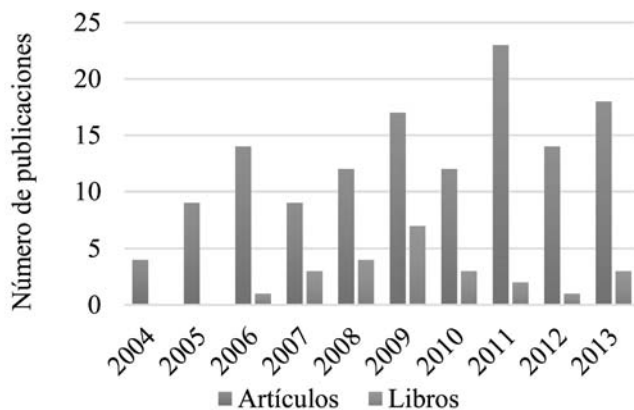


Análisis de la producción científica en energía en Caldas, Colombia¹

SARA RESTREPO*
KATHERINE SALAZAR*
OLGA OCAMPO*
MARÍA DEL CARMEN VERGARA*



Resumen

La sostenibilidad de la matriz energética y el impacto ambiental ha llevado al país a ocupar la quinta posición en el índice de competitividad energética global. El desarrollo del sector ha sido fundamental para la transformación productiva, pero el fortalecimiento de la Ciencia, Tecnología e Innovación –CTeI–, es necesario, en especial, en fuentes no convencionales de energía. Recientemente, la Estrategia Nacional de Desarrollo Bajo en Carbono ha brindado elementos de política para un mayor impulso de las fuentes de energías renovables. Colciencias, por su parte, ha establecido como una de sus líneas prioritarias el Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, que tiene definidos un Plan

¹ Este proyecto hace parte de los productos relacionados en el informe de la V Semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación –CTeI–, en Caldas, 2014. Proyecto financiado por la convocatoria 641 de 2013 de Colciencias e instituciones aliadas.

(*) Universidad Autónoma de Manizales, Antigua Estación del Ferrocarril, Manizales, 170001, Colombia.

Estratégico Nacional y un Plan de CTeI de energía sustentable. Para las regiones, el alineamiento de los planes de CTeI es prioritario para soportar el desarrollo del país y afrontar los retos del sector energético en materia de competitividad, seguridad y cambio climático. En el departamento de Caldas, la energía es una línea de énfasis propuesta en el Plan Estratégico de CTeI; las universidades y los grupos de investigación juegan un papel protagónico en el desarrollo de proyectos y actividades en esta línea. Es así como la Fundación Educativa para el Desarrollo de Caldas, Fundeca, y la Universidad Autónoma de Manizales, lideraron, en Caldas, las actividades de la Semana CTeI – 2014, en relación con las temáticas de Gestión de la Energía y Energías Renovables. En el marco de esta semana, el análisis de la producción científica de los grupos de investigación de Caldas fue realizado con el fin de brindar lineamientos para investigaciones futuras. Este artículo presenta el análisis de las publicaciones reportadas por la Plataforma Scienti de Colciencias, para el período 2010-2014. Los resultados permiten concluir que las publicaciones están concentradas en la temática de biocombustibles, y estas son lideradas por los grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Es necesario fomentar la investigación en las líneas estratégicas nacionales y departamentales de CTeI en Energía.

Palabras clave: energía, energías renovables, producción científica, biocombustibles, Colciencias, Scienti.

Abstract

The sustainable energy matrix and the environmental impact have led the country to occupy the fifth position in the global energy competitiveness index. The sector development has been crucial for productive transformation, but the strengthening of Science, Technology and Innovation- STI - is necessary,

especially in non-conventional energy sources. Recently, the National Strategy for Low Carbon Development has provided policy elements for further promotion of renewable energy sources. Colciencias, meanwhile has set, as one of its priority areas the National Programme for Research in Energy and Mining which has defined a National Strategic Plan and Sustainable energy STI plan. For the regions, alignment STI plans is priority to support the country development and face the challenges of the energy sector in terms of competitiveness, security and climate change. In the department of Caldas, energy is a line of emphasis proposed in STI plan; Universities and research groups play a leading role in the development of projects and activities in this line. Thus, the Educational Foundation for the Caldas Development, Fundeca, and the Universidad Autónoma de Manizales led in Caldas the activities of the STI week 2014 in Energy Management and Renewable Energy. As part of this week, the scientific production analysis of the Caldas research groups was conducted in order to provide guidelines for future research. This paper presents the analysis of the publications reported by Colciencias Scienti Platform for the period 2010-2014. The results suggest that the publications are concentrated on the biofuel issues; the research groups of la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales leading them. It is necessary to promote the research in the national and departamental strategic lines of STI in Energy.

Keywords: energy, renewable energies, scientific production, Colciencias Scienti.

1. Introducción

En el contexto energético actual se presentan tres grandes desafíos: la competitividad, la seguridad energética y el cambio climático (AENOR, 2011; K. Bunse, Vodicka, Schönsleben, Brühlhart & Ernst, 2011). Reducir la intensidad

energética es fundamental para mejorar la competitividad; controlar la volatilidad de los precios energéticos es parte de la seguridad energética; mientras que la gestión de la energía y la integración de energías renovables son estrategias para mitigar el cambio climático (Nejat, Jomehzadeh, Mahdi-Taheri, Gohari & Abd- Majid, 2015).

Durante las próximas décadas se estima que los combustibles fósiles continuarán siendo la fuente predominante de la matriz energética (Ruiz, 2007); en consecuencia, se presentan grandes retos para la diversificación de fuentes de abastecimiento que garanticen la seguridad energética y la reducción de la huella de carbono generada (International Energy Agency – IEA, 2011).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático –IPCC– (IPCC, 2012) afirma que el sector energético tiene gran dependencia de los combustibles fósiles y que las energías renovables solo representan el 12,9 %. En efecto, este sector es uno de los mayores contribuyentes a las emisiones de gases de efecto invernadero –GEI–, con una participación del 35 % del total de emisiones globales (IPCC, 2014).

Para la mitigación se han planteado alternativas como (IPCC, 2014): la eficiencia energética, la conversión de sistemas de combustibles fósiles, las energías renovables, la captura de CO₂, entre otros (Echevarría-Huaman & Xiu-Jun, 2014).

El incremento de la eficiencia energética es de particular importancia porque la energía es un factor determinante de la competitividad (Porter & Kramer, 2011).

1.1 Contexto energético en Colombia

En los últimos años, Colombia ha sido considerada como una de las mayores economías de América Latina, afrontando de forma notable la crisis económica mundial (OECD, 2014). El sector minero-energético ha sido de gran importancia en la estabilidad macro-económica, debido a la generación de divisas (Colciencias, 2005); en consecuencia, su desarrollo ha sido notable, tanto que Colombia es uno de líderes en el índice de competitividad energética global (5/146), según el *ranking* de KPMG y el Instituto Choiseul, que considera criterios de calidad de la matriz energética, el acceso y la disponibilidad de la electricidad y el impacto medioambiental

(Institut Choiseul & KPMG, 2012). Sin embargo, el país afronta los desafíos de la energía en materia de competitividad, seguridad energética y cambio climático.

El Consejo Privado de Competitividad –CPC– (2014) afirma que el sector energético debe contribuir aún más a la competitividad del país. Uno de los indicadores que permite evaluar esta contribución es el nivel de intensidad energética, que relaciona la eficiencia energética y la productividad del país (Ministerio de Minas y Energía, 2010). Este indicador ha presentado tendencias decrecientes y su nivel para el año 2012 (0,37 BEP/KUS\$PIB), ubica al país entre las diez economías con menor intensidad energética (Institut Choiseul & KPMG, 2012; UPME, 2013; OLADE, 2012).

No obstante, la demanda de energía evidencia tendencias crecientes. Para el período 2000-2012, los sectores con mayor demanda fueron transporte (36 %) e industria (35,8 %), que reportaron tasas de crecimiento promedio anual de 2,1% y 1,8%, respectivamente (UPME, 2013) (UPME, 2013).

Para atender esta demanda, se cuenta con fuentes primarias y secundarias. En las fuentes primarias, el gas natural tiene la mayor proporción con un 51,3 %, seguido de la leña y el carbón mineral con 20,6 % y 12,2 %, respectivamente (Ministerio de Minas y Energía, 2010); mientras que en las fuentes secundarias, los derivados del petróleo tienen la mayor participación con el 61,3 % (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

En consecuencia, la matriz energética colombiana se basa en combustibles fósiles y solo depende en un 25 % de la generación, a partir de fuentes renovables, en especial la hidroeléctrica (Ministerio de Minas y Energía, 2010). Esta participación, sin embargo, es superior al promedio mundial, que asciende al 8 % (OECD, 2014).

Considerando la matriz energética colombiana, se tienen lineamientos en el Plan Energético Nacional, como son: adecuar la oferta actual del diésel con la demanda; reorientar las demandas a través del Uso Racional y Eficiente –URE– de los recursos; establecer una política clara y asegurar el abastecimiento mediante una canasta energética diversificada, entre otros (UPME, 2010).

Por otra parte, se han definidos lineamientos en el sector energético por la Estrategia Colom-

biana de Desarrollo Bajo en Carbono (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010); mecanismo de mitigación al cambio climático que busca una contribución al desarrollo social, económico y ambiental del país, mediante el incremento de la eficiencia de los procesos productivos. Esta estrategia integra los programas de Uso Racional y Eficiente de Energía –Proure– y de energía limpia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Proure se orienta a la disminución de la intensidad energética, al mejoramiento de la eficiencia y a la promoción de fuentes no convencionales (Ministerio de Minas y Energía, 2010). El programa de energía limpia, por su parte, tiene como propósito aumentar el acceso a la energía renovable y la eficiencia energética en el país (USAID, 2012).

Estos programas de mitigación están siendo liderados por el Departamento Nacional de Planeación –DNP–, debido a su relevancia en la transformación productiva del país.

Si bien, la participación de Colombia en la generación de GEI es solo del 0,37 % para el año 2010, se requieren esfuerzos a nivel global para su reducción; en especial, en sectores como el energético, que es uno de los mayores contribuyentes en Colombia a los GEI, con un 36,6 % (OLADE, 2012).

Recientemente, se ha definido un marco normativo en el país para la promoción de estos programas. La Resolución 186 del 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2012), establece las metas de ahorro y eficiencia energética para Colombia: en el sector industrial, la meta de ahorro es 3,43 % en energía eléctrica para el año 2015 y 0,25 % en otros energéticos; mientras que para el sector transporte se tiene una meta de reducción de 0,33 % en otros energéticos. Esta resolución obliga a incluir las fuentes no convencionales de energía en el Sistema Interconectado Nacional –SIN– y en las Zonas No Interconectadas –ZNI–, con las siguientes metas: 1) SIN: 2015 3,5 %, 2020 6,5 %; 2) ZNI: 2015 20 %, 2020 30 % (MADS, 2012).

La Ley 1715 del 2014 promueve el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía –FNCE– (Congreso de Colombia, 2014). Esta Ley se enfoca en integrar las energías renovables al sistema energético nacional y las ZNI, y establece el marco legal

para el aprovechamiento de las fuentes no convencionales, fomentan la inversión, la investigación y el desarrollo de tecnologías limpias (Congreso de Colombia, 2014).

En materia de investigación en Colombia, Colciencias (2005) definió el plan estratégico del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería 2005-2015, con el objetivo de promover y apoyar los programas, planes y proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Este plan propone cinco finalidades hacia las cuales debe tender el aporte de CTeI, que son (Colciencias, 2005): el desarrollo y la productividad económica, la conformación de mercados y la regulación, el desarrollo humano y social, la sostenibilidad ambiental y la integración regional.

Las líneas estratégicas en investigación del Programa Nacional de investigaciones en Energía y Minería para el período 2010-2019, son (Colciencias, 2014): 1) Desarrollo de nuevos productos y materiales con base en recursos minero energéticos, 2) Mejoras en los procesos de producción y utilización de la energía, 3) Carboquímica y procesos de agregación de valor al carbón, 4) Bienes, insumos e ingeniería para la producción y utilización de la electricidad, 5) Agroenergía, 6) Tecnologías para la exploración y explotación de recursos mineros y energéticos, 7) Política, mercados y regulación minero-energética con criterios de sostenibilidad.

En el año 2012, Colciencias definió el plan de CTeI para el desarrollo de la energía sustentable en Colombia (Colciencias, 2012). Este plan contempla la implementación de proyectos de apropiación tecnológica, el aumento y uso eficiente de la inversión en investigación, la articulación entre el sector público y privado para la generación de productos innovadores, y la definición de propuestas para el uso de fuentes no convencionales de energía, con el objetivo de que den respuesta a los requerimientos del sector energético del país (Departamento Administrativo de Ciencia Tecnología e Innovación - Colciencias, 2012).

En el desarrollo de las energías sustentables, la Ley 1715 de 2014 busca estimular la investigación científica, el desarrollo tecnológico e innovación en energía renovables y en eficiencia energética, mediante el establecimiento de incentivos tributarios, arancelarios o contables, entre otros

mecanismos (Congreso de Colombia, 2014); para tal efecto, se requiere la participación de los diferentes agentes del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación –Snci–.

Finalmente, es necesario resaltar que el Plan Energético Nacional para el período 2010-2030 (UPME, 2010), pretende aumentar la confiabilidad y reducir la vulnerabilidad del sector energético, maximizar la contribución del sector a la competitividad del país, fomentar el desarrollo sostenible y adecuar el marco institucional. Una de las estrategias de este plan es el fortalecimiento de la investigación y el desarrollo con los agentes del Snci (UPME, 2010).

1.2 Contexto energético en Caldas

Las apuestas productivas del departamento de Caldas incluyen el sector de minas y energía, donde el carbón, la generación hidroeléctrica y la geotermia son actividades de interés (DNP, 2007).

En las fuentes primarias de energía como el carbón, existen reservas en el departamento de Caldas, localizadas en la zona carbonífera de Antioquia-Antiguo Caldas, que comprende áreas de Riosucio-Quinchía y Aranzazu-Santágueda (UPME, 2012).

En materia de generación hidroeléctrica, con la Central Hidroeléctrica de Caldas –CHEC– y las centrales de ISAGÉN S. A. ESP, el departamento es un jugador importante del país en el tema energético.

CHEC es la empresa distribuidora y comercializadora de energía eléctrica; atiende los 27 municipios de Caldas y 15 corregimientos (CHEC, 2013).

La cobertura en energía eléctrica en las viviendas del departamento de Caldas alcanza el 98,2 %, valor superior a la media nacional establecida en 85,68 % (DANE, 2010). La cobertura urbana es del 100 %, mientras que la rural alcanza el 96,84 % (CHEC, 2013). Sectorialmente, la participación en el consumo, en el año 2011, fue la siguiente (CHEC, 2013): residencial (56,8 %), comercial (20,6 %), industrial (13,0 %), oficial (1,4 %) y otros (8,3 %).

Para lograr la distribución de la energía, CHEC cuenta con 61 subestaciones completamente automatizadas; 489 kilómetros de líneas de 115

kV y 734 kilómetros de línea de 33 kV, con las cuales se atienden 230 circuitos de redes de 13,2 kV, que representan 8.147 km y en redes de baja tensión urbanas 17.063 km (CHEC, 2013).

Entre los proyectos de la CHEC para la incorporación de energías no convencionales, se encuentran: la microcentral el Chispero, la repotencialización de las plantas municipal e intermedia, y el proyecto Valle de Nereidas, que busca la generación de 50 MW a partir de la energía geotérmica en el Macizo Volcánico del Ruiz (CHEC, 2014).

ISAGÉN S. A. ESP adelanta también un proyecto geotérmico en el Nevado del Ruiz (ISAGÉN, 2013); desde el año 2008 evalúa el posible aprovechamiento del recurso geotérmico en el flanco noroccidental de este Macizo (ISAGÉN, 2013). Esta compañía de generación y comercialización de energía en Colombia cuenta con diferentes obras y proyectos en el departamento de Caldas (ISAGÉN, 2013). La Central Hidroeléctrica Miel I, localizada en el municipio de Norcasia, utiliza el recurso hídrico de las cuencas de los ríos La Miel y Guarinó para la generación. A partir del año 2010, esta central aumentó su capacidad con el transvase del río Guarinó y desde el año 2013 con el transvase del río Manso.

El plan estratégico de CTeI para el departamento de Caldas reconoce que la energía es un sector estratégico de gran relevancia, que impacta en el desarrollo donde se presenta oportunidad para la investigación (Universidad Nacional de Colombia, 2013). Este plan, que tiene como objetivo abrir nuevas perspectivas y focalizar oportunidades de inversión en áreas aún no exploradas, presenta las áreas de prioridad y las líneas de énfasis para el desarrollo de la CTeI (Universidad Nacional de Colombia, 2013): 1. Fuentes de energía (convencionales y no convencionales); 2. Sostenibilidad y mercados energéticos (sostenibilidad energética, mercados y suministro, regulación y observatorios); 3. Demanda de energía en los sectores residencial, comercial, industrial, transporte y rural.

Según el plan estratégico en CTeI, las fuentes de energía requieren un avance en el componente científico-tecnológico que considere fuentes no convencionales. Este plan indica, además, que los aspectos de sostenibilidad y mercados energéticos son fundamentales para

las necesidades regionales, teniendo en cuenta la apertura de mercados de diversas fuentes, las políticas sectoriales y la regulación en la ZNI (Universidad Nacional de Colombia, 2013).

1.3 Vigilancia tecnológica, herramienta para el análisis de la producción científica

El análisis en los procesos de investigación y producción de nuevo conocimiento permite determinar la situación actual, las tendencias y retos futuros en determinado campo de la ciencia (Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo, Universidad de Chile, 2012). El estado del arte en la investigación hace referencia a un acercamiento formal en un tema determinado, en aras de conocer los antecedentes y conocimiento generado en dicha área (Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo, Universidad de Chile, 2012).

Para realizar la recopilación de información y acceder a fuentes de información, es necesario aplicar una herramienta de captura de información. La vigilancia tecnológica, a través de un proceso organizado, selectivo y sistemático, permite captar información para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios (Escorsa & Maspons, 2001).

El Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, aplicó las herramientas de vigilancia tecnológica para establecer un panorama general de la producción científica en energías renovables a nivel mundial y en Iberoamérica (OEI, 2013).

A nivel mundial, la investigación es liderada por Estados Unidos, China, Corea, Alemania e India; las temáticas se concentran en energía solar, biocombustibles y energía eólica. La evolución de la producción científica, medida en función del total de artículos en revistas del Science Citation Index - SCI, pasó de 1816 en el año 2000 a 9460 en 2011 (OEI, 2013).

En Iberoamérica, aunque se evidencian tendencias crecientes en la producción científica, los niveles son relativamente bajos; la producción acumulada para el período 2000-2011, fue liderada por España con 2667 artículos; seguida por Brasil con 1023; México con 522; Portugal con 480; Argentina 285; y Colombia con 146 (OEI, 2013). En Iberoamérica la investigación en biocombustibles presentó un mayor crecimiento, superando a la energía solar (OEI, 2013).

En Colombia, las herramientas de vigilancia tecnológica han sido empleadas para los planes de transformación de las cadenas y sectores productivos en diferentes sectores como: metalmecánico (PTP, 2013), textil-confección (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009), chocolatería y confitería (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2010) y en la identificación de prioridades en CTel (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2008).

El Plan Estratégico del Programa Nacional de investigaciones en Energía y Minería 2005-2015 (Colciencias, 2005) presenta los resultados de la aplicación de esta herramienta partiendo de la información registrada en la red Scienti de Colciencias, para el año 2005, donde se identificaron 88 grupos de investigación pertenecientes al Programa Nacional y 20 grupos con capacidad y experiencia en proyectos de energía y minería, que se enfocaban en las siguientes temáticas (Colciencias, 2005): 1) Uso racional de energía (24 %): gestión energética, optimización de procesos, nuevos combustibles; 2) sector eléctrico (22 %): sistemas de potencia, distribución, calidad de la energía, economía energética; 3) Hidrocarburos (14 %): modelamiento de yacimientos, mejoramiento en la recuperación, metrología en gas; 4) Minería (13 %), 5) Carbón (9 %), 6) Electroquímica y corrosión (5 %), 7) Energías alternativas (3 %), 8) Otras áreas temáticas (10 %).

La metodología de vigilancia tecnológica fue empleada en este trabajo para recopilar información, evaluar las tendencias y analizar la producción científica de las investigaciones realizadas en Energía, por los grupos de investigación del departamento de Caldas. Este tipo de análisis permite establecer las áreas alrededor de la producción de nuevo conocimiento, la participación de los grupos de investigación y las alianzas entre instituciones; esto, con el fin de identificar oportunidades de mejora, considerando los lineamientos departamentales y nacionales consignados en los planes de CTel.

2. Metodología

Esta investigación de tipo documental, basada en la metodología de estado del arte, utilizó como fuente de información los registros de la plataforma ScienTI de Colciencias (2014).

El análisis consideró la revisión de todos los GrupLac de los grupos de investigación del departamento de Caldas; la selección de los grupos con productos, resultado de actividades de generación de nuevo conocimiento, se realizó según el modelo de medición de grupos de Colciencias (2014). Se tuvieron en cuenta los artículos científicos, los libros resultados de investigación y productos tecnológicos patentados relacionados con energía, registrados durante el período 2004-2014; se tomó una ventana de tiempo de 10 años, comúnmente empleada para el análisis del estado del arte.

Con la información de los GrupLac, se elaboró una base de datos para la consolidación de las estadísticas por grupo e institución, que permitieron evaluar la dinámica de los productos de nuevo conocimiento, a través del período de tiempo evaluado.

Se aplicaron pruebas de estadística descriptiva y análisis gráficos considerando la participación porcentual. Se evaluó el factor de impacto de las publicaciones con base en el *ranking* de Pubindex de las revistas donde fueron publicadas a nivel nacional e internacional (Colciencias, 2014).

La clasificación de la producción científica fue definida de acuerdo con las siguientes áreas temáticas, establecidas según los registros del GrupLac: biocombustibles, energía eléctrica, energía eólica, energía hidroeléctrica, energía solar, gestión energética, seguridad energética.

3. Resultados

Los registros de la plataforma Scienti (Colciencias, 2014) evidencian la existencia de 4 303 grupos de investigación en el país, para el año 2014. El Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería contempla 148 grupos, que corresponden al 3,4 % del total nacional. 83 de estos grupos (80 %) reportan este programa como línea principal, mientras que los 65 restantes (20 %), como secundaria.

La plataforma Scienti registró para el año 2014 un total de 116 grupos de investigación en el departamento de Caldas, que representan el 2,7 % del total nacional. Solo se tienen 4 grupos de investigación (3,4 %) que reportan como línea principal (2 grupos) o secundaria (2 grupos) el Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería.

Sin embargo, el análisis de los GrupLac permitió identificar 22 grupos, que corresponden al 19 % del total del Departamento, con producción científica en el área de energía. Estos grupos son los siguientes: Grupo de Investigación en Aprovechamiento de Residuos, Redes de Distribución y Potencia, Environmental Energy and Education Policy - E3P, Procesos Químicos Catalíticos y Biotecnológicos, Centro de Estudios Rurales (Ceres), Alimentos y Agroindustria, Agronomía, Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo, Grupo de Alimentos-Frutales, Grupo de Investigación en Automática, Diseño Mecánico y Desarrollo Industrial, Grupo de Control y Procesamiento Digital de Señales, Grupo de Investigación en Física y Matemática (con énfasis en la formación de ingenieros), Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Grupo Postcosecha 1996-2010, GTT - Grupo de Investigación en Telemática y Telecomunicaciones, Ingeniería Sísmica y Sismología, Innovación y Desarrollo Tecnológico, Laboratorio de Física del Plasma, Observatorio de Conflictos Ambientales, Grupo de Investigación en Aplicación de Nuevas Tecnologías, Estudios Jurídicos y Sociojurídicos. Las líneas de investigación de estos grupos se reportan en la Tabla 1.

La Figura 1 ilustra la distribución de los grupos por institución; la mitad de estos pertenece a la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

Según el escalafón de Colciencias, para el año 2014, el 41 % de estos grupos de investigación se ubica en las primeras posiciones, como se muestra en la Figura 2.

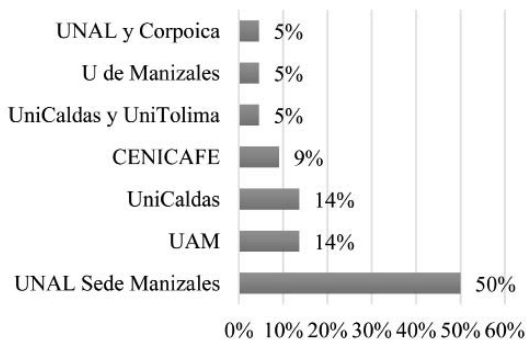
La producción de los grupos de investigación fue medida en términos de productos que fueron resultados de actividades enfocadas a la generación de nuevo conocimiento. Solo se consideraron los artículos científicos y libros de investigación, dado que no se reportaron productos tecnológicos patentados para el período de tiempo analizado.

Tabla 1. Líneas de investigación reportadas por los grupos

Línea de investigación	Número de grupos	
	Principal	Secundaria
CTel Agropecuaria	5	0
Ciencias Básicas	2	0
CTel de las áreas Sociales y Humanas	2	0
Electrónica, Telecomunicaciones e Informática	3	0
Formación de Investigadores	1	1
Energía y Minería	2	2
CTel en Educación	0	2
Biotechnología	0	2
Desarrollo Tecnológico e Innovación Industrial	4	7
CTel en Ambiente, Biodiversidad y Hábitat	2	4
No reporta	0	3

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Grupos de investigación con publicaciones en energía por institución

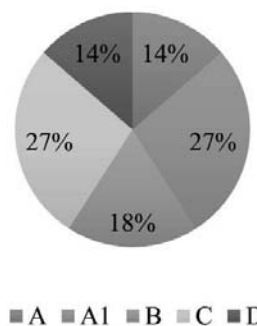


Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 presenta la dinámica anual de las publicaciones reportadas en la plataforma Scienti. Si bien la revisión se realizó con cierre al 30 de septiembre del 2014, no se encontraron productos relacionados para el año 2014. La producción acumulada para el período 2004-2013 asciende a 132 artículos y 24 libros. A partir del año 2005, cuando se estableció el Plan Estratégico del Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, se observa un incremento en la producción científica en el tema; sin embargo, los niveles son relativamente bajos, con un promedio de 2 libros y 13 artículos por año.

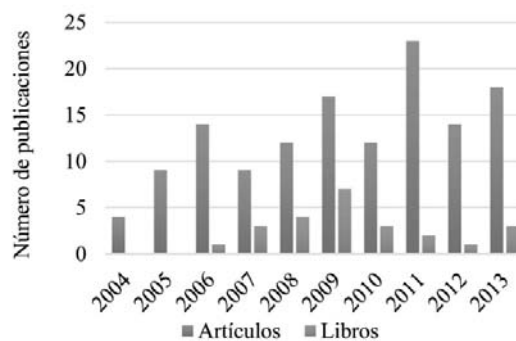
Para medir el impacto de los artículos científicos, se analizó el escalafón de las revistas considerando los rankings de Publindex. La Figura 4 compila estos resultados, donde se evidencia que el 59 % de las publicaciones se efectuó en revistas clasificadas como A1 y A2. Es clara la relación del nivel de impacto de las publicaciones con la categoría del grupo de investigación; el 74 % de los artículos científicos fueron producidos por los grupos de mayor escalafón, como se observa en la Figura 5.

Figura 2. Clasificación de grupos de investigación según las categorías de Colciencias



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Dinámica de las publicaciones por año



Fuente: elaboración propia.

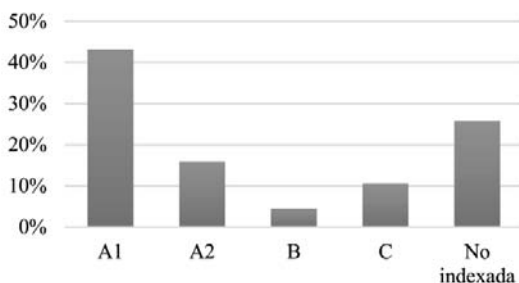
La participación porcentual de las instituciones en la producción científica se muestra en las Figura 6 y 7, donde se aprecia que los grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, son los más dinámicos en la generación de productos de nuevo conocimiento alrededor de la temática de energía en el departamento de Caldas.

Se evidencia, además, un modelo de trabajo colaborativo entre grupos de investigación de universidades y centros de investigación.

Considerando las áreas temáticas definidas en la metodología, la participación porcentual de los artículos y libros por área se ilustra en las Figuras 8 y 9, respectivamente.

La temática de biocombustibles concentra más del 50 % de las publicaciones, lo cual es consistente con las tendencias observadas a nivel mundial y en Iberoamérica. El 61 % de los artículos científicos en esta temática fue publicado en revistas A1 (49 %) y A2 (12 %). La Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, fue la institución más dinámica en la publicación, con el 88 % de los artículos y el 83 % de los libros de investigación, incluida la colaboración con otras instituciones. Esta área hace parte de la línea estratégica de agro-energía, que es de especial interés por el potencial de aprovechamiento de residuos agroindustriales.

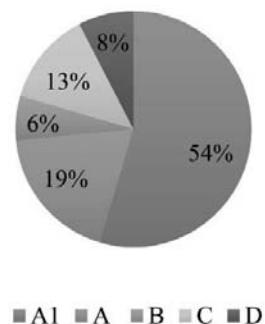
Figura 4. Clasificación de los artículos según su categoría



Fuente: elaboración propia.

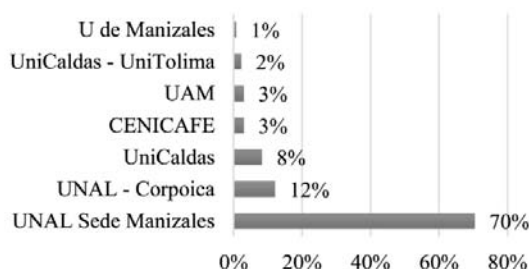
Por otra parte, la temática en energía eléctrica, que involucra las redes de distribución del sistema eléctrico y la evaluación e incremento de potencia, fue el segundo tema más frecuente en las publicaciones científicas. Los artículos en esta materia ascienden al 66 % en revistas A1 (42 %) y A2 (24 %). La Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, sigue liderando la producción en este caso, con el 92 % de los artículos y el 100 % de los libros de investigación.

Figura 5. Artículos científicos por categorías de los grupos de investigación



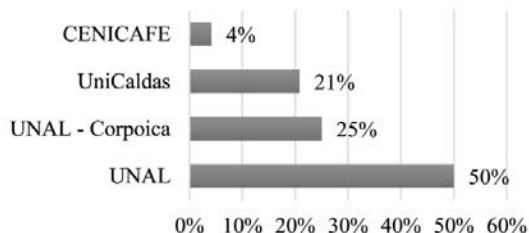
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Participación de las instituciones en la producción de artículos

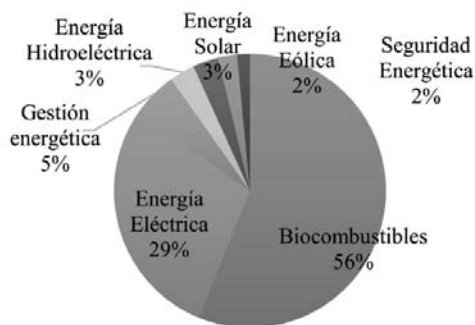


Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Participación de las instituciones en la producción de libros



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Áreas temáticas de los artículos científicos

Fuente: elaboración propia.

Las publicaciones en energías renovables que agrupan energía eólica, hidroeléctrica y solar sin tener en cuenta biocombustibles, tienen una participación porcentual relativamente baja, al igual que el factor de impacto, pues las publicaciones en revistas A1 y A2 fueron del 18 % y 9 %, respectivamente.

Para el año 2011, en Colombia se publicaron alrededor de 40 artículos en el área de energías renovables (OEI, 2013). Para Caldas, considerando biocombustibles, los artículos en revistas A1 y A2 ascienden a 7, que representa el 18 % de la producción nacional.

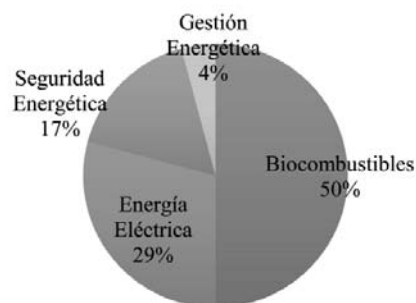
Los artículos en las temáticas de seguridad energética y gestión de la energía solo representan el 7 % de las publicaciones. Sin embargo, el 55 % de estos artículos fue publicado en revistas A1 (33 %) y A2 (23 %). Estas áreas son fundamentales para garantizar la competitividad, el suministro y reducir la intensidad energética.

Es necesario indicar que no se encontraron publicaciones en energía geotérmica para el período de tiempo evaluado; aunque hay entidades privadas ejecutando proyectos en el Macizo Volcánico Nevado del Ruiz.

En materia de cambio climático, no se identificaron productos que incorporen directamente su relación con la energía; pese a que hay una correspondencia directa de la eficiencia energética y las energías renovables con la mitigación del cambio climático por la reducción de emisiones de GEI.

Siguiendo las directrices nacionales, es importante la promoción de investigaciones en fuentes no convencionales de energía que

consideren las líneas estratégicas de CTeI, en materia de energía para el departamento: fuentes de energía, sostenibilidad y mercados energéticos, y demanda de energía.

Figura 9. Áreas temáticas en los libros resultados de investigación

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

El número de artículos científicos publicados por los grupos de investigación del departamento de Caldas presenta tendencias crecientes desde el año 2004. Sin embargo, se evidencia una reducción de los libros de investigación desde el año 2010.

Las publicaciones son lideradas por los grupos de investigación de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Se resaltan las redes de colaboración entre instituciones.

En Caldas, los artículos científicos publicados se concentran en el área de biocombustibles (56 %); dato que resulta consistente con las tendencias detectadas a nivel mundial y en Iberoamérica (OEI, 2013).

El análisis de las patentes publicadas evidencia que no hay registros de los grupos de investigación del Departamento; aspecto que difiere de las tendencias mundiales, que muestran una rápida expansión, pero que coincide con la escasez en la titularidad de patentes en Iberoamérica (OEI, 2013).

Se evidencia la necesidad de mejorar el factor de impacto de las publicaciones científicas en la línea de energía; en especial, en el tema de energías renovables.

Por otra parte, se requiere una mayor promoción de la línea de energías renovables, que

considere otras fuentes como: solar, geotermia e hidroeléctrica, que tienen grandes potencialidades e importancia (en especial la última, en Caldas).

Aunque se evidencian productos de nuevo conocimiento en energía por parte de los grupos de investigación, es necesario fomentar la investigación en las líneas estratégicas definidas en el Plan de CTeI departamental, como son: fuentes de energía, sostenibilidad y mercados energéticos, y demanda de energía. Se requiere, además, una mayor promoción de las líneas de la política nacional, en especial, en materia de energías renovables.

Referencias

Asociación Española de Normalización y Certificación - Aenor. (2011). *Requisitos con orientación para su uso. Sistemas de gestión de la energía. UNE - EN ISO 50001*. Madrid.

Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brühlhart, M. & Ernst, F. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management – gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, 19, 6, 667 - 679.

CHEC. (20 febrero, 2014). *Introducción al Uso Eficiente de la Energía y su uso*. Recuperado de <http://www.chec.com.co/sitioweb/node/406>.

----- (Febrero, 2013). *Informe de gestión 2012*. Recuperado de <http://www.chec.com.co/sitioweb/flash/files/informe%20de%20gestion%202012%20%281%29.pdf>.

Colciencias. (2014). *Plataforma ScienTI, 2014*. Colombia. Recuperado de <http://www.colciencias.gov.co/scienti>.

----- (Diciembre, 2014). *Publindex*. Recuperado de <http://publindex.colciencias.gov.co:8084/publindex/>.

----- (Noviembre, 2014). *Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación - Investigaciones en Energía y Minería*. Recuperado de http://www.colciencias.gov.co/programa_estrategia/investigaciones-en-energ-y-mineria.

----- (2005). *Plan Estratégico Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería*. Bogotá: Colciencias.

Consejo Privado de Competitividad - CPC. (2014). *Índice nacional de competitividad 2013*

- 2014, CPC. Bogotá.

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. (2012). *Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de la Energía Sustentable en Colombia*. Bogotá: KEMA, Inc.

Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - Colciencias. (2014). *Modelo de medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico o de innovación y de reconocimiento de investigadores del sistema nacional de CTeI*. Bogotá: Colciencias.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2010). *Boletín Caldas, Censo General 2005*. Bogotá: DANE.

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2007). *Agenda interna para la productividad y la competitividad – Caldas*. Bogotá: DNP.

Departamento Nacional de Planeación - Consejo Nacional de Política Económica y Social. (2008). *Conpes 3527 Política Nacional de Competitividad y Productividad*. Bogotá: Diario Oficial.

Echevarría-Huaman, R. & Xiu-Jun, T. (2014). Energy related CO2 emissions and the progress on CCS projects. *A review Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 368 - 385.

Escorsa, P. & Maspons, R. (2001). *De la Vigilancia Tecnológica a la Inteligencia Competitiva*. España: Prentice Hall.

Gobierno Nacional - Congreso de Colombia. (2014). *Ley 1715 del 13 de Mayo de 2014*. Bogotá: Diario Oficial.

Institut Choiseul & KPMG. (2012). *Global Energy Competitiveness Index*. París: Institut Choiseul.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam. (2010). *2a Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Bogotá: Ideam.

Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2014). *Climate Change: Mitigation of Climate Change*. Copenhagen: IPCC.

----- (2012). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*. New York.

International Energy Agency - IEA. (2011). *Clean Energy Report, IEA/OECD*. París.

ISAGEN. (2013). *Informe de gestión 2012*. Medellín: ISAGEN Energía Productiva.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Colombia. (2012). *Resolución 186*. Bogotá: Diario Oficial.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - Colombia. (2010). *Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono*. Bogotá: Diario Oficial.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Colombia. (2009). *Informe final sector textil, confección, diseño y moda. Desarrollando sectores de clase mundial*. Bogotá: Diario Oficial.

------. (2010). *Planes de Desarrollo para cuatro sectores clave de la agroindustria de Colombia*. Bogotá: Diario Oficial.

Ministerio de Minas y Energía - Colombia. (2013). *UPME, Cadena de petróleo 2013*. Bogotá: Diario Oficial.

------. (2010). *Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía - Proure*. Bogotá.

Nejat, P., Jomehzadeh, F., Mahdi-Taheri, M., Gohari, M. & Abd-Majid, M. (2015). A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 843 - 862.

Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI. (2013). *La investigación y el desarrollo en energías Renovables en Iberoamérica*. Buenos Aires.

OECD Publishing. (2014). *Environmental Performance Reviews OECD*. s. l.

OLADE. (2012). *Panorama General del Sector Eléctrico en América Latina y el Caribe*. Quito.

Porter, M. & Kramer, M. (2011). *Harvard Business Review*. s. l.

Programa de Transformación Productiva - Colombia. (2013). *Plan de Negocio para el sector siderúrgico PTP*. Bogotá.

Ruiz, A. (2007). *La seguridad energética de América Latina y el Caribe en el contexto mundial*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2012). *La cadena del carbón*. Bogotá.

------. (2010). *Plan Energético Nacional – PEN*. Bogotá: Unión Temporal Universidad Nacional y Fundación Bariloche, 2010.

Universidad Nacional de Colombia. (2013). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Departamento de Caldas*. Manizales: Universidad Nacional de Manizales - Colombia.

USAID. (2012). *Programa de Energía Limpia para Colombia –CCEP*. Bogotá.

Vicerrectoría de Investigaciones y Desarrollo, Universidad de Chile. (2012). *Vigilando Fronteras Tecnológicas*. Santiago de Chile.