarrollo científico y tecnológico del país.

Para cada una de las áreas de la Agenda Energía la meta es desarrollar en cinco años al menos un macroproyecto que emerja de alguno de los temas que estructuran cada una de las áreas. Para el cumplimiento de lo anterior se hace necesario el establecimiento de factores críticos que permitan consolidar la oferta de la UN, entre ellos los presupuestos que sustentan la capacidad de la Universidad y los principales socios estratégicos que se involucran para el desarrollo de los macroproyectos.

#### 3.4.1 Área de sostenibilidad y mercados energéticos

La posibilidad para la formulación de macroproyectos en los que la UN puede hacer presencia se da en relación con:

- Estudios de mercado y técnicos para proyectos de crecimiento y diversificación de la canasta energética y exportaciones de electricidad a países de Centroamérica.

Los factores críticos que permitirán afinar las capacidades de la UN son:

- 45 doctores en el área

10 Específicamente, el encuentro realizado el 29 de abril de 2011 en la UN, sede Bogotá, con la participación de los expertos Luis Octavio González Salcedo, José de Jesús Díaz Velázquez, Eduardo Cano Plata, Horacio Torres Sánchez, Camilo Younes Velosa, Paulo César Narváez Rincón, Sergio Hernando Lopera Castro, Isaac Dyner Rezonzew, además de la asistencia del señor vicerrector de Investigación, doctor Rafael Alberto Molina Gallego, la coordinadora del Proyecto Agendas de Conocimiento, doctora Jenny Marcela Sánchez Torres, el facilitador de la Agenda Energía, doctor Johnny A. Tamayo Arias, y el vigía Kenny Mauricio Gómez.

- 90 magísteres
- Pasantías
- Levantamiento de información
- Presentación de ponencias

El presupuesto considerado es:

- US\$13,5 millones en formación
- US\$4 millones en información, pasantías y ponencias

Subtotal: US\$17,5 millones

Los socios estratégicos para el desarrollo de los macroproyectos y fuentes importantes de recursos son:

- Ministerio de Minas y Energías
- Empresas de Energía Eléctrica (ISA, EPM, entre otras)
- Instituciones como Cidet y XM

### 3.4.2 Área demanda de energía

La posibilidad para la formulación de macroproyectos en los que la UN puede hacer presencia se da en relación con:

- Estudios y diseños para las soluciones en el sector transporte, con la introducción de vehículos propulsados por electricidad, manufacturados en Colombia.

Los factores críticos que permitirán afinar las capacidades de la UN son:

- 60 doctores en el área
- 120 magísteres
- Movilidad

El presupuesto considerado es:

- US\$10,5 millones en formación

- US\$15 millones en infraestructura
- US\$5 millones en movilidad

Subtotal: US\$30,5 millones

Los socios estratégicos para el desarrollo de los macroproyectos y fuentes importantes de recursos son:

- Ministerio de Minas y Energía
- Ministerio del Medio Ambiente
- Ministerio de Transporte
- Empresas de Energía Eléctrica (ISA, EPM, entre otras)
- Empresas ensambladoras de vehículos (Sofasa, GM, entre otras)
- Instituciones como Cidet

### 3.4.3 Área fuentes de energía

La posibilidad para la formulación de macroproyectos en los que la UN puede hacer presencia se da en relación con iniciativas tales como:

- Investigaciones relativas a la explotación de crudos pesados
- Desarrollo y masificación de fuentes no convencionales a partir de crudo, carbón y gas
- Diversificación e incremento en la canasta energética de las energías renovables a través de potenciales regionales (geotermal, PCH, eólica, solar)

Los factores críticos que permitirán afinar las capacidades de la UN son:

- 100 doctores en el área
- 200 magísteres

El presupuesto considerado es:

- US\$17 millones en formación

- US\$25 millones en infraestructura
- US\$5 millones en gastos asociados

Subtotal: US\$47 millones

Los socios estratégicos para el desarrollo de los macroproyectos y fuentes importantes de recursos son:

- Ministerio de Minas y Energía
- Ministerio del Medio Ambiente
- Empresas Ecopetrol, Cerrejón, EPM, ISA, entre otras

Cabe destacar que la información suministrada en este informe está validada por los expertos integrantes de la Agenda, quienes tuvieron en cuenta las tendencias del sector y las capacidades para coordinar este proceso. Se hace necesario considerar, además de los presupuestos requeridos y los actores por vincular, la estructura del entorno que permite dar legitimidad y consistencia al proceso; por eso a continuación se desarrolla la estructura organizativa del entorno, de tal forma que se favorezca la consolidación de la Agenda.

### 3.5 Estructura organizativa del entorno en la Agenda Energía

La estructura organizativa de la Agenda Energía se articula con el trabajo de escenarios y la dinámica de relacionamiento con los actores estratégicos que se describen a continuación.

#### 3.5.1 El papel del Estado

La vinculación del Estado debe ir más allá de la asignación de recursos que son fundamentales para el desarrollo de un país; su integración debe basarse en la responsabilidad y la confianza entre todos los actores para el desarrollo, lo cual hace necesario:

- Proponer en la Ley de educación la inclusión del elemento de innovación e investigación con miras al fortalecimiento de la institucionalidad en la Universidad. Concentración en la investigación aplicada orientada a la competitividad. Centros, institutos, fundaciones de carácter privado que

entregan a la Universidad el 27% como “impuesto por el conocimiento”. Estas instituciones en la ley deben quedar exentas del IVA.

- Captar recursos de la Ley de regalías: para ello es necesario hacer *lobby* en el Senado para convocar sectores, teniendo en cuenta que el sector energético y la ciencia y la tecnología son dos locomotoras para el desempeño competitivo y el desarrollo del país. La meta es la captación del 20% del monto total de las regalías para el sector minero energético, con lo cual se podría colaborar en la formulación y ejecución de algunos megaproyectos con Colciencias.

### 3.5.2 El compromiso del sector productivo

Desarrollar proyectos conjuntos que integren las necesidades y capacidades del sector productivo y los demás actores con el propósito de hacerlos competitivos, para lo cual es importante:

- Establecer canales de comunicación que permitan mostrar y generar confianza sobre los avances, capacidades y necesidades de los actores, con el fin de integrar sus esfuerzos. Ello, a través del involucramiento de modelos para el desempeño competitivo desde una perspectiva sistémica e integradora.
- Facilitar la accesibilidad en los requerimientos y procesos que otorguen oportunidad a los diferentes actores en términos de tiempo y facilidad, de tal forma que los actores se concentren en la generación de valor y el éxito de los proyectos.

### 3.5.3 El aporte de la estructura científico-tecnológica

La Universidad Nacional de Colombia, como uno de los principales referentes de la ciencia y la tecnología en el país, debe ejecutar acciones concretas relacionadas con estrategias como:

- Generar una estructura institucional de carácter nacional que permita hacer frente a los retos de investigación, desarrollo e innovación que el país requiere. (Institutos en Caldas que tendrían un capital inicial para desarrollar proyectos y productos y que sean sostenibles).
- Proponer la creación de una fundación externa en cada una de las sedes de la UN.

- Proponer la creación de un instituto en las sedes de la Universidad Nacional de Colombia.
- Proponer dos estructuras de carácter nacional: un observatorio de tecnologías y políticas energéticas y una unidad de gestión que fortalezca la estrategia de investigación.

Queda abierta la participación en la UN en lo relativo al área de conocimiento que constituye la energía, de tal manera que el producto que representa el libro de la Agenda no corresponde a un material terminado sino, por el contrario, una iniciativa que tiene el propósito de vincular saberes y experiencias de tal forma que se constituyan en la masa crítica con la cual se pueden pensar y construir programas y proyectos de largo aliento para el desarrollo del país a partir del cumplimiento misional de la Universidad Nacional de Colombia.



# BIBLIOGRAFÍA

Alves, L. (2011). *Integración eléctrica y apoyo al sector energético en Colombia*. Ministerio de Minas y Energía. Disponible en <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/ENERGÍA/IntegracionElectricayApoalSectorEnergeticoenColombia-LenadrAlves.pdf>

AP&C - Téllez, E. (2010). *Calidad de la energía*. Disponible en <http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizando%20la%20Operacion%20y%20el%20Mantenimiento/Calidad%20de%20la%20Energia.pdf>

Banco Mundial. (2000). *Estudio de Estrategia Nacional para la implementación del MDL en Colombia*. Disponible en <http://www.nodorinoquia.com/DOCSPDF/Estrategia%20de%20MDL.pdf>

Bonilla, E. y Lizarazo, P. (2010). *Plan Global de Desarrollo 2010-2012* (pp. 1-32). Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

Bonilla, E., Lizarazo, P. (2012). Agendas de Conocimiento: un diálogo permanente con la sociedad. En: VRI, Molina, R., Sánchez-Torres, J. M., Sánchez-Vargas, A. (Eds.). *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Brijalbo, M. y Campos, D. (2001). *Investigación en la Universidad Nacional 1990-1999*. Una década de aciertos, inciertos y desconciertos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

British Petroleum, BP. (2010). *Statistical Review of World Energy*. Disponible en [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2008/STAGING/local\\_assets/2010\\_downloads/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2010.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2010_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2010.pdf)

British Petroleum, BP. (June 2011). *Statistical Review of World Energy*. Disponible en [http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2011.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf)

Bueno, E. (2002). Indicadores de Capital Intelectual aplicados a la Actividad Investigadora y de Gestión del Conocimiento de las Universidades y Centros Públicos de investigación de la Comunidad de Madrid. En: Modrego, A. (coord.). *Capital intelectual y producción científica* (pp.19-70). Madrid: Dirección General de Investigación. Comunidad de Madrid Disponible en: <http://www.madrid.org/edupubli>

Cepal - Horta, L. (2010). *Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe*. Disponible en <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/6/39876/lcw322e.pdf>

Chejne, F. (2011). *Las energías alternativas: una gran oportunidad para el desarrollo económico y científico de Colombia* (pp. 1-4). Documento aporte Agendas de Conocimiento - Energía.

CIC. (2003). *Modelo de medición y gestión del capital intelectual: Modelo Intellectus*. Instituto de Administración de Empresas. Universidad Autónoma de Madrid (en prensa).

Club of Rome. (2009). *Energy Demand + Climate Change, Renewables and the impact of the financial crisis*. Disponible en [http://www.clubofrome.org/eng/meetings/vienna\\_2009/presentations/Dorothea.Sulzbacher.Vienna.Apr09.pdf](http://www.clubofrome.org/eng/meetings/vienna_2009/presentations/Dorothea.Sulzbacher.Vienna.Apr09.pdf)

Colciencias. (2009). *Informe de Gestión 2008, edición 2009*. Disponible en [http://www.colciencias.gov.co/sobre\\_colciencias?vdt=info\\_portal%7Cpage\\_8](http://www.colciencias.gov.co/sobre_colciencias?vdt=info_portal%7Cpage_8)

Colciencias. (2011). *Programa Nacional de Ciencia y Tecnología*. Disponible en <http://201.234.78.173:8083/ciencia-war/busquedaGrupoXProgramaNacional.do;jsessionid=73560CCC570D778197C213E9A45DC309>

Colciencias. (2012). *Regalías para la Ciencia, Tecnología e Innovación*. Camino a la prosperidad regional. Disponible en <http://www.colciencias.gov.co/noticias/regal-para-la-ciencia-tecnolog-e-innovaci-n-camino-la-prosperidad-regional>

Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG - Rodríguez, A. (2009). *La generación distribuida y su posible integración al sistema interconectado nacional*. Disponible en [http://www.creg.gov.co/html/cache/gallery/GC-1/G-6/generacion\\_distr\\_24nov2009.pdf](http://www.creg.gov.co/html/cache/gallery/GC-1/G-6/generacion_distr_24nov2009.pdf)

Corredor, G. (2008). *Política energética en Colombia: Encuentro Latinoamericano de Economía de la Energía*. OCE-UNAL. Disponible en <http://www.hperiodicohistoriauis.files.wordpress.com/.../politica-energetica-en-colombia.ppt>

Demirbas, A. (2010). *Competitive liquid biofuels from biomass*. Disponible en [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=Mimg&\\_imagekey=B6V1T-50T94GS-1-6&\\_cdi=5683&\\_user=10&\\_pii=S0306261910002850&\\_origin=gateway&\\_coverDate=01%2F31%2F2011&\\_sk=999119998&view=c&wchp=dGLzVlz-zSkz&md5=43a3a945272c48802e1628db28b814bc&ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=Mimg&_imagekey=B6V1T-50T94GS-1-6&_cdi=5683&_user=10&_pii=S0306261910002850&_origin=gateway&_coverDate=01%2F31%2F2011&_sk=999119998&view=c&wchp=dGLzVlz-zSkz&md5=43a3a945272c48802e1628db28b814bc&ie=/sdarticle.pdf)

Departamento Nacional de Planeación, DNP. (2005). *Visión Colombia Segundo Centenario: 2019* (p. 187). Propuesta para Discusión. Bogotá: Planeta.

Departamento Nacional de Planeación, DNP. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010*. Estado Comunitario: Desarrollo para Todos.

Departamento Nacional de Planeación, DNP. (2008). *Foro presentación CONPES 3510. 2008: Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles*. Disponible en [http://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/GCRP/Presentaciones\\_Renteria/CR\\_foro\\_biocombustibles\\_Republica\(May\\_12\\_2008\).pdf](http://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/GCRP/Presentaciones_Renteria/CR_foro_biocombustibles_Republica(May_12_2008).pdf)

Departamento Nacional de Planeación, DNP. (2009). *Las propuestas regionales y sectoriales de Agenda Interna: Energía*. Disponible en <https://www.mincomercio.gov.co/ptp/descargar.php?id=40545>

Duque, C., Brijaldo, M. y Molina, R. (2001). *Programas Estratégicos: un reto para la Universidad Nacional en el siglo XXI*. Universidad Nacional de Colombia - Dirección Nacional de Investigación.

Duque, C., Marmolejo, E. y Rueda de Torres, M. (2004). *Análisis de prospectiva de la generación distribuida (GD) en el sector eléctrico colombiano*. Disponible en <http://revistaing.uniandes.edu.co/pdf/Rev19-9.pdf?ri=e478dbf7c03c6524bafa6f5264d69816>

Edvinsson, L. y Malone, M. S. (1997). *El capital intelectual. Cómo identificar y calcular el valor de los recursos intangibles de su empresa*. Madrid: Ediciones Gestión 2000 S.A.

Emgesa-Endesa. (2010). *Gestión energética integral: confiabilidad, seguridad y eficiencia energética en su proceso productivo*. Disponible en <http://www.emgesa.com.co/econtent/Library/Imagenes/Gestion%20energetica%202.pdf>

Energy Ethics. (2010). *Booklet 2010*. Disponible en <http://www.energy-ethics.org/images/pdf/booklet2010.pdf>

Energy Information Administration. (2010). *Annual Energy Outlook 2010*. Disponible en [http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/0383\(2010\).pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/pdf/0383(2010).pdf)

Energy Information Administration. (2011). *Annual Energy Outlook 2011*. Disponible en [http://205.254.135.7/forecasts/leo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://205.254.135.7/forecasts/leo/pdf/0484(2011).pdf)

Franco, C., Flórez, A. y Ochoa, M. (2008). *Análisis de la cadena de suministro de biocombustibles en Colombia*. Disponible en [http://dinamicasistemas.utalca.cl/6\\_Publicaciones/Revista/Vol4Num2/Franco\\_Florez\\_Ochoa\\_2008\\_2.pdf](http://dinamicasistemas.utalca.cl/6_Publicaciones/Revista/Vol4Num2/Franco_Florez_Ochoa_2008_2.pdf)

Frost & Sullivan. (2010). *World Power Quality Test and Measurement (T&M) Equipment Market (doc preview)*. Research Service. Disponible en [http://corporate.lexisnexis.com/news/marketing/tracking-measurement-tools/cat300004\\_doc1308559109.html](http://corporate.lexisnexis.com/news/marketing/tracking-measurement-tools/cat300004_doc1308559109.html)

Furtado, A. - Cepal. (2009). *Biocombustibles y comercio Internacional: una perspectiva latinoamericana*. Disponible en <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/1/36181/cw247e.pdf>

Gähler, C. (2009). *Combined Heat & Power Production: Micro-CHP with StirlingEngine Activities at Siemens Building Technologies*. Disponible en [http://www.artist-embedded.org/docs/Events/2009/SEEC/SLIDES/Gahler\\_Siemens.pdf](http://www.artist-embedded.org/docs/Events/2009/SEEC/SLIDES/Gahler_Siemens.pdf)

ICM Projects. (2009). *Plan Estratégico de Mercadeo CHEC S.A E.S.P.* Documento restringido.

Infante, A. (2008). *La política y la estrategia en Colombia para el desarrollo sostenible de los biocombustibles*. Disponible en: [www.cne.gov.do/Download.asp?key=142](http://www.cne.gov.do/Download.asp?key=142)

Institution of Engineering and Technology, IET. (2008). *Combined Heat and Power (CHP): A factfile provided by The Institution of Engineering and Technology*. Disponible en [www.theiet.org/factfiles/energy/chp.cfm?type=pdf](http://www.theiet.org/factfiles/energy/chp.cfm?type=pdf)

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas, IPSE, Ministerio de Minas y Energía. (2007). *Resolución por la cual se adopta el nuevo código de ética para el IPSE*. Disponible en [http://www.ipse.gov.co/index.php?option=com\\_docman&task=doc](http://www.ipse.gov.co/index.php?option=com_docman&task=doc)

Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas, IPSE. (2010). *Centro de Gestión Energética*. Disponible en [http://www.ipse.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=118%3Acentro-de-gestion-energetica&catid=214%3Acentro-de-gestion-de-energia&Itemid=558&lang=es](http://www.ipse.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=118%3Acentro-de-gestion-energetica&catid=214%3Acentro-de-gestion-de-energia&Itemid=558&lang=es)

International Energy Agency, IEA. (2010). *2010 Key World Energy Statistics*. Disponible en [http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key\\_stats\\_2010.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/key_stats_2010.pdf)

Jaramillo, H. y Forero, C. (2001). *La interacción entre el capital humano, el capital intelectual y el capital social: una aproximación a la medición de recursos humanos en ciencia y tecnología*. V Taller de Indicadores Iberoamericanos de Ciencia y Tecnología, Montevideo, Uruguay.

Lopera, S. (2010). *Línea de investigación en sostenibilidad, gestión y mercado de recursos energéticos* (pp.1-18). Instituto de Energía, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Meritum, Proyecto (Enero 2002) *Directrices para la gestión y difusión de información sobre intangibles (Informe de capital intelectual)*. Madrid: Ed. Fundación Airtel Movil.

Ministerio de Minas y Energía. (2006). *Plan Energético Nacional 2006-2025*. Disponible en [http://www.upme.gov.co/docs/pen/borrador\\_estrategias\\_pen\\_consulta.pdf](http://www.upme.gov.co/docs/pen/borrador_estrategias_pen_consulta.pdf)

Ministerio de Minas y Energía. UPME. Colciencias. (2008). *Sistemas para la gestión integral de la energía: guía para la implementación*. Disponible en [http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/.../2\\_UPME\\_Energia.pdf](http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/Portals/0/.../2_UPME_Energia.pdf)

Ministerio de Minas y Energía. (2009). *Plan de Expansión de Referencia 2009-2023*. Disponible en [http://www.upme.gov.co/Docs/Plan\\_Expansion/2009/Plan\\_Expansion\\_2009-2023.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2009/Plan_Expansion_2009-2023.pdf)

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Resolución 180919 de 2010*. Disponible en [http://www.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario\\_externo\\_normatividad/form\\_consultar\\_normas.jsp?parametro=2245&site=18](http://www.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/form_consultar_normas.jsp?parametro=2245&site=18)

Ministerio de Minas y Energía. (2011). *Formulación y presentación de proyectos fondos FAER, FAZNI, SGR, FECF y Programa PRONE*. Disponible en [http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/AMBIENTAL/NoticiasAmbiental/CARTILLA%20ENERGETICA\(1\).pdf](http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/UserFiles/File/AMBIENTAL/NoticiasAmbiental/CARTILLA%20ENERGETICA(1).pdf)

Plan Global de Desarrollo UN, 1999-2003. (1999). *UN Compromiso académico y social con la nación colombiana* (pp. 1-60).

Plan Global de Desarrollo UN, 2007-2009. (2006). *Por una Universidad moderna, abierta y participativa* (pp. 1-87).

Plan Global de Desarrollo UN, 2010-2012. (2009). *Por una Universidad de excelencia, investigadora, innovadora y a la vanguardia del país* (pp. 1-100).

Proexport. (2007). *Presentación Colombia: una oportunidad de oro en biocombustibles*. Disponible en <http://www.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo10084DocumentNo7913.PDF>

Proexport. (2009). *Invierta en Colombia. Sector biocombustibles*. Disponible en <http://www.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo5709DocumentNo7932.PDF>

Poveda, A., Abad, P., Franky, J., Hurtado, R., Castaño, G., Echavarría, J. y Castiblanco, J. (2012). Escenarios y redes para las Agendas de Conocimiento. En: VRI, Molina, R., Sánchez-Torres, J. M., Sánchez-Vargas, A. (Eds.). *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Raventós, M. J. (Nov., 2006). *Del análisis de las Macrotendencias al rol de los responsables de recursos humanos y formación*. Formación y Desarrollo (p. 20). Disponible en: <http://pdfs.wke.es/2/8/4/5/pd0000012845.pdf>

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21. (2010). *Renewables. 2010. Global status Report*. Disponible en [http://documents.rec.org/topic-areas/REN21\\_GSR\\_2010.pdf](http://documents.rec.org/topic-areas/REN21_GSR_2010.pdf)

Rodríguez, J. M. (1999). *Informe PUI de Energía*. Seminario investigaciones en red. Lugar de los PUI dentro del contexto actual de la investigación – UN – PUI Bogotá.

Roos, G., & Roos, J. (1997). *Measuring your company's intellectual performance*. Long Range Planning, 30(3), 413-426.

Santamarta, J. (2007). *La eficiencia energética*. Disponible en <http://www.nodo50.org/worldwatch/www/pdf/eficiencia.pdf>

Sánchez-Torres, J. M., Sánchez-Vargas, A., Rodríguez, C., Robledo, J., Tamayo, J., Aguilar, J. y Molano, J. (2012). Metodología para la construcción de las Agendas de Conocimiento. En: VRI, Molina, R., Sánchez-Torres, J. M., Sánchez-Vargas, A. (Eds.). *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Schoff, L. (2010). *Daylighting*. Disponible en [http://www.michigan.gov/documents/F\\_Lansing\\_\\_Daylighting\\_94544\\_7.pdf](http://www.michigan.gov/documents/F_Lansing__Daylighting_94544_7.pdf)

Schröder. (2008). *LEDs – ¿El futuro de la iluminación?* Disponible en [http://www.schreder.com/documents/\\_Dossier/PDF/Spanish/200805071620002/LEDsTheFutureOfLightingES.pdf](http://www.schreder.com/documents/_Dossier/PDF/Spanish/200805071620002/LEDsTheFutureOfLightingES.pdf)

Sulzbacher, D. (2009). *Energy Demand + Climate Change, Renewables and the impact of the financial crisis*. Disponible en [http://www.clubofrome.org/eng/meetings/Vienna\\_2009/presentations/Dorothea.Sulzbacher.Vienna.Apr09.pdf](http://www.clubofrome.org/eng/meetings/Vienna_2009/presentations/Dorothea.Sulzbacher.Vienna.Apr09.pdf)

Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD. (2008). *Informe anual de servicios públicos en Colombia*. Disponible en [http://www.superservicios.gov.co/c/document\\_library/get\\_file?uuid=834f4690-3f1e-486d-b6f0-fb44dccb0279&groupId=10122](http://www.superservicios.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=834f4690-3f1e-486d-b6f0-fb44dccb0279&groupId=10122)

Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD. (2009). *Presentación: Nivel de Satisfacción del Usuario NSU*. Disponible en <http://www.superservicios.gov.co/web/guest/70>

Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD. (2009). *Diagnóstico ZNI*. Disponible en <http://www.superservicios.gov.co/web/guest/91>

Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. (2009). *Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión 2009-2023*. Disponible en [http://www.upme.gov.co/Docs/Plan\\_Expansion/2009/Plan%20de%20Expansion%202009-2023.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Plan_Expansion/2009/Plan%20de%20Expansion%202009-2023.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. (2009). *Cadena del petróleo 2009*. Disponible en [http://www.upme.gov.co/Docs/CADENA\\_PETROLEO\\_2009.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/CADENA_PETROLEO_2009.pdf)

Unidad de Planeación Minero Energética, UPME, y Consorcio Bariloche, BRP. (2007). *Consultoría para la formulación estratégica del plan de uso racional de energía y de fuentes no convencionales de energía 2007-2025*. Disponible en <http://www.simec.gov.co/Portals/0/Documental/bases%20programa%20URE.pdf>

- Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. (2009). *Boletín minero energético*. Disponible en [http://www.aciem.org/bancoconocimiento/B/BoletinUPMEJunio2009/BMME\\_06\\_2009.pdf](http://www.aciem.org/bancoconocimiento/B/BoletinUPMEJunio2009/BMME_06_2009.pdf)
- United Nations Environment Programme, UNEP. (2008). *Reforming Energy Subsidies*. Disponible en [http://www.unep.org/pdf/pressreleases/reforming\\_energy\\_subsidies.pdf](http://www.unep.org/pdf/pressreleases/reforming_energy_subsidies.pdf)
- United Nations Environment Programme, UNEP. (2008). *Vital Water Graphics*. Disponible en <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article1.html>
- United Nations Environment Programme, UNEP - Sustainable Energy Finance Initiative, SEFI. (2009). *Global Trends in Sustainable Energy Investment 2009*. Disponible en [http://www.unep.org/pdf/Global\\_trends\\_report\\_2009.pdf](http://www.unep.org/pdf/Global_trends_report_2009.pdf)
- United Nations Environment Programme, UNEP. (2009). *Evaluación de los biocombustibles*. Disponible en [http://www.unep.fr/scp/rpanel/pdf/Assessing\\_Biofuels\\_Summary\\_Spanish.pdf](http://www.unep.fr/scp/rpanel/pdf/Assessing_Biofuels_Summary_Spanish.pdf)
- Universidad Nacional de Colombia. (1998). *UN compromiso académico y social con la nación colombiana: Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 1999-2003*. Universidad Nacional de Colombia.
- Universidad Nacional de Colombia. (1999a). División de Investigación Sede Bogotá. Zalamea, F. Guía para la consolidación de un sistema de excelencia en investigación. En: *Colombia Espacio Abierto*. ISSN: 1315-0006 ed: Universidad Del Zulia v.n/a fasc.4, pp. 9-12
- Universidad Nacional de Colombia. (2007). *Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 2007-2009. "Por una Universidad moderna, abierta y participativa"*. Bogotá.
- Universidad Nacional, Universidad de los Andes, Colciencias, Isagen. (2008). *Regulación para incentivar las energías alternativas y la generación distribuida en Colombia*. Disponible en <http://www.cac.org.co/jornadas2008/comercial/memorias/dia2/GDFA-IsagenColciencias-CAC.pdf>
- Universidad Nacional de Colombia, Vicerrectoría de Investigación, VRI. (Enero, 2011). *Síntesis a partir de una visión sobre planes de desarrollo y políticas públicas regionales y nacionales*. Agendas de Conocimiento, Energía (pp. 1-29).
- Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación, VRI. Molina, R., Sánchez-Torres, J. M., Landínez, L., Rivera, S. y Gómez, A. (2009). *Capacidades de investigación de la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008. Una aproximación desde el capital intelectual*. Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación, VRI. (2009a). *Aproximación a una propuesta de ejes temáticos*. Documento Interno de Trabajo. Julio. Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación, VRI. (2009b). *Caracterización de grupos de investigación a partir de la encuesta de ejes temáticos*. Documento Interno de Trabajo. Agosto. Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación, VRI. (2011). *Avances en la construcción de las Agendas de Conocimiento*. Bogotá. Unidad de Publicaciones - Facultad de Ingeniería.
- UN-Water. (2010). *Water in a changing world 2010*. Disponible en <http://www.unwater.org/documents.html>
- Vicerrectoría de Investigación (Oct., 2010). *Plan Global de Desarrollo 2010-2012*. Universidad Nacional de Colombia.
- VRI. (2009). *Capacidades de Investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008. Una aproximación desde el capital intelectual*. Universidad Nacional de Colombia.
- VRI. (2010a). *Programa: Prospectiva UN Agendas de Conocimiento Etapa 1: Socialización del proyecto a la comunidad académica*. Disponible en [http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co/VRI/files/vri-agendas\\_de\\_conocimiento\\_socializacion\\_31052010.pdf](http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co/VRI/files/vri-agendas_de_conocimiento_socializacion_31052010.pdf)
- VRI. (2010b). *Programa: Prospectiva UN Agendas de Conocimiento UN*. Avances a 31 de diciembre de 2010. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co/VRI/files/Proyectos/Avances%20en%20ejecuci%C3%B3n%20Proyecto%20Agendas%202010.pdf>

VRI. (2010c). *Universidad Nacional de Colombia. Plan Global de Desarrollo 2010-2012*. Proyecto Agendas de Conocimiento UN. Avances en la ejecución. Disponible en <http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co/VRI/files/Proyectos/Avances%20en%20ejecuci%C3%B3n%20Proyecto%20Agendas%202010.pdf>

VRI. (2011a). *Programa: Prospectiva UN Agendas de Conocimiento UN*. Avances a septiembre de 2011. Disponible en [http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co/VRI/index.php?option=com\\_content&view=article&id=107&Itemid=141](http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co/VRI/index.php?option=com_content&view=article&id=107&Itemid=141)

VRI. (2011b). *Formas de organización para la investigación, creación artística, extensión e innovación* (Documento en discusión). Vicerrectoría de Investigación (VRI). Universidad Nacional de Colombia.

VRI. (2011c). *Redes de investigación, creación, extensión e innovación*. Segundo informe de avance. Grupo de expertos. Escenarios. Universidad Nacional de Colombia.

VRI. Molina, R., Sánchez, J. M., Sánchez, A., Robledo, J., Tamayo, J., Aguilar, J. *et al.* (2012). *Agendas de Conocimiento: metodología para su construcción colectiva. Hacia un sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación*. Universidad Nacional de Colombia.

Wasserman, M. (2010). Entre lo pertinente y lo impertinente. En: *El Tiempo*, domingo 19 de septiembre de 2010.

World Alliance for Decentralized Energy, WADE. (2007). *Security Via Decentralized Energy: Energy security, climate chance & decentralized energy*. Disponible en [http://wadecanada.ca/doc\\_index/Industry-Backgrounder.pdf](http://wadecanada.ca/doc_index/Industry-Backgrounder.pdf)

World Energy Council, WEC. (2007). *Deciding the Future: Energy Policy Scenarios to 2050*. Disponible en [http://www.worldenergy.org/documents/scenarios\\_study\\_online.pdf](http://www.worldenergy.org/documents/scenarios_study_online.pdf)

XM. (2009). *Planeación energética de mediana y largo plazo*. Disponible en [http://intranetxm/BibliotecaDigital/Informes/LP AS DICIEMBRE 2009\\_.ppt](http://intranetxm/BibliotecaDigital/Informes/LP AS DICIEMBRE 2009_.ppt)

# ANEXOS

## Anexo 1. Metodología para la construcción de las Agendas de Conocimiento

En la construcción colectiva y participativa de las Agendas de Conocimiento se ha respetado la heterogeneidad y diversidad de las temáticas y los expertos. No obstante, se establecieron algunos elementos mínimos que resultan comunes para todas las Agendas, los cuales se elaboraron por parte de cada equipo facilitador y grupo de expertos, de manera diferente según la naturaleza y las dinámicas propias de las mismas. Estos elementos, tales como identificación de capacidades, los árboles de conocimiento, entre otros, fueron construidos durante las etapas pre-prospectiva y prospectiva, las cuales se describen en el presente anexo.

Es oportuno señalar que los aspectos relacionados con la pos-prospectiva, en particular la conceptualización del “Sistema institucional de pensamiento y gestión permanente del conocimiento, la creación artística y la innovación” de la Universidad Nacional de Colombia, serán abordados en VRI. Molina, Sánchez-Torres, Sánchez-Vargas (2012), de carácter conceptual, que la VRI publicará como parte de los documentos de reflexión originados a partir del proceso de elaboración de las Agendas de Conocimiento.

Este anexo metodológico se presenta con la misma estructura del documento de la Agenda, por lo cual inicia con el procedimiento para la construcción de la situación de la investigación en varios contextos; en segundo lugar, se precisa el camino seguido para la consolidación de la visión de futuro y, finalmente, el proceso desarrollado para la estructuración del plan de acción a través de los programas y proyectos seleccionados. Por último se resalta que este anexo metodológico se constituye en un resumen ejecutivo y primera versión del libro metodológico originado en el Proyecto Agendas de Conocimiento.

Un elemento esencial en el cual se debe insistir es en que todos los insumos elaborados durante el proceso de construcción de las Agendas de Conocimiento

fueron sometidos a procesos de validación permanente por parte de los expertos de la Agenda, pues son quienes cuentan con el conocimiento, la experiencia y el reconocimiento para emitir opiniones idóneas frente a los contenidos de los mismos. Por ende, durante todo el proceso y para cada uno se realizó la deconstrucción de los documentos elaborados por cada equipo facilitador.

Este proceso hizo referencia a la validación, corrección, introducción y eliminación de nuevos asuntos de los insumos, siempre con el objetivo de mejorarlos y garantizar una línea de trabajo abierta e incluyente.

## 1. Consideraciones para la elaboración del panorama de la investigación

En primera instancia es preciso mencionar que el logro de objetivos propuestos en el Plan de Trabajo del Proyecto Agendas de Conocimiento (VRI, 2009b) se concibió a través de una visión sistémica de la actividad investigativa por parte de la comunidad académica. Por ello, para la construcción de las Agendas se estableció que era necesario considerar siete insumos que se esquematizan en la figura 1, algunos de los cuales son parte integral de la construcción del panorama de la investigación.

Así pues, el panorama de la investigación corresponde a un conjunto de elementos con los cuales se estableció el estado de la investigación en los temas de una Agenda de Conocimiento particular. Este diagnóstico, como se ha denominado en algunas agendas, comprende cuatro insumos mencionados en la figura 1, así: i) el contexto internacional a través de las tendencias futuras de investigación; ii) las capacidades de investigación en el entorno nacional y en el contexto de la Universidad Nacional de Colombia; iii) las apuestas gubernamentales en la última década a partir del análisis de los planes de desarrollo, y iv) las formas de interacción a través de escenarios modernos de acción.

Estos dos últimos insumos serán objeto de mayor análisis en el documento de reflexión que la VRI publicará como fruto de la elaboración de las Agendas de Conocimiento; sin embargo, en este anexo se menciona la forma como se integró por parte de los equipos a cada Agenda.

Los cuatro insumos señalados se elaboraron en la fase denominada en el Plan de Trabajo del Proyecto Agendas de Conocimiento (VRI, 2009a) como fase pre-prospectiva, y cuyo proceso metodológico se describe en Sánchez-Torres, J. M., Sánchez-Vargas, A., Rodríguez, C., Robledo, J., Tamayo, J., Aguilar, J. y Molano, J. (2012).

## 2. Apuestas gubernamentales en la última década

Como se mencionó, los detalles metodológicos de este componente se abordarán en Bonilla, E. y Lizarazo, P. (2012), relacionado con las herramientas y los métodos generales implementados para la elaboración de las Agendas de Conocimiento; sin embargo, cabe señalar que esta sección incluye elementos del trabajo liderado por la Dirección Nacional de Extensión, DNE, el cual pretendió vincular la investigación de la Universidad con la realidad del contexto nacional y, en particular, con los instrumentos de planeación de los gobiernos en los ámbitos local, regional y nacional. Además, se analizaron e incluyeron documentos de política del orden nacional, como los planes de desarrollo, identificando aquellos temas relevantes que potenciaran la investigación de cada Agenda.

Con base en el documento mencionado, los expertos de cada Agenda discutieron y eligieron los elementos más relevantes de cada plan de desarrollo coincidente con los temas de la Agenda.

## 3. Esfuerzos institucionales en la definición de agendas de investigación

Esta sección recopiló, a partir de la búsqueda de información secundaria, los esfuerzos realizados por la Universidad Nacional de Colombia por organizar los procesos de investigación así como su priorización, y se resaltan aquellos puntos coincidentes con las áreas, temas o subtemas de cada una de las Agendas de Conocimiento; este insumo implicó el estudio de la información existente relacionada con los Programas Universitarios de Investigación, PUI (1990-1993), los Campos de Acción Institucional, CAI (1999-2003) y los Programas Académicos Estratégicos, PRE, y Redes de conocimiento (2006).

Lo anterior, con el ánimo de destacar los esfuerzos que la Universidad Nacional de Colombia, UN, en su voluntad de fortalecer sus capacidades de investigación, ha realizado en distintas épocas.

## 4. Capacidades de investigación del entorno nacional e institucional en la Agenda

Las capacidades de investigación se analizaron en dos contextos: el primero, de carácter nacional, y el segundo en el entorno de la Universidad Nacional de Colombia. En este punto es importante considerar que para el año 2008 los tomadores de decisión relacionados con temas de ciencia, tecnología e innovación

de la Universidad solo contaban con información básica de las actividades de investigación institucionales con indicadores incipientes que reportaban tal accionar. Ante esta situación, en el período comprendido entre los años 2008 y 2009 se diseñó e implementó un modelo para la medición de las capacidades de investigación. El modelo propuesto cuenta con dos componentes: el primero, un módulo de medición del capital intelectual que da cuenta de la capacidad<sup>11</sup> de la organización para realizar actividades de investigación de la UN, del cual se obtiene un perfil científico de la organización de carácter genérico. Dicho módulo desde 2008 se ha implementado tres veces, y los resultados se pueden consultar en los libros electrónicos disponibles en <http://www.viceinvestigacion.unal.edu.co>

El segundo módulo comprende la identificación de capacidades temáticas, denominado por VRI (2009) como portafolios temáticos que corresponden a la identificación de capacidades institucionales de investigación específicas en cada una de las Agendas de Conocimiento; así se reconoce y construye el perfil científico asociado a cada una de ellas.

Ambos módulos describen las capacidades de investigación a través de una aproximación desde el capital intelectual, el cual está conformado por tres elementos: capital humano, capital estructural y capital relacional.

#### 4.1 Capacidades de investigación del entorno colombiano

Para el entorno nacional se contempla el análisis del capital humano y del capital estructural. En relación con el capital relacional no se realizó su estudio porque su consolidación desborda los objetivos del Proyecto Agendas de Conocimiento, por cuanto resulta complejo y requiere el análisis de todos los actores del SNCyT.

Para la construcción del capital humano se descargaron los datos cuantitativos generales de los diversos grupos de investigación del país que trabajan temas relacionados con cada Agenda de Conocimiento, información secundaria que se obtuvo de la Plataforma ScienTI – Colombia a través de la página electrónica <http://www.colciencias.gov.co/scienti>. En dicho portal los equipos facilitadores identificaron los grupos de investigación a partir de las categorías establecidas por

11 En el libro *Capacidades de investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008* se estableció que por capacidad se entiende “lo que se sabe hacer”, que incluye la capacidad personal, las organizativas y las tecnológicas y estructurales, que confieren valor a las actividades de la organización” Bueno, E. (2002). Indicadores de capital intelectual aplicados a la actividad investigadora y de gestión del conocimiento en las universidades y centros públicos de investigación de la Comunidad de Madrid. Capital intelectual y producción científica. Dirección General de Investigación, Consejería de Educación, Comunidad de Madrid, VRI. (2009a). *Capacidades de investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008: una aproximación desde el capital intelectual*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación.

el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología, así como el área de conocimiento para cada una de las doce Agendas.

Para consolidar el capital estructural del entorno nacional, se revisó la información del Sistema Nacional de Información de Educación Superior, SNIES<sup>12</sup>, recopilando los datos de los programas de pregrado y posgrado ofertados por las Instituciones de Educación Superior, IES, con temas relacionados con cada Agenda e indicando la participación porcentual de la UN.

Esta información fue complementada con otra relacionada con laboratorios o centros de investigación, dependiendo del contexto de cada una de las Agendas.

## 4.2 Capacidades de la Universidad Nacional de Colombia

La información sobre las capacidades acumuladas en investigación en la UN durante el período 2000-2010 se ha generado a partir de múltiples fuentes de información, cada una asociada al tipo de datos analizado según el capital por construir. En este sentido, para el análisis del capital humano de la UN, según el tipo de información, los datos provienen de diferentes fuentes: la planta docente, de la información suministrada por la Dirección Nacional de Personal; lo relacionado con los grupos de investigación, a partir de la información de la plataforma SCienTI entregada por Colciencias; los integrantes de los grupos de investigación no vinculados a la Universidad y aquellos que tienen vinculación o estuvieron vinculados, a partir del cruce con la base de datos del Comité de Puntaje, SARA<sup>13</sup>. Los investigadores se identificaron a partir de los productos de nuevo conocimiento o proyectos de investigación desarrollados en los últimos tres años, registrados en SARA y en el Sistema de información financiera Quipu.

Para el capital estructural, en particular la información de las revistas indexadas de la UN, se consideró el sistema de indexación Publindex de Colciencias. El análisis de la producción científica se realizó a partir de dos fuentes: i) la información declarada por los grupos de investigación avalados institucionalmente y registrados en la plataforma SCienTI, y ii) la información registrada en el módulo del Comité de Puntaje de SARA.

Esta información se complementó con la información de la base de datos de ISI Web of Knowledge. Para productos patentados se realizaron búsquedas en el

12 Disponible en <http://www.mineduccion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-propertyname-2672.html>

13 A partir del modelo de capacidades de investigación en 2008, la UN asume que un investigador es aquel que en los tres últimos años ha generado un producto de nuevo conocimiento o ha inscrito formalmente un proyecto de investigación, registrado en SARA, Quipu o Hermes.

ámbito nacional en la base de datos de la SIC, y en el contexto internacional en las bases de datos de las USPTO, Espacenet, OMPI y JOP. Esta información se depuró a partir del cruce con el sistema SARA de la Universidad.

La información del capital relacional se analizó con base en los proyectos ejecutados por los investigadores de la UN, sin importar la fuente de financiación, registrados en el Sistema de información financiera Quipu de la Universidad Nacional de Colombia.

A partir de las bases de datos y la depuración mencionada se suministró a los grupos facilitadores listados de proyectos, productos e integrantes consolidados con base en descriptores relacionados con cada Agenda, los cuales, luego de procesos intensos de depuración y análisis por parte de los vigías, se agruparon en los componentes mencionados de capital humano, capital estructural y capital relacional. Con base en la definición previamente señalada sobre el capital humano de la Universidad Nacional de Colombia, se describen y analizan los actores relacionados con la investigación en la Universidad, entre ellos los investigadores, los estudiantes, los becarios y los grupos de investigación<sup>14</sup>.

Así, cada una de las Agendas de Conocimiento detalla los grupos de investigación identificados; además, aquellos que declaran pertenecer a la misma se analizan de acuerdo con la sede a la cual se encuentran vinculados identificando aquellos que tienen carácter intersede<sup>15</sup>. En cuanto a las personas vinculadas a los grupos de investigación, se indica la categoría docente (en orden ascendente según las siguientes categorías: instructor asistente, instructor asociado, profesor auxiliar, profesor asistente, profesor asociado, profesor titular), así como el estado de su vinculación (activo o retirado). En relación con las otras personas, se detalla el nivel de formación de los investigadores asociados a los diversos grupos de investigación de cada Agenda.

El capital estructural en el contexto de la Universidad Nacional de Colombia corresponde a las estructuras de apoyo para las actividades de investigación; comprende los productos académicos, los programas de formación, los centros e institutos de investigación, los laboratorios, el acceso a las bases de datos y plataformas del conocimiento mundial, entre otras. Da cuenta de la infraestructura en términos académicos y físicos para el desarrollo de la investigación, lo cual

---

14 Una mirada general pero integral de la constitución del capital humano de la Universidad podría ser útil para relacionarlo con las necesidades del país, las tendencias de formación e investigación internacional y la política y planeación de la institución, de tal forma que se convierta en un elemento visible para el trazo de lineamientos en el ingreso en la planta y el seguimiento a la misma, que fundamenten la apuesta de la Universidad por su quehacer en la investigación articulada a la formación y a la extensión.

15 Esta categoría especial de grupos de investigación, según VRI (2009a). *Capacidades de investigación en la Universidad Nacional de Colombia 2000-2008: una aproximación desde el capital intelectual*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Vicerrectoría de Investigación, representa la interacción entre investigadores de diferentes sedes, lo que refleja un necesario ejercicio de sinergia institucional.

incluye la red de laboratorios y los centros e institutos de investigación; igualmente se reseñan las revistas científicas que la Universidad edita.

Así, en el caso de las diferentes Agendas de Conocimiento, el capital estructural se analizó a partir de dos grandes elementos: uno, los productos académicos<sup>16</sup> y de investigación<sup>17</sup> en el área particular, y dos, los proyectos de investigación. Por su parte, los productos académicos han sido categorizados según: i) productos de generación de nuevo conocimiento<sup>18</sup>; ii) productos relacionados con formación<sup>19</sup>, y iii) productos de apropiación social<sup>20</sup>, que se desarrollaron en el período considerado, así como el balance de proyectos de investigación y extensión. En relación con los productos de nuevo conocimiento, se clasifican en ocho categorías, que corresponden a la elaboración de capítulos de libros, impresos universitarios, artículos de revistas, libros de investigación, libros de texto, libros de ensayo, producción audiovisual y patentes.

Por último, en cuanto al capital relacional para las Agendas de Conocimiento, se identificaron aquellos proyectos de investigación y extensión financiados gracias a la participación conjunta con entidades u organizaciones externas a la Universidad Nacional de Colombia.

- 
- 16 Producto de investigación: es el resultado de una dinámica sobre la puesta en marcha del plan de acción de los grupos de investigación. Los productos de investigación se dividen en: i) productos de nuevo conocimiento –tipo A; ii) productos relacionados con la formación de investigadores –tipo B; y iii) productos relacionados con la apropiación social del conocimiento –tipo C. Pueden ser, entre otros, artículos, libros, normas, registros de propiedad intelectual, formación de capital humano, participación en programas de posgrado, asesorías, extensiones a la comunidad y apropiación social del conocimiento.
- 17 Proyecto de investigación: son actividades teóricas, prácticas y experimentales que realizan los grupos de investigación enmarcados de acuerdo con la línea de investigación que promueve el grupo, es decir la temática o área de investigación en la cual se centran. Los proyectos se pueden clasificar en proyectos de investigación básica y aplicada.
- 18 Productos de nuevo conocimiento: esta categoría hace referencia a productos de investigación tales como: artículos de investigación, libros de investigación, libro de autor que presente resultados de la investigación, capítulos de libros, voces en enciclopedias y similares, productos o procesos tecnológicos patentados o registrados, productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial, productos de creación artística y normas.  
Productos de creación artística: son productos de nuevo conocimiento que contemplan, entre otros: memoria fotográfica o audiovisual de los objetos de arte desarrollados en la investigación, exposiciones en recintos de prestigio con catálogo o memoria en medio audiovisual, audiciones de concierto en recintos de prestigio con programa y memoria de audio, partitura final lista para impresión, grabación en CD lista para publicación, formato audiovisual listo para publicación.
- 19 Productos de investigación relacionados con la formación de investigadores: se refiere a las tesis doctorales o de maestría.
- 20 Productos de investigación relacionados con la extensión o apropiación social del conocimiento: se trata de los productos de divulgación o popularización de resultados de investigación, tales como: artículos publicados en medios de divulgación, libros de divulgación científica, organización de evento científico o tecnológico, presentación de ponencia en evento científico o tecnológico o capítulo en memorias de congreso editadas que presente resultados de la investigación, curso de extensión basado en resultados del proyecto de investigación.

## 5. Formas de interacción de las Agendas, antecedentes del ajuste institucional

Los detalles metodológicos de este componente se abordarán en Poveda, A., Abad, P., Franky, J., Hurtado, R., Castaño, G., Echevarría, J., Castiblanco, J. (2012), relacionado con las herramientas y métodos generales implementados para la construcción de las Agendas de Conocimiento; sin embargo, es necesario precisar que los insumos suministrados por el equipo de profesores que trabaja en este componente, a quienes se ha denominado “escenaristas”, fueron fruto de reflexión, análisis y realimentación por parte de los expertos de cada una de las Agendas. Así, pues, al considerar las dinámicas de cada comunidad académica, se apropiaron aquellas alternativas que mejor respondieran a las necesidades.

## 6. Consolidación de la visión de futuro

De acuerdo con Castro *et al.* (2009), el análisis prospectivo es una técnica de planeación utilizada en muchos sectores económicos para mejorar la base de información disponible sobre la cual se sustenta la toma de decisiones estratégicas. En este contexto, la fase prospectiva implicó retomar e incorporar todos los insumos construidos y validados en la etapa anterior para hacer esta visión lo más integral posible.

En el Proyecto Agendas de Conocimiento, el objetivo de la fase prospectiva es construir una visión de futuro participativa e incluyente de la investigación en la Universidad Nacional de Colombia para los próximos años en las diferentes Agendas de Conocimiento, a partir de las tendencias en la frontera del conocimiento, las demandas tecnológicas, los estudios de prospectiva y de otro carácter existentes en la Universidad y en el país, así como del *expertise* proporcionado por los expertos.

Para alcanzar dicho objetivo, durante todo el proceso de construcción de las Agendas de Conocimiento se implementaron diversas herramientas para encaminar esta visión de futuro, tales como:

- Panel de expertos en validación de documentos construidos por equipos.
- Análisis de tendencias; las macrotendencias abordan este punto.
- Árboles, que vinculan capacidades con tendencias de investigación.

Además, algunas Agendas y sus equipos han implementado, según las particularidades de cada grupo de expertos, ábaco de Regnier, consulta a expertos, entre otros.

La visión de futuro comprende: i) plataforma estratégica; ii) potenciadores e inhibidores; iii) propuesta inicial de temáticas existentes y emergentes; iv) determinación de énfasis institucionales; v) elementos vinculantes, y vi) encuesta prospectiva. En este numeral se detalla el procedimiento seguido para la construcción de estos diferentes apartes en cada Agenda. Los detalles metodológicos se describen en Sánchez-Torres *et al.* (2012).

## 7. Estructuración del documento final

La elaboración de la versión final del documento se realizó a partir de las diversas revisiones y modificaciones de los documentos que incorporaron las diversas sugerencias aportadas por los expertos. La estructura propuesta consideró la presentación del panorama general de investigación y los resultados de la visión de futuro ratificados a partir de las encuestas prospectivas.

## 8. Evolución histórica de las reuniones para la construcción de la Agenda de Energía

Con el objeto de evidenciar el acumulado de reuniones adelantadas con los expertos vinculados a la Agenda Energía, se presenta la evolución histórica de las mismas; estas se llevaron a cabo empleando diferentes medios de comunicación como videoconferencias, reuniones personalizadas y reuniones presenciales, donde dos de ellas se realizaron en convención nacional, es decir, en plenaria con todos los profesores expertos de todas las Agendas del Proyecto Agendas de Conocimiento.

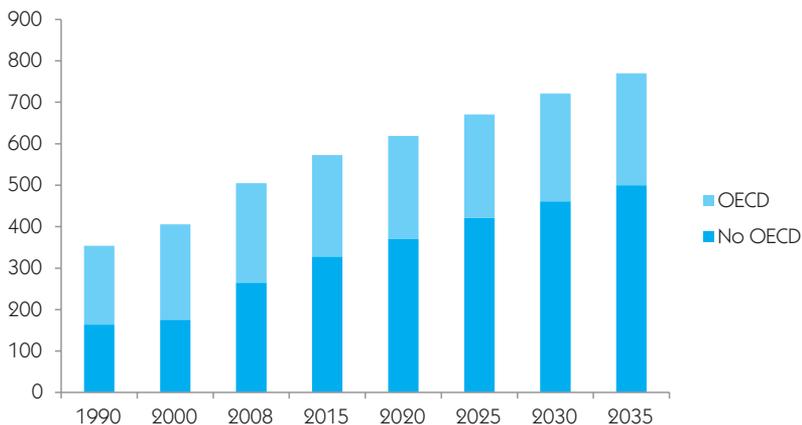
## Anexo 2. Macrotendencias de la Agenda Energía

A continuación se desarrollan los componentes que dan soporte a las macrotendencias en temas asociados con la energía. En este apartado se conserva la estructura de áreas que componen la Agenda: fuentes de energía, sostenibilidad y mercados energéticos y demanda de energía.

### 2.1 Soportes para las macrotendencias en fuentes de energía

El crecimiento del consumo de energía se concentrará sobre la dinámica de los países en vías de desarrollo, tal como lo muestra la figura 30, ya que sus necesidades son crecientes y la energía se asocia al desarrollo de los países y sus esfuerzos de industrialización y modernización. Tal dinámica de consumo es relacionada con el uso de fuentes convencionales de generación como el petróleo, el gas y el carbón, los cuales son recursos que se denominan contaminantes.

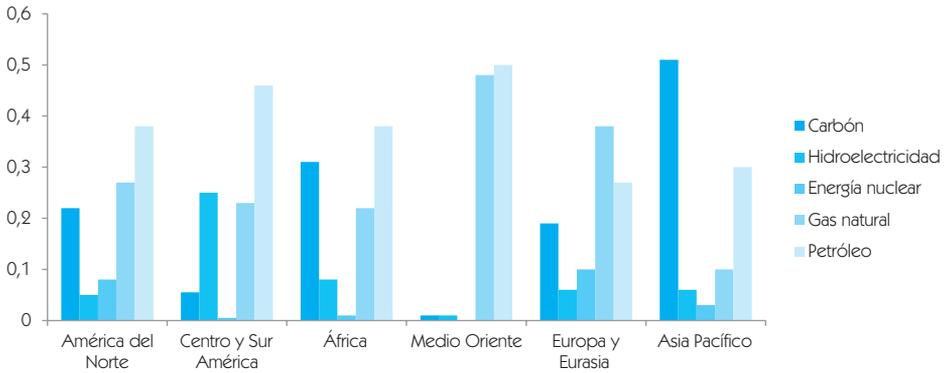
Figura 30. Consumo mundial de energía, 1990-2035 (cuatrillones de BTU)



Fuente: Energy Information Administration (2011).

La distribución del consumo mundial de energía se estructura sobre las fuentes, que en su mayoría son contaminantes. La región Centro y Suramérica es el actor con mayor peso en la generación de energía a partir del recurso hídrico (ver figura 31).

Figura 31. Distribución del consumo de energía mundial



Fuente: ICM Projects (2009).

Por su parte, la producción mundial de combustibles estará enfocada en los recursos convencionales (88% en 2035). Los combustibles líquidos no convencionales – *Coal-to-liquids*, *Gas-to-liquids*, Bitumen, entre otros– serán desarrollados en países No OPEP (ver tabla 12).

Tabla 12. Comportamiento del petróleo y sus derivados.  
Millones de barriles por día

Fuentes	2007	2015	2020	2025	2030	2035	Porcentaje de cambio Promedio anual
OPEP							
Líquidos convencionales	33,8	36,4	37,5	39,7	42,3	45,3	1,0
Crudo Extra pesado	0,6	0,8	1,1	1,2	1,3	1,4	3,1
Bitumen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
<i>Coal-to-liquids</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
<i>Gas-to-liquids</i>	0,0	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	15,4
<i>Shale Oil</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Biocombustibles	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Total OPEP	34,4	37,4	38,8	41,2	43,9	47,0	1,1
No OPEP							
Líquidos convencionales	47,7	46,2	47,0	48,8	50,8	52,5	0,3

Continuación tabla 12. Comportamiento del petróleo y sus derivados.  
Millones de barriles por día

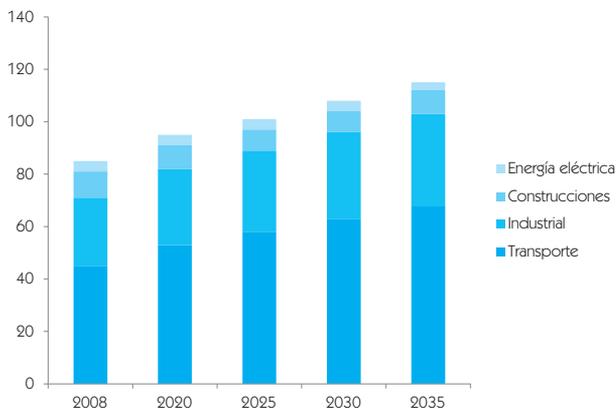
Fuentes	2007	2015	2020	2025	2030	2035	Porcentaje de cambio Promedio anual
Crudo Extra pesado	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	-
No OPEP							
Bitumen	1,4	2,4	2,9	3,5	4,2	5,2	4,8
<i>Coal-to-liquids</i>	0,2	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	7,9
<i>Gas-to-liquids</i>	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-
<i>Shale Oil</i>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,4	15,6
Biocombustibles	1,2	2,4	2,8	3,2	3,5	4,1	4,6
Total no OPEP	50,4	51,3	53,3	56,5	60,0	63,6	0,8
Mundial							
Líquidos convencionales	81,4	82,6	84,5	88,5	93,1	97,7	0,7

Fuente: ICM Projects (2009).

Debe considerarse además que los países miembros de la OPEP son determinantes en la fijación de los precios de los combustibles, ya que pocos países (aproximadamente 12) concentran cerca del 35% de la capacidad mundial, y en 2035 se espera que estos tengan aproximadamente el 44% de la capacidad de producción.

En la figura 32 se puede apreciar que el crecimiento en el consumo de crudo en el mundo está y será determinado por los sectores de transporte e industria.

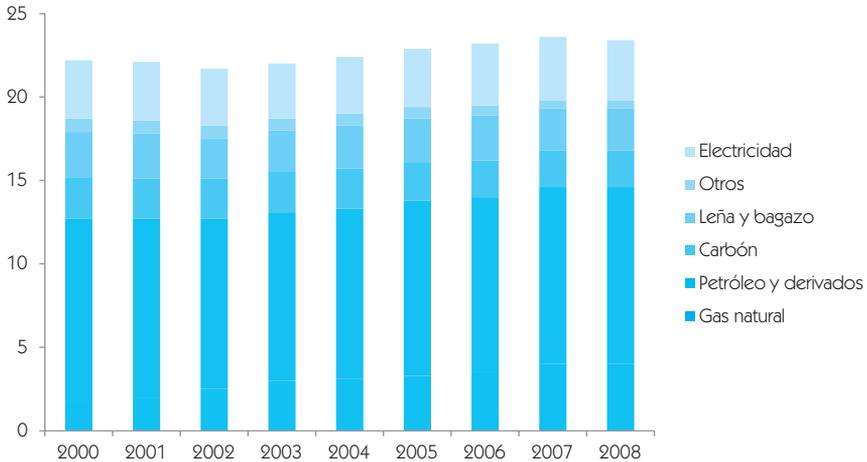
Figura 32. Proyección en el consumo de combustibles por sector 2007-2035 (millones de barriles por día)



Fuente: Energy Information Administration (2011).

Para el caso colombiano, el consumo energético estará marcado por las fuentes convencionales, liderado por el petróleo y sus derivados (ver figura 33).

Figura 33. Colombia - Consumo final de energía. Millones de TEP



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energética, UPME (2009).

De estas fuentes de generación convencionales, la que presenta un mayor crecimiento en el consumo energético a 2020 es el gas natural.

El crudo en Colombia ha tenido un crecimiento destacado en los últimos diez años debido a los proyectos conjuntos entre la empresa Ecopetrol y demás entidades inversoras, donde es notoria la reducción de las concesiones, y la entrada hacia 2007 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH, al escenario productivo colombiano.

El país dominante en la producción de gas natural es Rusia, con cerca del 23% de capacidad actual y el 27% de la producción futura. En este escenario las economías emergentes serán protagonistas en el incremento del consumo de gas natural (tabla 13).

Tabla 13. Dinámica del gas natural. Trillones de ft<sup>3</sup>

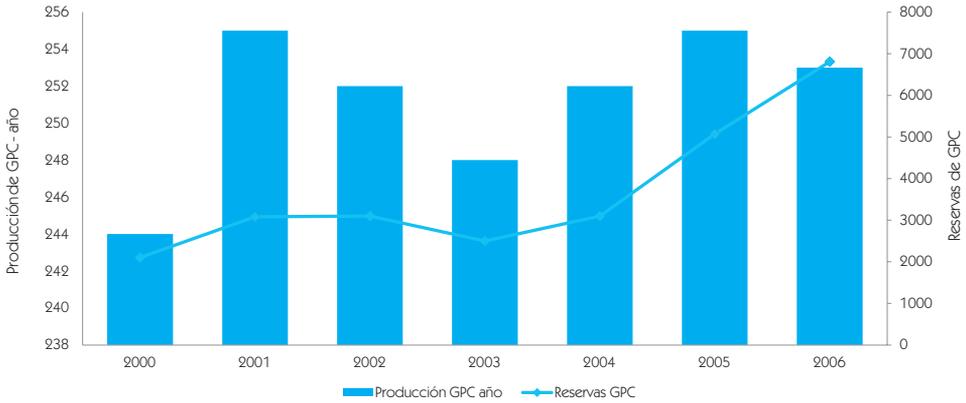
Región	2008	2015	2020	2025	2030	2035	Porcentaje de cambio Promedio anual
OECD Norteamérica							
Estados Unidos	20,3	19,4	20,1	21,4	22,5	23,4	0,7
Canadá	6,0	5,6	5,5	5,8	6,4	6,7	0,2
Europa	10,7	9,6	9,0	8,6	8,3	8,0	-0,9
Australia / N. Zelandia	1,7	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5	3,5
Otros OECD	2,0	2,1	2,3	2,2	2,2	2,2	0,3
Total OECD	40,8	40,2	40,5	41,9	43,5	44,8	0,4
No OCDE							
Rusia	23,4	23,0	24,3	25,3	26,5	27,3	0,6
Europa y Asia central	7,8	9,2	9,5	9,6	9,5	9,5	0,9
Irán	4,1	6,4	8,0	8,7	9,0	8,7	2,9
Qatar	2,7	6,4	7,4	8,2	9,2	9,5	5,3
Otros Oriente Medio	6,7	8,1	9,2	9,7	9,6	10,2	1,7
China	2,7	2,9	3,0	3,4	4,5	5,6	3,0
Centro y Suramérica	5,3	6,6	8,7	9,4	10,0	10,5	2,5
Total no OPEP	69,7	86,8	97,0	103,0	107,7	110,6	1,8
Mundial							
Total mundial	110,5	126,9	137,5	144,8	151,1	155,4	1,4

Fuente: ICM Projects (2009).

Las mayores reservas de gas natural se encuentran en Oriente Medio, con una importante participación de los países miembros de la OPEP.

En Colombia se presenta un estímulo en la oferta de gas natural debido al crecimiento en los hallazgos de reservas, tal como lo muestra la figura 34.

Figura 34. Reservas y producción de gas natural (Giga pies<sup>3</sup>)



Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2006).

El gas natural representa en la actualidad cerca del 17% de la demanda energética del país. Sus principales usos se dan como combustible para la industria, los vehículos, los hogares, y en la generación de electricidad en plantas térmicas.

El grupo de economías emergentes BRIC (Brasil, Rusia, India y China) son mercados actores comerciales cuyo recurso energético fundamental es el carbón. China enfrenta un dilema en el desarrollo energético, dado que la explotación del recurso genera un gran impacto ambiental (ver tabla 14).

Tabla 14. Dinámica del carbón. Cuatrillones de BTU

Región	2010	2015	2020	2025	2030	2035	Porcentaje de cambio promedio anual
OECD Norteamérica							
Estados Unidos	21,3	23,3	24,1	24,6	25,4	26,3	0,4
Canadá	1,8	1,8	1,8	1,8	2,0	2,2	1,1
México	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
OECD Europa	7,2	6,8	5,4	5,5	5,2	5,4	-1,0
OECD Asia	10,9	11,6	11,4	12,3	13,7	15,1	1,9
Total OECD	41,0	42,3	42,9	44,1	46,4	49,3	0,6
No OCDE							

Continuación tabla 14. Dinámica del carbón. Cuatrillones de BTU

Región	2010	2015	2020	2025	2030	2035	Porcentaje de cambio promedio anual
Rusia	6,0	6,3	6,3	6,4	6,9	7,9	1,1
China	56,3	63,1	74,5	86,5	98,3	110,0	2,5
India	8,3	7,8	7,8	8,3	8,7	9,5	0,3
Centro y Suramérica	2,3	2,8	3,8	4,0	4,2	4,6	2,6
Total no OPEP	89,4	97,1	109,9	124,0	139,8	157,5	2,0
Mundial							
Total mundial	130,4	139,4	152,8	168,2	186,2	206,9	1,6

Fuente: ICM Projects (2009).

En la hidroelectricidad a gran escala se deben aprovechar y proteger los recursos para la generación de energía. En este escenario, Latinoamérica tiene la oportunidad de ser un importante actor (ver tabla 15).

Tabla 15. Dinámica de la hidroelectricidad. Panorama mundial en la generación de energía por fuente hídrica (top 10)

Productores	TWh	% Mundial	Capacidad instalada	GW
China	426	14,0	China	118
Canadá	356	11,3	Estados Unidos	99
Brasil	349	11,2	Brasil	71
Estados Unidos	318	10,2	Canadá	72
Rusia	175	5,6	Japón	47
Noruega	120	3,8	Rusia	46
India	114	3,6	India	32
Japón	96	3,1	Noruega	28
Venezuela	79	2,5	Francia	25
Suecia	62	2,0	Italia	21
Resto del mundo	1.016	32,7	Resto del mundo	308
Mundo	3.121	100	Mundo	867

Fuente: Energy Information Administration (2010).

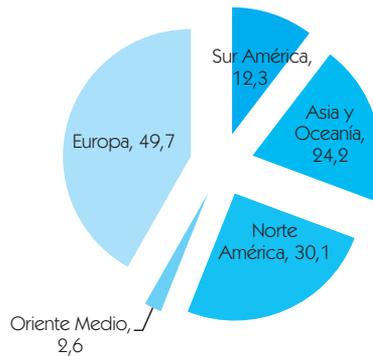
En relación con la hidroelectricidad en Colombia, se puede establecer que en el año 2010 la capacidad instalada efectiva de energía eléctrica fue cercana a 13.600 MW, y que, de esta, unos 8.900 MW provienen de fuente hídrica.

La fuente principal para la generación de electricidad es hídrica, y se proyecta en el futuro como el recurso dominante, reduciendo la participación del gas natural como generador, y, con esto, se disminuirían las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las fuentes no convencionales como alternativas para la reducción del impacto ambiental han encontrado barreras en sus costos, los cuales varían según la tecnología, pero en el futuro serán en su mayoría mucho más económicas que fuentes contaminantes como las fósiles o la nuclear.

Europa y Norteamérica son las regiones que más invierten en tecnologías limpias (ver figura 35) para la generación de energía; Suramérica aporta cerca del 12%, siendo Brasil el principal actor.

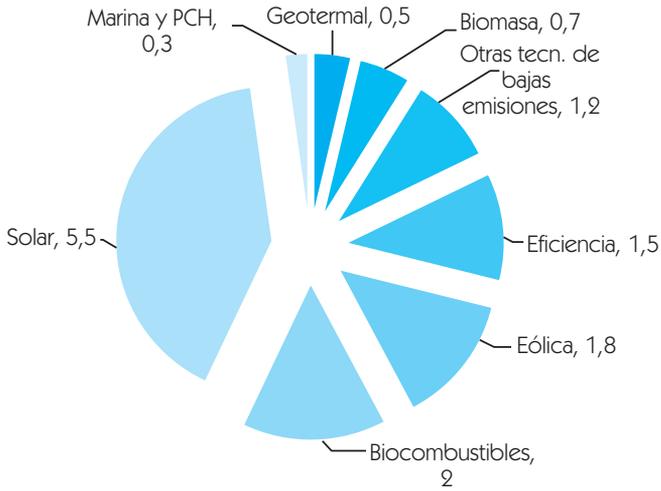
Figura 35. Inversión en tecnologías limpias por regiones (2008 = US\$119 billones)



Fuente: United Nations Environment Program, UNEP; Sustainable Energy Finance Initiative, SEFI (2009).

En el ámbito mundial, las inversiones en tecnologías para la producción de energía “limpia” están concentradas en desarrollos para energía solar, eólica y biocombustibles, tal como lo ilustra la figura 36.

Figura 36. Inversión en tecnologías de energías limpias por fuente 2008, total de US\$13,5 billones



Fuente: United Nations Environment Programme, UNEP; Sustainable Energy Finance Initiative, SEFI (2009).

La tabla 16 presenta los diferentes desarrollos nacionales con relación a fuentes no convencionales y sostenibles. En ella se pueden detallar las diferentes aplicaciones y el estado de desarrollo en el país.

Tabla 16. Desarrollos en fuentes renovables para producción de energía (UPME)

Fuente	Conocimiento del recurso	Aplicaciones	Estado	Capacidad instalada
Solar	Mapas del recurso anual por cada mes	Sistemas fotovoltaicos	Aplicada con problemas de calidad o sostenibilidad en zonas apartadas	>2 MW/1995
		Colectores solares		50.000 m <sup>2</sup> /1994

Continuación tabla 16. Desarrollos en fuentes renovables para producción de energía (UPME)

Fuente	Conocimiento del recurso	Aplicaciones	Estado	Capacidad instalada
Eólica	Mapas del recurso anual por cada mes	Bombas de agua	Se aplica	N.A
		Generación eléctrica en sistemas aislados	Se aplica	Marginal 50 kW  Jepirachi 19,5 MW
Hidráulica	Estudios preliminares	Generación eléctrica	Se aplica a costos altos	> 168 MW
		Arietes, molinos	Muy marginal	N.A
Geotérmica	Mapas del recurso geotérmico	Recreativa y medicinal	Centros de aguas termales	N.A
	Estudios preliminares de zonas de interés (Cumbal, Paipa-Iza, Santarosa, Tufiño-Chiles-Cerronegro, Parque los Nevados)	Bombas de calor, generación de electricidad, distritos de calor	No se aplica aún, perforación fallida en el Nereidas (zona Nevado del Ruiz)	N.A
Biomasa	Potencial de cultivos energéticos	Calderas. Valle del Cauca	Aplicada	> 25MW
Bagazo de caña	Estimado preliminar mayor a 1.000MW (Cenicaña)	Calderas	Poco se aplica	N.A
Cascarilla de arroz	Estimativo preliminar	Doña Juana, Bogotá	El gas se libera al medio	N.A
Rellenos sanitarios	Estudios preliminares	Cocción, gen eléctrica, descontam. de aguas	Poco aplicada, resistencia cultural	Marginal
Biodigestores	Estimativos			

Fuente: Adaptado de Universidad Nacional de Colombia, Universidad de los Andes, Colciencias, Isagen (2008).

Las fuentes de producción de biocombustibles evolucionan para ser más eficientes, de bajo costo y al menor impacto ambiental posible. La tabla 17 presenta la clasificación general de los biocombustibles y la proyección de costos comparados con los precios del petróleo, así como los principales desarrollos que han sido clasificados por generaciones, los cuales buscan mejoras en la eficiencia, la reducción del impacto ambiental y la garantía del suministro.

Tabla 17. Los biocombustibles

Clasificación de los biocombustibles basados en la tecnología de producción		
Generation	Feedstocks	Examples
<i>First generation biofuels</i>	<i>Sugar, starch, vegetable oils, or animal fats</i>	<i>Bioalcohols, vegetable oil, biodiesel, biosyngas, biogas</i>
<i>Second generation biofuels</i>	<i>Non food crops, wheat straw, corn, wood, solid waste, energy crop</i>	<i>Bioalcohols, bio-oil, bio-DMF, biohydrogen, bio- Fischer-Tropsch diesel</i>
<i>Third generation biofuels</i>	<i>Algae</i>	<i>Vegetable oil, biodiesel</i>
<i>Fourth generation biofuels</i>	<i>Vegetable oil, biodiesel</i>	<i>Biogasoline</i>

Costos proyectados de los biocombustibles comparados con los precios del petróleo 2006 (US cents/litro)		
Biofuel	2006	Long-term about 2030
<i>Corresponding pre-tax price of petroleum products</i>	35-60	
<i>Bioethanol from sugar cane</i>	25-50	25-35
<i>Bioethanol from corn</i>	60-80	35-55
<i>Bioethanol from beet</i>	60-80	40-60
<i>Bioethanol from wheat</i>	70-95	45-65
<i>Bioethanol from lignocellulose</i>	80-110	25-65
<i>Biodiesel from animal fats</i>	40-55	40-50
<i>Biodiesel from vegetable oil</i>	70-110	40-75
<i>Fischer-Tropsch synthesis liquids</i>	90-110	70-85

Fuente: Demirbas (2010).

La producción de biocombustibles es creciente y localizada en países desarrollados y emergentes. Los grandes actores son Estados Unidos y Brasil (ver tabla 18).

Tabla 18. Dinámica mundial de los biocombustibles. Billones de litros

País	Etanol	Biodiesel
Estados Unidos	41	21
Brasil	26	16
Francia	0,9	2,6
Alemania	0,8	2,6
China	2,1	0,4
Argentina	-0	1,4
Canadá	1,1	0,1
España	0,4	0,6
Tailandia	0,4	0,6
Colombia	0,3	0,2
<b>Total mundial</b>	<b>76</b>	<b>17</b>

Fuente: *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21* (2010).

En Colombia las proyecciones de consumo destacan el crecimiento de la demanda de diesel como fuente primordial de energía para sectores como el transporte; este escenario representa una marcada tendencia al crecimiento de la capacidad de consumo de biodiesel hacia 2019. En el país es paulatino y sectorizado el avance de los biocombustibles como alternativa para el consumo.

- 10% de etanol desde 2008 en todo el país
- 10% de biodiesel desde 2010

Colombia es el quinto productor de aceite de palma del mundo, y cuenta con la mayor productividad mundial azucarera –gracias a su localización en la zona tropical–, con mayor eficiencia en producción bioenergética en el mundo.

Por otra parte, las áreas proyectadas para producción de etanol se distribuyen así:

- Caña de azúcar: Valle del Cauca, Cauca, Risaralda, Caldas
- Caña panela: Antioquia, Santander, Boyacá, Quindío, Tolima, Meta
- Yuca: Bolívar, Córdoba, Sucre, Meta.

El MME, a través de la Resolución 18-0919 de 2010, propone “para 2015, un incremento en la participación de las FNCE (Fuentes No Convencionales de Energía)

en la canasta energética total del 5%, de los cuales 4% estarían asociados al uso de la biomasa y biocombustibles para aplicaciones térmicas y transporte, y el 1% restante, a energía eléctrica” (Ministerio de Minas y Energía, 2010). Tales apuestas hacia el uso de biomasa y la producción de biocombustibles son un importante dinamizador de investigaciones en la materia y desarrollos científicos y tecnológicos.

Como destino de inversiones, la energía eólica ocupó en 2009 un lugar aún más preponderante que en 2008.

Si en 2008 los proyectos eólicos habían absorbido US\$ 59 millardos, cifra equivalente al 45% de la inversión financiera total en energía sostenible, en 2009 tales proyectos absorbieron US\$ 67 millardos, incrementando su participación al 56%.

La energía eólica añadida alcanzó una cifra récord de 38 GW, de los cuales 13,8 fueron instalados en China, 10 en Estados Unidos y 2,5 en España.

En los años 1990, la energía eólica solo existía en un puñado de países, pero ahora está presente en más de 82 naciones (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21*, 2010).

La inversión total mundial en energía solar fotovoltaica alcanzó en 2009 una cifra récord de US\$ 40 millardos. La energía solar conectada a la red ha crecido a un ritmo promedio de 60% anual durante la última década, pasando de 0,2 GW a principios de 2000 a 21 GW a finales de 2009.

No obstante, 2009 fue un año muy diferente para la energía solar de gran escala (nivel de empresa de servicios públicos), sufriendo un descenso del 27% de la inversión financiera, que al final se situó en US\$ 24 millardos.

Este brusco descenso se atribuye a varios factores, entre los cuales figuran la caída de precios, un repentino exceso de oferta de productos fotovoltaicos, la nueva actitud de cautela adoptada por los inversores frente a las acciones de las nuevas empresas solares, la escasez de financiamiento bancario para proyectos en Europa y América del Norte, y una congelación temporal de los permisos para la instalación de nuevas capacidades en España, el mercado solar más activo en 2008.

No obstante, la capacidad añadida global de energía solar fotovoltaica alcanzó en 2009 un récord de 7 GW. Alemania fue el principal mercado, con 3,8 GW, es decir, más de la mitad del mercado mundial.

Otros mercados de envergadura fueron Italia, Japón, Estados Unidos, la República Checa y Bélgica. En España, líder mundial en 2008, las instalaciones de capacidad cayeron a un nivel bajo en 2009 tras exceder un objetivo de la política.

En 2009, China produjo el 40% de la oferta mundial de energía solar fotovoltaica, el 25% de las turbinas eólicas del mundo (10% en 2007) y el 77% de los colectores solares de agua caliente del planeta.

Según algunas estimaciones, el precio de la energía solar fotovoltaica se redujo entre un 50 y un 60%, pasando de los máximos de US\$ 3,5 por vatio registrados en 2008 a mínimos que se aproximan a US\$ 2 por vatio.

Una cifra estimada de 70 millones de hogares calientan agua con energía solar en todo el mundo (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21, 2010*).

La energía geotérmica en el planeta sufrió en 2009 una caída del 29% de la inversión financiera, que quedó en US\$ 2 millardos (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21, 2010*).

### 2.1.1 Aspectos regionales destacados

- Europa mantuvo su posición como la región del mundo con mayor proporción de inversión financiera mundial en energía limpia. El total de la inversión llegó a US\$ 43,7 millardos, cayendo de los US\$ 48,4 millardos de 2008.
- Asia y Oceanía registraron en 2009 un fuerte incremento de las inversiones financieras, pasando de US\$ 31,3 a US\$ 40,8 millardos. India ocupa, a nivel mundial, el quinto lugar en lo que respecta a capacidad total existente de energía eólica, y registra una rápida expansión de muchas otras formas de energía renovable, tales como el biogás y la energía solar fotovoltaica.
- América del Norte sufrió una caída de las inversiones, pasando de US\$ 33,3 a US\$ 20,7 millardos.
- Medio Oriente y África registraron un modesto aumento, pasando de US\$ 2,1 a US\$ 2,5 millardos en 2009.
- Suramérica experimentó un descenso de las inversiones, que cayeron de US\$ 14,6 a US\$ 11,6 millardos. Brasil produce casi todo el etanol derivado de la caña de azúcar del mundo, y ha venido agregando nuevas plantas de energía de biomasa y eólica (*Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN21, 2010*).

## 2.2 Soportes para las macrotendencias en sostenibilidad y mercados energéticos

El recurso energético tiene un gran impacto en el ambiente, y la concepción misma de los recursos se ha fundado en dos ideas tradicionales: “a) Que los recursos naturales, incluido el medio ambiente, son gratuitos; b) Que los recursos naturales son infinitos. Estas ideas persisten hoy en las corrientes más ortodoxas de la economía, para las cuales la protección del medio ambiente no representa otra cosa que un obstáculo a la inversión” (Lopera, 2010, p. 1).

Una de las actividades que más inciden en la crisis ambiental es el consumo energético, que se genera de fuentes en su mayoría contaminantes. Dependiendo de los recursos contaminantes en el suministro de energía origina al menos dos grandes desequilibrios: uno, con relación al impacto ambiental, y otro en las diferencias en el desarrollo de las regiones asociado a la tenencia del recurso y su dinámica de explotación (Club of Rome, 2009; Energy Information Administration, 2010 y 2011).

La ruta hacia el desarrollo económico de las naciones se ajusta a su capacidad para generar energía. Aunque el impacto de la energía en el PIB no es el mayor, existe una estrecha relación con este indicativo ya que posibilita el desarrollo de los diferentes sectores de una economía.

Colombia no es ajena a la dinámica energética mundial. La economía nacional tiene una relación estrecha con el comportamiento de la variable energética, presentándose una gran correlación entre el comportamiento del porcentaje de variación del PIB y de la demanda de energía en Colombia (XM, 2009), lo cual demuestra que las variables asociadas a la energía como recurso, además de ser un requisito para el desarrollo, son un buen indicador del mismo.

Los recursos energéticos en la economía nacional tienen participación directa en los sectores minero (5,2%), de electricidad, gas y agua (3,0%) y transporte (7,6%), pero también son un recurso fundamental para el desempeño de los demás sectores (Ministerio de Minas y Energía, 2006).

La demanda de fuentes energéticas en Colombia se concentra en temas donde los recursos contaminantes tienen y tendrán una mayor participación y, con ello, con las respectivas implicaciones ambientales (Ministerio de Minas y Energía, 2006). En el país se presentan diferentes posibilidades para el desarrollo energético sustentadas, por ejemplo, en las tasas de crecimiento de la energía primaria (ver tabla 19).

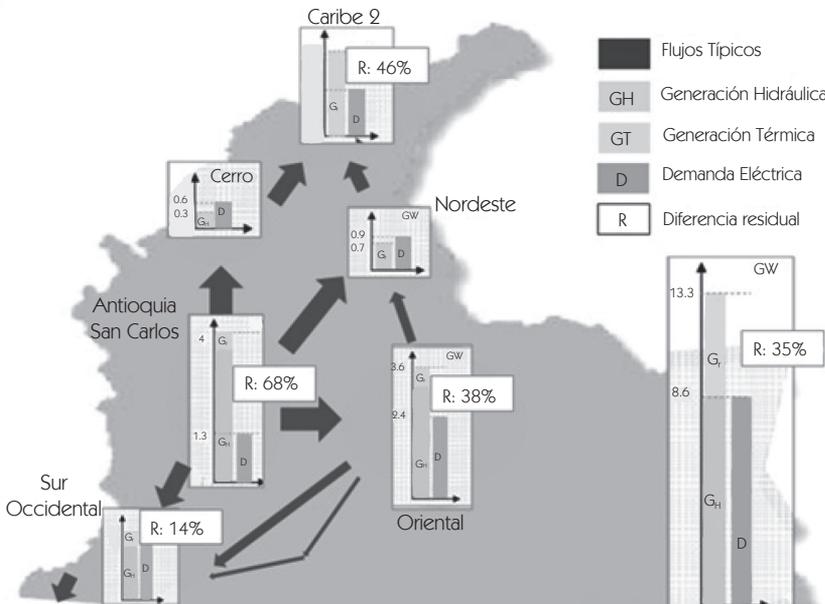
Tabla 19. Proyección tasas de crecimiento de energía primaria 2006-2025

Fuente	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025
Petróleo	-1,30%	5,60%	-0,08%	0,37%
Agua	4,32%	3,31%	5,60%	3,30%
Carbón	6,82%	2,04%	2,16%	3,73%
Gas natural	4,20%	3,50%	1,36%	3,70%
Viento	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Biomasa	-0,15%	1,11%	1,96%	1,60%
<b>Total</b>	<b>1,33%</b>	<b>3,83%</b>	<b>1,36%</b>	<b>1,99%</b>

Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2006).

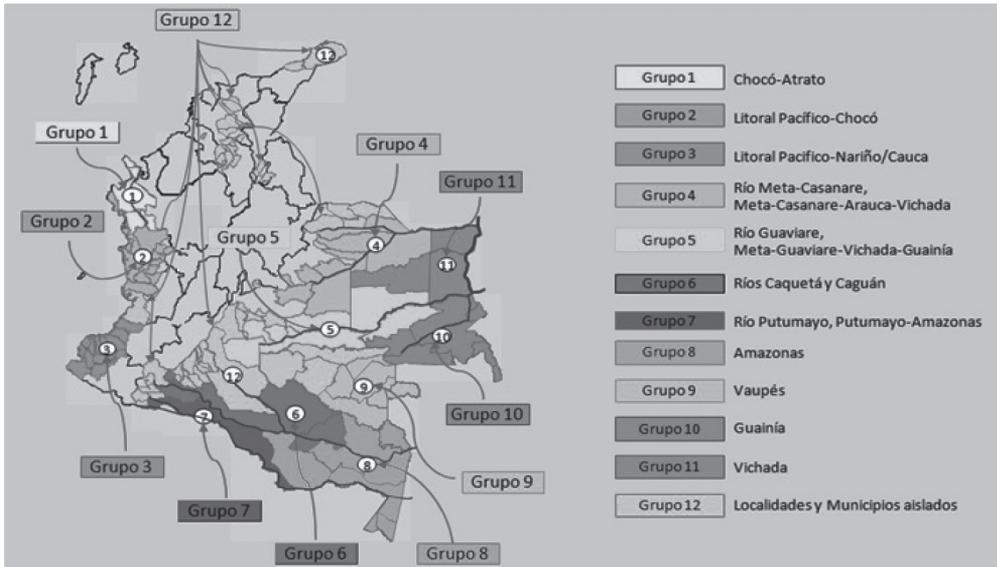
El Sistema de Interconexión Nacional, SIN, se concentra en las regiones centrales del país, siendo la generación térmica una alternativa contingente dadas las condiciones económicas y ambientales que hacen que prime la generación hidroeléctrica, tal como lo muestra la figura 37. En el SIN se concentra la capacidad y el medio para ampliar el mercado energético nacional; sin embargo, se pueden generar importantes proyectos e iniciativas que permitan el crecimiento energético (eléctrico) del país migrando recursos y desarrollos hacia las zonas de no interconexión, ZNI (ver figura 38).

Figura 37. Sistema de Interconexión Nacional, SIN



Fuente: XM (2009).

Figura 38. Las zonas de no interconexión, ZNI



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD (2009).

Se puede asociar la polarización del desarrollo del país en su centro energético, lo cual indica que al llevar más y mejores recursos energéticos a las ZNI se apela a la equidad y búsqueda de bienestar de las regiones colombianas. Desde el punto de vista académico se tienen alternativas para el suministro energético, como el desarrollo y la implementación de energías alternativas o la generación distribuida, GD, que promueven un suministro, una utilización y un control del recurso ajustados a las necesidades particulares de las poblaciones.

Para el caso colombiano, la GD tiene un potencial estratégico marcado por la respuesta a las necesidades energéticas a través de unos beneficios claros que ofrece la tecnología, pero existe también una serie de barreras que se deben salvar.

El potencial para el desarrollo de la GD en Colombia se sustenta en:

- “El potencial energético solar en promedio multianual es de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>
- Las densidades de energía eólica anual a 20 metros de altura están entre 1 kW/m<sup>2</sup> y 1,331 kW/m<sup>2</sup>, y a 50 metros entre 2,197 kW/m<sup>2</sup> y 2,744 kW/m<sup>2</sup>
- Para la pequeña generación hidroeléctrica el potencial estimado es de 25.000 MW
- El potencial anual de energía de biomasa en Colombia es de 16.260 MWh” (Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG - Rodríguez (2009).

Sustentados en beneficios y barreras para su implementación, en la Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG - Rodríguez (2009) se definen como:

#### Beneficios

- Reducción de pérdidas
- Oferta en picos
- Mejoras en la calidad de la energía eléctrica (voltaje, frecuencia, estabilidad de la tensión, suministro de potencia reactiva y corrección del factor de potencia)
- Menos interrupciones
- Reducción de emisiones atmosféricas
- Apoyo al restablecimiento del sistema en caso de colapso total
- Mayor eficiencia
- Modular, flexible, tiempos reducidos de instalación

#### Barreras

- Tendencia a privilegiar los esquemas centralizados
- Marcos regulatorios que no fueron concebidos considerando la GD, sino para el 100% de generación central
- Inversión inicial alta y percepción de riesgos tecnológicos
- Potencias bajas y fluctuantes
- Conflictos con los intereses de otros actores, particularmente con los operadores de red, OR
- Escepticismo

Por otra parte, la tendencia en GD integra las TIC para ofrecer un servicio masivo, eficiente, seguro, limpio y lleno de facilidades al usuario, a la vez que se reduce el impacto ambiental. Los sistemas integrados de redes inteligentes que buscan aprovechar al máximo la energía son capaces de relacionar pequeños centros, ajustarse a la demanda, informar de manera automática sobre cualquier fallo de suministro, y de desconectar automáticamente luces y aparatos superfluos (Comisión de Regulación de Energía y Gas, CREG - Rodríguez, 2009).

Desde la perspectiva internacional, el World Energy Council, WEC, construye escenarios que facilitan la formulación de políticas energéticas, las cuales surgen por la integración de esfuerzos y la lectura de necesidades globales abordadas por el WEC desde siete áreas específicas: 1) la generación de energía; 2) el uso final de

la energía; 3) el uso estacionario; 4) el campo del transporte; 5) las directrices por las cuales se definen los precios de la energía; 6) la lógica de inversiones y finanzas, y 7) el cambio climático (World Energy Council, WEC, 2007).

En Colombia las políticas en el tema se articulan en el Plan Energético Nacional, que busca maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país a través de objetivos que Corredor (2008) ha sintetizado en objetivos principales y temas transversales:

- Objetivo principal 1: asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo.
- Objetivo principal 2: consolidar la integración energética regional.
- Objetivo principal 3: consolidar esquemas de competencia en los mercados.
- Objetivo principal 4: formación de precios del mercado de los energéticos que aseguren competitividad.
- Objetivo principal 5: maximizar cobertura con desarrollo local.
- Tema transversal 1: fuentes no convencionales, FNCE, y uso racional de la energía, URE.
- Tema transversal 2: medio ambiente y salud pública.
- Tema transversal 3: ciencia y tecnología.
- Tema transversal 4: marco institucional y normativo.
- Tema transversal 5: información, promoción y capacitación.

Las políticas nacionales en materia de energía generan retos multinivel, que van desde áreas de tarea para el gobierno, pasando por demandas de desarrollo sectorial y empresarial, hasta exigir responsabilidades y acciones concretas por parte de los usuarios y la población en general, que se transforman en retos concretos como:

- Incrementar exploración y hallazgos petroleros y gasíferos.
- Mantener e incrementar las exportaciones de carbón.
- Garantizar expansión de la generación de energía eléctrica.
- Equilibrar producción de biocombustibles con seguridad alimentaria.
- Uso racional de energía.
- Impulso de fuentes alternas de energía.

Cada uno de estos retos es asumido a través de políticas sectoriales concretas, como los planes estratégicos en biocombustibles, gas, carbón, eficiencia y administración de la energía, petróleo, entre otras.

El desarrollo energético se potencia, además de la tenencia del recurso y la voluntad política, con el conocimiento que se genera en torno a los temas que constituyen esta importante área. La perspectiva de la energía a través de la ciencia y la tecnología (C y T) que fomenta Colciencias como organismo rector de la dinámica en el país permite establecer las líneas de cooperación base para el fortalecimiento institucional. La tabla 20 presenta las diferentes descripciones de los convenios de cooperación para el desarrollo de la ciencia y la tecnología con diferentes instituciones del país.

Tabla 20. Colciencias: fortalecimiento de las relaciones institucionales, perspectiva energética

Institución	Descripción
Cerrejón	El objeto del convenio es apoyar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación orientados a la solución de necesidades y a la implantación de nuevas tecnologías en el sector minero energético colombiano. Durante 2008 bajo este convenio recibió un total de 20 propuestas por \$11.332 millones, se aprobaron cuatro por \$624 millones y contrapartidas por \$1.462 millones.
Codensa	El objetivo del convenio es incentivar y apoyar la investigación, el desarrollo y la innovación orientados a la solución de necesidades y al desarrollo de nuevas tecnologías del sector energético, enfocadas a mejorar el desempeño técnico, operativo y financiero de los sistemas de distribución y comercialización de energía. Bajo este convenio, durante 2008, se recibió un total de 20 propuestas, las cuales fueron evaluadas, y en comité de decisión se aprobaron seis.
Centro Argentino Brasileño de Biotecnología, CABBIO	Aunque Colombia no es un miembro formal de dicho centro, desde 1999 Colciencias presenta candidatos a los diferentes cursos que se organizan tanto en Argentina como en Brasil; en contrapartida, Colciencias realiza anualmente al menos un curso teórico-práctico destinado a la formación. Así, en 2008 se desarrolló una convocatoria para la presentación de cursos de corta duración ante CABBIO para 2009, donde se recibieron dos propuestas y se aprobó una.
Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH	Este convenio tiene como objetivo incentivar la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en el sector de hidrocarburos, con el fin de disminuir la incertidumbre en la toma de decisiones sobre el desarrollo del sector e incentivar la inversión privada en las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos de propiedad de la Nación.

Continuación tabla 20. Colciencias: fortalecimiento de las relaciones institucionales, perspectiva energética

Institución	Descripción
Ecopetrol	El convenio se suscribió con el objetivo de incentivar y apoyar la investigación, el desarrollo y la innovación orientados a la solución de necesidades y al desarrollo de nuevas tecnologías en el sector de energías alternativas y/o revocables, exploración de fuentes de hidrocarburos no convencionales, hidrocarburos en la generación eléctrica, a través del uso de corrientes residuales propias de la explotación de campos productores de petróleo y gas. En 2008, se recibieron 56 propuestas por \$29.352 millones, se apoyaron seis por \$1.512 millones con contrapartidas por \$1.015 millones.
Banco Interamericano de Desarrollo, BID	En abril de 2008 se firmó un convenio de cooperación técnica no reembolsable Colciencias – BID, que tiene por objetivo principal promover el nuevo desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnología en el área de biocombustibles. El valor total para el desarrollo de las actividades del convenio durante dos años es de USD\$1.180.000; la contrapartida de Colciencias es de USD\$350.000. El Programa Finbatec – Fomento a la inversión de capital privado en empresas de base tecnológica, tiene el propósito general de contribuir al desarrollo de la industria de capital emprendedor en Colombia. El valor total del proyecto es de USD\$654.991, USD\$392.994 aportes del BID y USD\$261.997 de contrapartida. En 2008 se recibieron 14 propuestas, las cuales se encuentran en proceso de evaluación.

Fuente: Colciencias (2009).

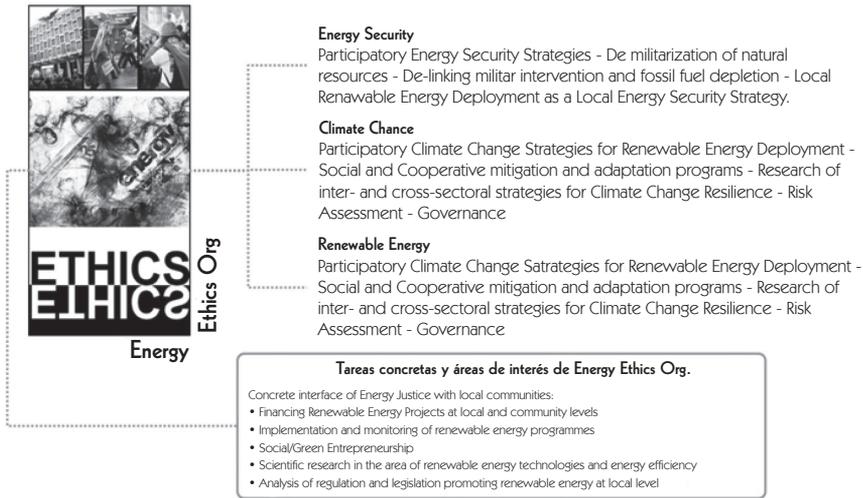
La idea fundamental es que los convenios promuevan la ejecución de proyectos. En este sentido, de los 401 proyectos financiados en 2008 por Colciencias, 364 proyectos fueron apoyados por los Programas Nacionales de CyT, 30 de emprendimiento y 7 en otras actividades de ciencia, tecnología e innovación.

Es necesario entonces considerar una dimensión que permita otorgar responsabilidad en torno al desarrollo del conocimiento en el campo de la energía.

Por su parte, las consideraciones éticas deben permear la conducta de los individuos que tienen la responsabilidad de aprovechar recursos naturales, y aún más si estos son de carácter público, siendo la ética una dimensión determinante para el desarrollo de alternativas pertinentes a las necesidades en al menos tres ámbitos: social, ambiental y económico.

La figura 39 muestra las principales líneas de las que se ocupa la organización internacional de asuntos éticos en el campo de la energía en el mundo, y las tareas concretas y áreas de interés de la organización donde priman la seguridad energética, el cambio climático y las energías renovables como directrices de desarrollo.

Figura 39. Ética y energía



Fuente: Energy Ethics (2010).

Las consideraciones éticas de la energía en Colombia están sujetas en su mayoría a códigos que construyen las empresas y entidades (como Codensa, EPM, Grupo Odin, Ecopetrol, Gensa, CHEC, Hidroituango, IPSE, Ministerio de Minas y Energía, entre otras) y se enfocan en el establecimiento de directrices de conducta específica, para que se asuman compromisos concretos con las empresas en particular.

### 2.3 Soportes para las macrotendencias en demanda de energía

El mayor consumo energético en Colombia se concentra y estará marcado por los sectores, industrial y de transporte, con cerca del 74% (ver tabla 21).

Tabla 21. Proyección en la distribución sectorial del consumo

Sectores	2006	2010	2015	2020	2025
Residencial	19%	17%	16%	15%	14%
Comercial	4%	5%	6%	7%	8%
Industrial	39%	41%	42%	43%	43%
Transporte	35%	33%	32%	32%	32%
Otros	3%	3%	3%	3%	3%

Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2006).

Para cada uno de los sectores de consumo habrá una fuente energética de mayor crecimiento, como indica la tabla 22.

Tabla 22. Prospectiva de crecimiento por sector

Proyección de crecimiento promedio anual en el consumo energético del sector comercial				
Fuente	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025
Electricidad	9,3%	7,0%	5,7%	5,0%
Gas natural	3,8%	3,0%	2,8%	2,6%
GLP	3,2%	1,8%	1,0%	0,7%
Gasolina	1,7%	1,7%	1,7%	
ACPM	1,7%	1,7%	1,7%	

Proyección de crecimiento promedio anual en el consumo energético del sector industrial				
Fuente	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025
Electricidad	3,5%	3,0%	3,1%	3,5%
Gas natural	2,6%	2,7%	2,7%	2,8%
Leña	3,2%	3,3%	2,0%	0,0%
Bagazo	2,0%	2,6%	3,2%	2,8%
Carbón	4,3%	3,9%	3,6%	3,6%
ACPM	1,8%	1,8%	1,8%	1,8%
Derivados Oil	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%

Proyección de crecimiento promedio anual en el consumo energético del sector residencial				
Fuente	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025
Electricidad	1,7%	1,7%	1,9%	1,8%
Gas natural	2,7%	2,4%	2,2%	2,3%
GLP	1,8%	0,9%	0,3%	0,1%
Leña	-4,3%	-2,7%	-1,0%	-1,0%
Carbón	-1,6%	-1,9%	-0,2%	-0,2%
Otros	1,7%	1,7%	1,7%	1,7%

Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2006).

La administración de los recursos energéticos se concentra en tres grandes áreas: la seguridad en el suministro y el impacto de las fuentes energéticas, la eficiencia energética y la calidad de la energía; esta última, a su vez, se concentra en la calidad de la potencia y del servicio. La demanda de energía considera además la calidad en diferentes ámbitos:

- Variaciones de frecuencia, que raramente ocurren en sistemas alimentados por las compañías suministradoras, siendo más común que se encuentren en sistemas aislados de motor-generador en los que las variaciones de carga provocan variaciones de frecuencia.
- Variaciones de amplitud, que pueden ocurrir en diferentes formas y rangos de duración, y que van desde transitorios de muy corta duración hasta condiciones de estado estable.
- Variaciones en la forma de onda de tensión o corriente, producidas por cargas no lineales, denominada distorsión armónica, siendo una condición de estado estable.
- Desbalanceo entre las fases de un sistema polifásico, causado principalmente por la operación de cargas monofásicas desiguales que afectan las máquinas rotatorias y circuitos rectificadores trifásicos (APyC - Téllez, 2010).

Como tendencia se puede establecer que la administración de la calidad en la energía se origina por la necesidad de dar solución a diferentes problemas en el rendimiento de los equipos tecnológicos (APyC - Téllez, 2010).

No obstante, más que un criterio técnico, el desarrollo en la calidad de la energía requiere estructuras administrativas que tengan presente las necesidades del contexto y la voz del usuario final (Frost y Sullivan, 2010).

En relación con la administración del recurso energético, se puede establecer que las inconformidades son un tema crucial en la prestación de los servicios público- domiciliarios, donde la mayor inconformidad se presenta en el servicio de electricidad y es de alta sensibilidad en zonas rurales (Superintendencia de Servicios Públicos, SSPD, 2009).

La percepción de calidad en el servicio está sujeta en gran medida a la percepción de costos por parte del usuario. Este comportamiento incide tanto en la imagen de las empresas que suministran energía como en la percepción general del servicio, donde los precios son reflejo de las barreras técnicas y administrativas de estas empresas ICM Projects (2009).

Una de las alternativas para la reducción de costos y la mejora de la calidad en la energía es a través de la eficiencia energética, la cual se puede definir como el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de sus cadenas energéticas:

- Selección de fuentes energéticas
- Producción
- Transformación
- Transporte
- Distribución
- Consumo
- Reutilización

La mayor responsabilidad en el uso eficiente de la energía (directa o indirecta) se encuentra en la dinámica de consumo humano, que exige transformaciones de tipo social para asumir el desarrollo como un fenómeno basado en la eficiencia y no en la explotación intensiva de los recursos (Cepal - Horta, 2010).

Por su parte, las políticas, los indicadores y programas se traducen en planes tan concretos como la sustitución paulatina en la tecnología de electrodomésticos ineficientes desde el punto de vista energético, como las neveras y los bombillos. Se originan cambios en la industria para la producción eficiente y la manufactura de materiales versátiles. Existen políticas que promueven la conciencia en la dinámica de consumo (Cepal - Horta, 2010).

Tomando en cuenta todo lo anterior, se puede afirmar que los desarrollos en múltiples campos, entre ellos la iluminación, consideran como variable clave de diseño y desarrollo la eficiencia en la utilización de recursos. Así, por ejemplo, el futuro en la iluminación se basa en el diseño de alternativas estético-ambientales que incorporan altos estándares de desempeño y sencillez, siendo la tecnología LED una respuesta a las necesidades de eficiencia energética en iluminación. Su vida útil promedio de 50.000 horas hace que esta tecnología sea viable en costos por el gran ahorro en mantenimiento (Schröder, 2008; Schoff, 2010).

## **2.4 Algunos programas para la financiación de proyectos en energía**

El Banco Interamericano de Desarrollo, BID, es una de las entidades de mayor incidencia para el desarrollo de proyectos con opciones de financiación en materia de energía a nivel internacional, y que específicamente busca aprovechar las potencialidades de Latinoamérica como generador de fuentes energéticas diversas.

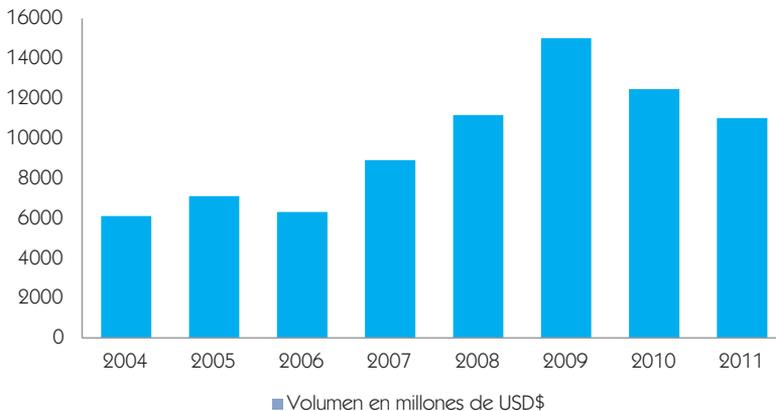
El programa de financiación de proyectos energéticos que se promueven a través del BID tienen por objetivo, además de la vinculación de múltiples actores que respalden su desarrollo en investigaciones científicas y tecnológicas que aseguren la solución técnica, unos resultados o impactos a nivel social y ambiental.

La posibilidad de obtener recursos significativos para este sector ha sido una necesidad prevista por el Ministerio de Minas y Energía, y al respecto se han hecho esfuerzos que buscan establecer las bases para la formulación de proyectos de cooperación internacional en materia energética. En relación con esta dinámica se han adelantado algunos trabajos, entre ellos el de *Integración eléctrica y apoyo al sector energético en Colombia* (Alves, 2011), el cual presenta un panorama de capacidades a nivel regional, unas necesidades y unos flujos de inversión que incentivan la participación en este tipo de proyectos, y que se constituyen en un marco de referencia por la manera en que es abordado el tema energético.

A continuación se presentan los principales elementos que dan cuenta del perfil de proyectos que suscitan interés del BID, dados desde la perspectiva de grandes desafíos que parten de la lectura de unas capacidades y del estímulo a la inversión a través de créditos para el desarrollo del sector.

La figura 40 presenta los montos para el desarrollo de proyectos en el sector energético en Latinoamérica y el Caribe, LAC; en ella se puede observar el incremento de los recursos hacia 2008 asociables a la concepción de los recursos energéticos como eje estratégico para el desarrollo de los países emergentes.

Figura 40. Volumen de préstamos aprobados desde 2004 para inversión en proyectos energéticos en LAC (Latinoamérica y el Caribe)



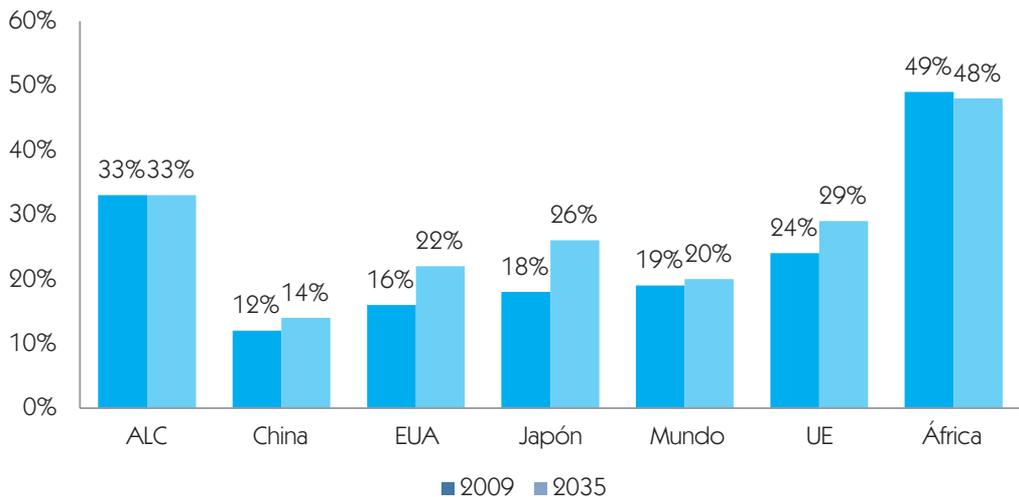
Fuente: Alves (2011).

Los recursos en préstamo promedio para el período 2004-2007 alcanzaron los USD\$ 7.100 millones; por su parte, los recursos promedio de 2008 a 2011 alcanzaron los USD\$ 12.400 millones, denotando la gran confianza y tendencia de crecimiento en los proyectos energéticos en LAC.

Tales flujos de recursos y su lógica de incrementos pueden tener explicación mediante el análisis de las principales capacidades de LAC para la generación de energía limpia y las necesidades energéticas de esta zona geográfica, que hacen que este tipo de proyectos sean necesarios y de gran impacto.

La figura 41 presenta el panorama mundial de la participación de las energías de baja emisión en carbono en su suministro de energía primaria, siendo el papel de LAC importante y estable para el futuro.

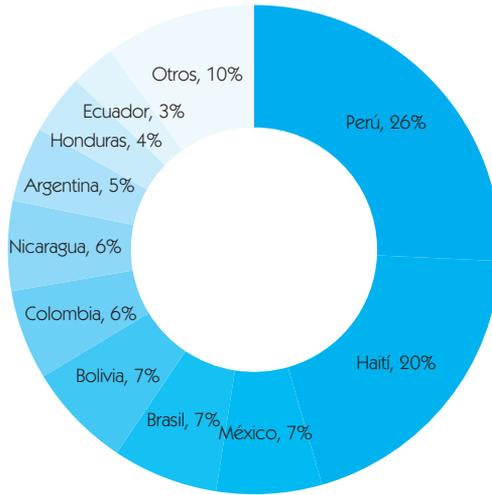
Figura 41. Grandes desafíos energéticos en LAC. Mantener el liderazgo en energías limpias y bajas emisiones



Fuente: Alves (2011).

En la figura 42 se indican las principales necesidades energéticas para LAC, existiendo una población crítica sin acceso a electricidad de cerca de 35 millones de personas.

Figura 42. Grandes desafíos energéticos en LAC. Aumentar el acceso a la energía de manera sostenible



Fuente: Alves (2011).

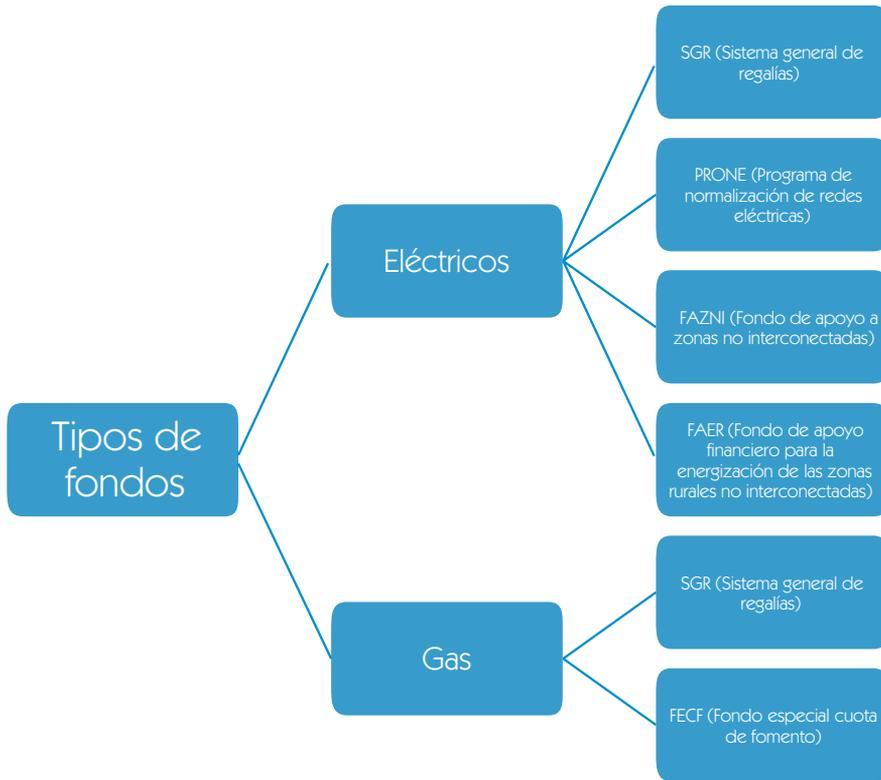
Para Colombia específicamente se presenta, a través del Ministerio de Minas y Energía (2011), una guía para la formulación de proyectos que buscan recursos en diferentes fondos que tienen que ver particularmente con el sector energético nacional.

La estructura del programa y la guía se resumen en la figura 43, donde se registran los diferentes programas para el acceso de recursos; en dicha estructura se destaca la participación del Sistema General de Regalías como uno de los principales fondos de recursos para el desarrollo del sector.

Entre los aspectos que han sido establecidos como clave para obtener financiación de fondos estatales se encuentran:

- Cumplir con la normatividad vigente.
- Permitir el crecimiento y desarrollo de la zona, ampliando mercados o desarrollando nuevos proyectos.
- Tener viabilidad técnica, ambiental, financiera, social y económica.
- Ser funcional, que asegure la disponibilidad del servicio a las viviendas en forma segura y confiable.
- Desarrollarse de manera efectiva y eficiente en tiempo y recursos.
- Permitir medir su impacto comparando lo planeado contra lo realmente realizado.

Figura 43. Principales fondos de apoyo financiero del Estado colombiano para proyectos de ampliación de la cobertura de energía eléctrica y gas



Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2011).

- Posibilitar el cese del proyecto en un momento crítico.
- Surgir del análisis de diferentes alternativas.
- Adaptarse a nuevas tecnologías.

“Cuando un proyecto cumple con estos aspectos clave, el grado de efectividad para su desarrollo se considera muy alto” (Ministerio de Minas y Energía, 2011, p. 6). Cada uno de estos programas presenta condiciones particulares de participación que se resumen en la tabla 23.

Tabla 23. Resumen de aspectos clave de los diferentes programas de fondeo para el sector energético nacional

Programa	Generalidades
SGR	<p>Contempla la creación de cuatro fondos: 1. Ciencia, tecnología e innovación; 2. Desarrollo regional; 3. Compensación regional, y 4. Ahorro y estabilización.</p> <p>Los criterios para la priorización de proyectos son: 1. Impacto territorial, económico, social, cultural y ambiental. 2. Cumplimiento de las metas sectoriales o territoriales en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo y los planes de desarrollo territoriales. 3. Mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras, de las comunidades indígenas y del pueblo rom o gitano de Colombia. 4. Contribución a la integración regional, nacional y fronteriza. 5. Conformación de esquemas asociativos consagrados a través del mecanismo de contratos Plan. 6. Proyectos orientados al mejoramiento de la infraestructura en las zonas de frontera. 7. Mejoramiento de la infraestructura en las zonas de exploración y explotación de recursos no renovables. 8. Culminación de proyectos ya iniciados y que sean prioritarios para el desarrollo regional. 9. Destinación de recursos para inversiones físicas en educación. Parágrafo: en las zonas no interconectadas del país, tendrán especial consideración los proyectos de energización.</p>
FAER	<p>Este fondo financia hasta el 100% de la inversión inicial del proyecto, siempre y cuando no requiera recursos adicionales que garanticen su sostenibilidad (gestión comercial, reposición de activos, entre otros).</p> <p>El diagrama de proceso para este tipo de proyectos plantea el siguiente flujo: 1. Empresa presenta proyecto. 2. UPME, si proyecto cumple requisitos. 3. Proyecto dentro de zona de cobertura definida por MME. 4. Concepto favorable UPME. 5. Ministerio de Minas y Energía. 6. Asignación recursos Cafaer.</p>
Prone	<p>Consiste en la financiación, por parte del Gobierno Nacional, de proyectos para barrios subnormales, que implican la instalación o adecuación de las redes de distribución de energía eléctrica, la acometida a la vivienda del usuario, incluyendo el contador o sistema de medición del consumo, el cual podrá ser un sistema de medición prepago.</p> <p>El diagrama de proceso para este tipo de proyectos plantea el siguiente flujo: 1. Operador de red presenta proyecto como respuesta a convocatoria. 2. Minminas evalúa el cumplimiento de los requisitos. 3. En caso de cumplir, Evaluación Grupo de Apoyo Técnico (MME y UPME), 4. Caprone asigna recursos.</p>
FEFC	<p>Sus recursos provienen de una cuota del 3% sobre el valor de la tarifa que se cobra por el gas objeto del transporte efectivamente realizado, sufragada por todos los remitentes del Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural.</p> <p>Su objeto es la financiación de proyectos de inversión para la construcción de ramales de transporte, sistemas de distribución, conexiones a usuarios de menores ingresos (estratos 1 y 2), estaciones descompresoras de gas natural.</p> <p>El diagrama de proceso para este tipo de proyectos plantea el siguiente flujo: 1. Empresas presentan proyecto. 2. UPME evalúa el cumplimiento de requisitos. 3. Emisión de un concepto favorable por parte de la UPME. 4. Listado de priorización que emite la UPME. 5. Ministerio de Minas y Energía. 6. Asignación de recursos.</p>

### Continuación tabla 23. Resumen de aspectos clave de los diferentes programas de fondeo para el sector energético nacional

Programa	Generalidades
Fazni	<p>Tiene como objeto la energización de las poblaciones y capitales departamentales de las Zonas No Interconectadas, por medio de la puesta en marcha de centrales de generación no convencionales o interconexión de población al SIN, o interconexión entre poblaciones no interconectables al SIN, o rehabilitación o recuperación de infraestructura existente; posteriormente fue reglamentado por el Decreto 1124 de 2008.</p> <p>Los recursos del fondo provienen del recaudo que realiza el ASIC, a razón de \$1.00 moneda corriente por cada kWh despachado por la bolsa de energía, pagados por los agentes generadores, valor indexado anualmente con el IPP.</p> <p>El diagrama de proceso para este tipo de proyectos plantea el siguiente flujo: 1. Entidad territorial presenta proyecto. 2. Recibe Minminas. 3. El IPSE (ZNI) evalúa el cumplimiento de requisitos. 4. Se emite concepto favorable, Minminas. 5. Cafazni asignación.</p>

Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2011).

La cantidad de recursos que asignan estos diferentes programas de fondeo para el sector energético nacional se resumen en la tabla 24 (se presentan los recursos asignados en millones de pesos).

Tabla 24. Recursos de los sectores de energía eléctrica y gas

Fondo	2010	2011	2012 (recursos presupuestados)
FAER	21.527	43.400	118.201
Prone	53.500	59.800	83.056
FECF	15.179	18.048	7.524
Fazni	123.326	162.137	96.715
Total	213.532	283.385	305.496

Fuente: Ministerio de Minas y Energía (2011).

## Anexo 3. Equipo de la Agenda Energía

### 3.1 Integrantes de los diferentes equipos de trabajo que apoyan el Proyecto Agendas de Conocimiento

Existen varios equipos de trabajo involucrados como apoyo al proceso de soporte de la información, la construcción y la conceptualización del Proyecto Agendas de Conocimiento. En total se cuenta con unas cincuenta personas vinculadas al proyecto, 15 de ellos docentes, 27 estudiantes auxiliares, 14 de pregrado y 13 de posgrado, así como dos profesionales y cinco funcionarios de apoyo. A continuación se mencionan las personas vinculadas a cada uno de los equipos.

Tabla 25. Integrantes equipo de apoyo logístico y coordinación

Nombre	Descripción
Adriana del Pilar Sánchez Vargas	Apoyo conceptual coordinación
Edwin Arnulfo Güiza Gámez	Vigía de apoyo general
Pedro Amaya Rodríguez	Apoyo logístico

Tabla 26. Integrantes equipo técnico de gestión de la información VRI

Nombre	Descripción
Jenny Marcela Sánchez Torres	Profesora asociada, asesora VRI, coordinadora equipo técnico gestión de la información
Carlos Andrés Morales M.	Profesional universitario
Sloan Moreno Rodríguez	Profesional universitario

### 3.2 Integrantes de los diferentes equipos de trabajo que apoyan el Proyecto Agendas de Conocimiento

Los expertos que conforman la Agenda Energía fueron seleccionados a partir de una base de datos suministrada por la VRI donde sus investigaciones y productos de investigación los hicieron merecedores de participar en la construcción de esta Agenda. En la tabla 27 se presentan los expertos con una breve descripción de su CV.

Tabla 27. Expertos de la Agenda Energía

Nombre	Descripción
Eduardo Antonio Cano Plata	Doctor en Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, especialista en Ingeniería Eléctrica-Distribución de la Universidad Nacional de Colombia y especialista en Transitorios electromagnéticos de la Universidad de San Juan
Farid Chejne Janna	Posdoctorado Université Libre de Bruxelles. Doctor en Sistemas energéticos Universidad Politécnica de Madrid
José de Jesús Díaz Velásquez	Doctor en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Magister en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia
Isaac Dyrer Rezonzew	Doctor en Ciencias de la Decisión Energía de la Universidad de Londres. Magister en Investigación de Operaciones de University of Southampton
Luis Octavio González Salcedo	Doctor en Ingeniería, Universidad del Valle. Master of Science in Engineering Newport University
Sergio Hernando Lopera	Doctor Université Pierre Mendès France Economie Appliquée
Paulo César Narváez Rincón	Doctor en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia
Horacio Torres Sánchez	Technische Universitaet Darmstadt. Institut Fuer Hochspannung. Magister en Sistemas de potencia
Camilo Younes Velosa	Doctor en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Ingeniería Eléctrica, Universidad Nacional de Colombia

## Agenda: ENERGÍA

Se terminaron de imprimir 500 ejemplares en diciembre de 2013, en los talleres de Javegraf, calle 46 N°. 82-54 Int. 2, Bogotá, D. C., Colombia. En su diagramación se utilizaron caracteres Kabel Bk BT. Se utilizó papel Propalmate de 90 gramos y, en la cubierta, papel Propalcote de 240 gramos.





Las Agendas de Conocimiento son el resultado de una iniciativa incluida dentro del Plan de Desarrollo 2010–2012 de la Universidad Nacional de Colombia, que buscó, a través de una construcción colectiva de la comunidad académica, plantear horizontes sobre el direccionamiento del conocimiento generado en la Universidad aplicado a las realidades nacionales e internacionales. En dichos instrumentos se consolida, para doce áreas de conocimiento interdisciplinar, un diagnóstico de las capacidades con que cuenta la Universidad y de sus perspectivas futuras de desarrollo.

Las Agendas de Conocimiento son uno de los insumos básicos para consolidar el **Sistema de Investigación de la Universidad Nacional (SIUN)** en el marco del Plan de Desarrollo 2013–2015, y son fundamentales en el proceso de articular las potencialidades de trabajo de la Universidad con los requerimientos de la sociedad en términos de aportar soluciones a sus problemáticas. Estas Agendas han facilitado, entre otras acciones, la activa participación de la Universidad en el desarrollo de proyectos financiados por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías. De la misma forma se han convertido en una herramienta muy útil para que la Universidad contribuya a generar políticas públicas.

### **Alexánder Gómez Mejía**

Vicerrector de Investigación

(2012–2014)



**Plan Global de Desarrollo 2010–2012**

**Plan Global de Desarrollo 2013–2015**

