

EVALUACIÓN DEL COMPONENTE DE INTERDISCIPLINARIEDAD EN LA
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LOS GRUPOS DE
INVESTIGACIÓN RELACIONADOS CON EL CAMPO DE LAS FUENTES NO
CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA.

AUTORES:

YÉSICA FERNANDA CONTRERAS MEJÍA
MARÍA TERESA NAVAS TORRES

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2014

EVALUACIÓN DEL COMPONENTE DE INTERDISCIPLINARIEDAD EN LA
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LOS GRUPOS DE
INVESTIGACIÓN RELACIONADOS CON EL CAMPO DE LAS FUENTES NO
CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA.

AUTORES:

YÉSICA FERNANDA CONTRERAS MEJÍA

MARÍA TERESA NAVAS TORRES

Trabajo de grado en modalidad “Pasantía de investigación” presentado como
requisito para optar al título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR:

DR. VIATCHESLAV KAFAROV

CODIRECTOR:

MARÍA CAROLINA ACEVEDO MARTÍNEZ

TUTOR:

JUAN DAVID SEPULVEDA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
INGENIERÍA INDUSTRIAL
BUCARAMANGA
2014

DEDICATORIA

A ti Diosito, porque fuiste el que iluminó mi camino y el que me dio la fortaleza para seguir siempre adelante.

A mi familia, especialmente a mi mamá y a mi papá por ser mi apoyo y por siempre confiar en mí.

A mis amigos de la universidad y de mi Ocaña querida, por estar presentes en los momentos malos y buenos y por brindarme todo su amor y cariño.

A mi novio, por ser esa persona que me alegra los días y me llena de amor y ternura.

A mis profesores, quienes ayudaron a formarme como la profesional que soy hoy.

YÉSICA FERNANDA CONTREAS MEJÍA

A mis padres, hermanos, Juan Manuel el motor de mi vida, familiares, compañeros de estudio, amigos y demás que me han acompañado en esta etapa que hoy culmina.

MARÍA TERESA NAVAS TORRES

AGREDECIMIENTOS

Las autoras de este proyecto agradecen:

A Dios y a la virgen, por permitir cumplir esta etapa de la vida y por bendecir cada paso que se da.

A la Ingeniera María Carolina Acevedo, por su orientación, dedicación y motivación en cada una las etapas del proyecto.

Al Ingeniero Juan David Sepúlveda, por su apoyo y compromiso con el desarrollo de cada una de las etapas del proyecto.

Al grupo CIDES, por su apoyo y enseñanza durante la pasantía de investigación.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	22
1 GENERALIDADES DEL PROYECTO	23
1.1 TÍTULO	23
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	23
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
1.4 OBJETIVOS.....	26
1.4.1 Objetivo General	26
1.4.2 Objetivos Específicos	26
2 MARCO TEÓRICO	28
2.1 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES	28
2.1.1 Grupos de Investigación.....	28
2.1.2 Productos resultados de las actividades del grupo de investigación, desarrollo tecnológico e innovación	29
2.1.3 Fuentes no Convencionales de Energía Renovable	31
2.1.4 Interdisciplinariedad	33
2.1.5 Niveles de Interdisciplinariedad.....	34
2.2 ANTECEDENTES DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD	39
2.3 EVALUACIÓN DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD	40
2.3.1 Indicadores Bibliométricos	46
2.3.2 Índice de Shannon- Weaver	48
3 DESARROLLO METODOLÓGICO	49
3.1 BÚSQUEDA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS	50
3.2 ANÁLISIS DE PERFILES DE PRODUCTOS.....	55
3.3 ANÁLISIS DEL NIVEL DE HETEROGENEIDAD DE LOS PERFILES DE INVESTIGADORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN.....	58

3.3.1	Obtención de información de perfiles de los autores.....	59
3.3.2	Obtención de índices de Shannon	61
3.3.3	Análisis de resultados	62
3.4	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE I+D EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA.....	63
4	CARACTERIZACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN QUE DESARROLLAN PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA.	64
4.1	DEPARTAMENTO-CIUDAD DE PROCEDENCIA.....	65
4.2	INSTITUCIONES DE PROCEDENCIA DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN.....	67
4.3	ÁREA DE CONOCIMIENTO.....	70
4.4	CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN.....	70
4.5	COMPOSICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN: INVESTIGADORES, ESTUDIANTES Y TÉCNICOS VINCULADOS.....	71
4.6	EDAD DE LOS GRUPOS- AÑO DE CREACIÓN	73
5	ANÁLISIS DE LOS PERFILES DE PRODUCTOS Y RESULTADOS DE I+D POR FUENTES EN LA DINÁMICA DE INVESTIGACIÓN.....	77
5.1	INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS PARA LA MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN.....	77
5.1.1	Volumen de producción relacionada con FNCE-R por los grupos de investigación objeto de estudio:.....	77
5.1.2	Distribución de la producción por tipo de fuente de energía	82
5.1.3	Calidad de las revistas en las que son publicadas los artículos relacionados con FNCE-R	84
5.1.4	Evolución cronológica de la producción científica en FNCE-R según el año de publicación de los documentos	85
5.1.5	Países principales en lo que se realizan publicaciones por parte de los grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia.....	87
5.1.6	Índice de coautoría.....	88

5.1.7	Análisis de palabras comunes.....	89
6	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL NIVEL DE HETEROGENEIDAD DE LOS PERFILES DE INVESTIGADORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN.....	95
6.1	Resultados Índice de Shannon.....	95
7	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE I+D EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA.....	104
7.1	EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA DEL NUMERO DE AUTORES Y ARTÍCULOS EN FNCE-R.....	104
7.1.1	Evolución cronológica de las actividades de I+D por tipo de fuente.	105
	CONCLUSIONES.....	111
	RECOMENDACIONES.....	113
	BIBLIOGRAFIA.....	113

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Análisis de Casos de estudio sobre Interdisciplinariedad	41
Tabla 2. Palabras Clave de búsqueda.....	52
Tabla 3. Departamentos que componen cada una de las zonas de Colombia.	54
Tabla 4. Pesos asignados a cada categoría de artículo	63
Tabla 5. Número de Investigadores, Estudiantes y Técnicos en Grupos de Investigación por Zona y a nivel Colombia	71
Tabla 6. Resultados análisis de Pareto basado en el aporte por grupo de investigación al total de publicaciones en FNCE-R.....	79
Tabla 7. Ranking de países principales de publicación por parte de los grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia.....	87
Tabla 8. Cálculo del índice de coautoría para las publicaciones en FNCE-R	88
Tabla 9. Principales perfiles de investigadores a Nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado	95
Tabla 10. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [0-3,5).].....	97
Tabla 11. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1) y calidad [0-3,5).....	98

Tabla 12. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [3,5-10]..... 101

Tabla 13. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [3,5-10]..... 102

LISTA DE GRÁFICOS

	Pag.
Gráfico 1. Proceso de Obtención de perfiles de investigadores asociados a la producción de artículos en FNCE-R	60
Gráfico 2. Distribución de los grupos de investigación.....	64
Gráfico 3. Distribución de los grupos de investigación de la zona Occidente por Departamento-Ciudad.....	65
Gráfico 4. Distribución de los grupos de investigación de la zona Oriente por Departamento-Ciudad.....	66
Gráfico 5. Distribución de los grupos de investigación de la zona Norte por Departamento-Ciudad.....	66
Gráfico 6. Distribución de los grupos de investigación Departamento-Ciudad en todo el país.	67
Gráfico 7. Distribución de los grupos de investigación de la zona Occidente por Institución de Procedencia.....	68
Gráfico 8. Distribución de los grupos de investigación de la zona Oriente por Institución de procedencia.	68
Gráfico 9. Distribución de los grupos de investigación de la zona norte por Institución de procedencia.	69

Gráfico 10. Áreas de conocimiento por zonas	70
Gráfico 11. Composición de los grupos de investigación de manera porcentual por zonas.	72
Gráfico 12. Composición de los grupos de investigación a nivel Colombia.	72
Gráfico 13. Año de creación de los grupos de investigación por zonas.	73
Gráfico 14. Diagrama de Barras- Año de creación Grupos de Investigación Colombia.....	74
Gráfico 15. Diagrama de barras correspondiente al porcentaje de publicación en FNCE-R por grupo con respecto al total de sus publicaciones individuales.	79
Gráfico 16. Diagrama de barras correspondiente al aporte realizado por cada grupo al total de publicaciones en FNCE-R en Colombia	81
Gráfico 17. Distribución de la producción por tipo de fuente de energía para cada Zona.....	82
Gráfico 18. Distribución de la producción por tipo de fuente de energía en Colombia.....	84
Gráfico 19. Calidad de los medios de distribución de las publicaciones en FNCE-R	85
Gráfico 20. Número de artículos por año de publicación	86

Gráfico 21. Gráfica de dispersión Artículos con Año de publicación.....	86
Gráfico 22. Número de artículos por país de publicación	87
Gráfico 23. Mapa tecnológico de palabras claves contenidas en los títulos de los artículos relacionados con FNCE-R.....	90
Gráfico 24. Extracción de la nube de tendencia central del mapa tecnológico en FNCE-R	91
Gráfico 25. Extracción de la nube de tendencia No. 1 del mapa tecnológico en FNCE-R	92
Gráfico 26. Extracción de la nube de tendencia No. 2 del mapa tecnológico en FNCE-R	93
Gráfico 27 . Extracción de la nube de tendencia No. 3 del mapa tecnológico en FNCE-R	93
Gráfico 28. Extracción de la nube de tendencia No. 4 del mapa tecnológico en FNCE-R	94
Gráfico 29. Relación entre la Calidad estimada vs Interdisciplinariedad.....	96
Gráfico 30. División en cuadrantes de la relación entre Calidad esperada vs Interdisciplinariedad.....	96
Gráfico 31 Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [0-3,5).].	97

Gráfico 32. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [0-3,5].....	98
Gráfico 33 Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [3,5-10].....	100
Gráfico 34. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [3,5-10].....	101
Gráfico 35. Evolución en el tiempo del número de autores y artículos relacionados con FNCE-R.....	104
Gráfico 36. Evolución de las publicaciones en generación de energía a partir de Biomasa.....	105
Gráfico 37. Evolución de las publicaciones en generación en energía eólica.....	106
Gráfico 38. Evolución de las publicaciones en generación de energía mediante Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.....	107
Gráfico 39. . Evolución de las publicaciones en generación en energía solar. ...	108
Gráfico 40. Evolución de las publicaciones en generación de Hidrógeno.....	109
Gráfico 41. Evolución de las publicaciones en generación en energías renovables.	109

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Mapa conceptual de Fuentes no convencionales de energía renovable objeto de estudio.....	32
Figura 2. Etapas del proyecto.	49
Figura 3. Diagrama de Flujo del proceso de búsqueda de actores en FNCE-R	51
Figura 4. Campos descargados con la macro de Excel.....	53
Figura 5. Gruplac- Plataforma Scienti Colciencias.....	53
Figura 6. Zonas de Colombia para efectos del proyecto raíz.....	54
Figura 7. Hoja de vida incompleta de un investigador	61

LISTA DE ANEXOS

	Pag.
Anexo A. Herramientas de búsqueda y Procesamiento de información	119
Anexo B. Protocolo de búsqueda en la ISI WOS	121
Anexo C. Listado definitivo de grupos de investigación relacionados con FNCE-R	122
Anexo D. Clasificación áreas científicas y disciplinas según la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)	126
Anexo E. Método de Pareto para Instituciones de procedencia de los grupos de investigación	135
Anexo F. Relación de los artículos publicados relacionados con FNCE-R a partir del total de publicaciones realizadas	137
Anexo G. Mapas tecnológicos Artículos, Temática y temática con vectores.	141
Anexo H. Artículo publicable	144
Anexo I. Listado de Grupos que no tienen artículos en FNCE-R.	159
Anexo J. Ranking de los Resultados relevantes de la Investigación	160

RESUMEN

TÍTULO: Evaluación del componente de interdisciplinariedad en la producción científica y tecnológica de los grupos de investigación relacionados con el campo de las fuentes no convencionales de energía renovable en Colombia.¹

AUTORES: Contreras Mejía, Yésica Fernanda; Navas Torres, María Teresa.²

PALABRAS CLAVE: Interdisciplinariedad, Grupos de investigación, Fuentes No convencionales de Energía Renovable, Colombia, Conocimiento.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto, expone un estudio sobre la interdisciplinariedad presente en los grupos de investigación que tienen producción de I+D en el campo de las FNCE-R en Colombia, con el objetivo de analizar la relación existente entre ésta y las características de sus productos; nace como apoyo del proyecto “Levantamiento de Información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en FNCE-R para la Zona Norte, Oriente y Occidente de Colombia” liderado por el Centro de Investigación para el desarrollo en Industria y energía (CIDES) y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).

En primer lugar, se realiza una conceptualización de FNCE-R e interdisciplinariedad y de igual forma un análisis de estudios de caso. Posteriormente se procede a la descarga de información de la Plataforma Scienti correspondiente a características de los grupos, producción científica y formación académica de investigadores. Se realiza el análisis de resultados mediante el uso de indicadores bibliométricos y se calcula en el grado de interdisciplinariedad a través del índice de Shannon-Weaver para analizar la relación existente entre ésta y las características de la producción de los grupos de investigación. Finalmente se realiza un análisis de la evolución a través de los años tanto de la creación de los grupos de investigación como de los productos de investigación comparándolo con diferentes hechos históricos.

¹ Proyecto de Grado.

² Facultad de ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director, Viatcheslav Kafarov

ABSTRACT

TITLE: Assessment of the component of interdisciplinarity in the scientific and technological output of research groups in the field of unconventional renewable energy sources in Colombia.³

BY: Contreras Mejía, Yésica Fernanda; Navas Torres, María Teresa.⁴

KEY WORDS: Interdisciplinarity, Research teams, Unconventional renewable energy sources, Colombia, Knowledge.

DESCRIPTION:

This Project presents a study about interdisciplinarity in research teams with I+D production in the field of unconventional renewable energy sources (URES) in Colombia, with the objective to analyze the relationship between interdisciplinarity and the main characteristics of their products; this assessment is intended to support the project "Survey of Information and knowledge of stakeholders, potentialities, projects and activities for (URES) in the Northern, Eastern and Western zones of Colombia", led by the Centre for Development Research in Industry and Energy and the Mining and Energy Planning Unit.

First, a conceptualization of URES and interdisciplinarity is provided, and similarly, an analysis of case studies is performed. Then, the study proceeds to the information gathered from the Scienti Platform about the characteristics of the groups, scientific production and researchers' academic training. The analysis of results is performed through the use of bibliometric indicators, and the degree of interdisciplinarity is calculated through the Shannon-Weaver index to analyze the relationship between the degree of interdisciplinarity and the characteristics of the production of research groups is analyzed. Finally, is done an analysis of the development through the years both the creation of research groups and products of research comparing it with different historical facts.

³ Degree Project.

⁴ Faculty of Physique Mechanics Engineering. School of Industrial and Managerial Studies. Director, Dr. Viatcheslav Kafarov.

TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO	LOGRO - REFERENCIA	PÁGINAS
<p>Objetivo 1</p> <p>Caracterizar los grupos de investigación que desarrollan producción científica en el campo de las FNCE-R en Colombia</p>	<p style="text-align: center;">Capítulo 3 Desarrollo Metodológico</p> <p style="text-align: center;">Capítulo 4 Caracterización</p>	<p style="text-align: center;">50 – 55</p> <p style="text-align: center;">64 - 76</p>
<p>Objetivo 2</p> <p>Analizar los perfiles de productos y resultados de I+D por fuentes en la dinámica de investigación</p>	<p style="text-align: center;">Capítulo 3 Desarrollo Metodológico</p> <p style="text-align: center;">Capítulo 5 Análisis de perfiles de productos</p>	<p style="text-align: center;">55 -- 58</p> <p style="text-align: center;">77 - 95</p>
<p>Objetivo 3</p> <p>Determinar el nivel de heterogeneidad en los perfiles de los investigadores asociados a la producción</p>	<p style="text-align: center;">Capítulo 3 Desarrollo Metodológico</p> <p style="text-align: center;">Capítulo 6 Análisis de perfiles de investigadores</p>	<p style="text-align: center;">58 - 63</p> <p style="text-align: center;">96 - 104</p>
<p>Objetivo 4</p> <p>Analizar la evolución de las actividades de I+D en el campo de las FNCE-R en Colombia.</p>	<p style="text-align: center;">Capítulo 3 Desarrollo Metodológico</p> <p style="text-align: center;">Capítulo 7 Evolución cronológica de la producción</p>	<p style="text-align: center;">63</p> <p style="text-align: center;">105 - 111</p>
<p>Objetivo 5</p> <p>Artículo publicable dónde donde se documente la interdisciplinariedad en la producción científica y tecnológica de los grupos de investigación relacionados con el campo de las FNCE-R en Colombia.</p>	<p>Anexo 8</p>	<p>N/A</p>

INTRODUCCIÓN

El proyecto “Evaluación del componente de interdisciplinariedad en la producción científica y tecnológica de los grupos de investigación relacionados con el campo de las FNCE-R en Colombia” nace como una necesidad de apoyo a la caracterización de los actores en FNCE-R en Colombia planteada en el desarrollo del proyecto “Levantamiento de Información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en FNCE-R para la Zona Norte, Oriente y Occidente de Colombia”.

El levantamiento de información y conocimiento de actores involucrados en FNCE-R se deriva a su vez del proyecto “Identificación de retos y oportunidades de energías renovables en Colombia-Creación de una comunidad nacional de interesados en el tema”, el cual se encuentra liderado por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) quién tiene como misión principal identificar desafíos y oportunidades en el suministro energético nacional para el corto, mediano y largo plazo, y proponer planes que aseguren tal suministro en pro del desarrollo económico y social. Es por esto, que el levantamiento de información está directamente relacionado con dicho proyecto, pues será el insumo principal necesario para la creación de la comunidad nacional de interesados en el tema y permitirá a través del contacto generado con los actores la identificación los retos y barreras que representa el trabajar con FNCE-R en Colombia actualmente.

El presente trabajo de grado tiene como propósito apoyar la realización de la caracterización de actores pertenecientes al ámbito investigativo de las FNCE-R en Colombia, contemplando grupos y centros de investigación pertenecientes tanto a universidades como a la industria, permitiendo realizar un análisis de acuerdo a la conformación de estos y su influencia en los proyectos y productos generados a partir de la investigación que realizan.

Aunque en Colombia se han realizado diagnósticos sobre FNCE-R, estos han estado enfocados en la evaluación del potencial del país acerca de la disponibilidad de los recursos que permiten la generación de energía. Sin embargo, no se presentan estudios enfocados en una caracterización de los actores; el único intento por generar relaciones entre ellos ha sido la creación de una plataforma perteneciente a la Unidad de Planeación Minero Energética, sin obtener hasta el momento los resultados esperados.

1 GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 TÍTULO

EVALUACIÓN DEL COMPONENTE DE INTERDISCIPLINARIEDAD EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS CON EL CAMPO DE LAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El conocimiento y la investigación son la clave para impulsar el avance de una región y el logro de una mejor calidad de vida; Los principales entes generadores de conocimiento en un país están representados por los grupos y centros de investigación, quienes a través de su trabajo proporcionan la mayor fuente de riqueza y reflejan el potencial del talento humano con el que se cuenta para el desarrollo de la ciencia y la tecnología⁵.

En los últimos años, uno de los temas de mayor auge que motivan la investigación y el desarrollo, no sólo en Colombia sino a nivel internacional, ha sido las Fuentes no convencionales de Energía renovable (FNCE-R), como respuesta a la preocupación de las distintas consecuencias que se han generado por la utilización de combustibles fósiles para la generación de energía así como también la disponibilidad de estos. Partiendo de estas reflexiones, se reconoce que los grupos de investigación son los principales creadores y gestores del conocimiento para las soluciones en el campo de las FNCE-R, identificando el potencial de cada una de ellas como sustitutas de las fuentes convencionales.

Por eso, es de gran importancia evaluar los grupos de investigación relacionados con el campo de las FNCE-R en Colombia desde el punto de vista de la producción científica y tecnológica, de los perfiles de los investigadores y de las áreas de conocimientos pertenecientes a los mismos para determinar la relación existente entre estos componentes y la importancia del concepto de interdisciplinariedad.

⁵ POLITECNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID. Investigación-Grupos de Investigación. [En línea]. http://www.politecnicojic.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=314> [Citado Agosto 3 de 2013].

La evaluación obtenida en este proyecto será la base para el reconocimiento de fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades de este foco fundamental de estudio y de esta manera se podrán diseñar las estrategias pertinentes que harán parte del Plan de Desarrollo de Energías renovables.

Con el análisis de los grupos de investigación de FNCE-R en Colombia, se hará una búsqueda más detallada de los mismos, convirtiéndose en un importante insumo para la red de actores que se consolidará en el proyecto “Levantamiento de información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en FNCE-R para la Zona Norte, Oriente y Occidente de Colombia”.

Por otro lado, la Evaluación de la interdisciplinariedad es un tema que ha sido explorado débilmente en Colombia, sólo se ha abordado desde el punto de vista conceptual y se ha asumido en las organizaciones y grupos académicos sin previo análisis. De esta manera, este proyecto toma referentes metodológicos aplicados en otras áreas de conocimiento y las adopta para el estudio de un área emergente como lo es las FNCE-R que se encuentra a la vanguardia nacional e internacional. Esta propuesta metodológica, al mismo tiempo, constituye una base para el mejoramiento y el diseño de estrategias que fomenten la interdisciplinariedad en los diferentes grupos de investigación y demás entidades.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, el estudio de las FNCE-R corresponde a iniciativas dispersas por diferentes actores en distintas áreas del país, lo que consolida imágenes muy parciales y estáticas en el tiempo sobre el estado de estos recursos, lo que conlleva a la duplicación de esfuerzos, falta de seguimiento a las aplicaciones e inversiones, que a su vez ha originado diversas interpretaciones que afecta y retrasa la toma de decisiones en los ámbitos nacional, regional y local. Por tanto, la dispersión de la información, conocimiento y actores involucrados, como empresas, grupos y centros de investigación, instituciones educativas, gobierno, entre otros, constituye una de las mayores barreras para su desarrollo en Colombia.

Para la eliminación de las barreras de desarrollo de FNCE-R es necesario implementar tecnologías de información y comunicación para diseño de nuevas estrategias sostenibles que ayuden a la recolección y consolidación de una comunidad virtual de partes interesadas y facilitar un repositorio de información, bases de datos, indicadores, directorios de actores y espacios

virtuales actualizados y de referencia para todas las zonas del país. En este sentido, la Unidad de Planeación Minero Energética- UPME cuya misión es “Desarrollar de manera participativa el planeamiento integral y la gestión de la información de los sectores energético y minero, para contribuir al desarrollo sostenible del país...”⁶, planteó la realización de un proyecto denominado: “Levantamiento de información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en FNCE-R para la Zona Norte, Oriente y Occidente de Colombia”, el cual fue otorgado a un grupo de investigación perteneciente a la Universidad Industrial de Santander, quien será el encargado de la ejecución de cada una de las fases que se seguirán para el alcance de los objetivos, además tendrá la asesoría de expertos nacionales e internacionales y el apoyo de un grupo de estudiantes en práctica de las escuelas de Ingeniería Industrial, Ingeniería Química y Economía de la UIS.

Por otra parte, El Global Environment Facility (GEF) a través del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en alianza con el gobierno colombiano, han formulado el proyecto⁷ “Inversiones catalizadoras para el desarrollo la energía geotérmica”. En el desarrollo de su Componente I, cuyo objetivo es “Promover enfoques de mercado para las energías renovables, contribuyendo a la eliminación de las barreras que Impiden el desarrollo de la energía renovable no convencional.” Dentro del componente I se plantea el desarrollo de tres subcomponentes y el presente proyecto hace parte del subcomponente I:

- Diseño e implementación de estrategias para el levantamiento de información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en FNCE-R.
- Análisis de las barreras institucionales y legales, y desarrollo de una política de bajas emisiones de carbono para apoyar el desarrollo de un adecuado marco institucional y regulatorio que promueva el uso de la energía renovable no convencional junto con plan de desarrollo del gobierno.
- Información y divulgación de los logros y hallazgos del proyecto, y concientización del público.

⁶ UNIDADE DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICO. Misión UPME. [En línea]. Disponible en: <<http://www1.upme.gov.co/index.php/la-upme/quienes-somos.html#1>>

⁷ BARBUT, Monique. : Colombia: Catalytic Investments for Geothermal Power. En: global environment facility (2010). [En línea]. <<http://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/documents/document/12-13-2010%20ID4138%20Council%20letter.pdf> > [Citado 30 de Julio de 2013].

Uno de los resultados que espera ofrecer el proyecto raíz como fortalecimiento a la comunidad científica, es un trabajo de grado relacionado con el análisis de la producción científica y tecnológica de los actores focos de este, como lo son los grupos y centros de investigación relacionados con el campo de las FNCE-R, que será realizado por las estudiantes en pasantía que apoyará el desarrollo de la red de actores.

En la actualidad, no existe un balance de los grupos de investigación que trabajen con energías renovables en Colombia, así como tampoco se conoce en qué tipo de energía han desarrollado sus proyectos, los avances tecnológicos producto de sus investigaciones ni la relación existente entre ellos para evitar duplicación de esfuerzos; cuando se habla de duplicación de esfuerzos, se refiere a que no existe una verdadera comunicación entre estos actores para evitar que se trabaje en temas que ya han sido estudiados anteriormente. Por otro lado, en Colombia no se ha hecho una caracterización de los grupos que revele la formación académica del talento humano y su relación con el campo de las FNCE-R.⁸

Por lo tanto, el presente trabajo de grado es necesario para el diagnóstico y elaboración de estrategias que alimenten el Plan de Desarrollo en FNCE-R en Colombia, ya que aportará la caracterización de actores mediante la evaluación de la interdisciplinariedad y producción científica.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Determinar la relación entre el grado de interdisciplinariedad en la dinámica de trabajo de los grupos de investigación relacionados con las FNCE-R y su producción científica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar los grupos de investigación que desarrollan producción científica en el campo de las FNCE-R en Colombia.

⁸ CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no convencionales de energía (PDFNCE), Volumen 1- Diagnóstico de las FNCE en Colombia. Bogotá, DC. Diciembre 30 de 2010.

- b) Analizar los perfiles de productos y resultados de I+D por fuentes en la dinámica de investigación.
- c) Determinar el nivel de heterogeneidad en los perfiles de los investigadores asociados a la producción.
- d) Analizar la evolución de las actividades de I+D en el campo de las FNCE-R en Colombia.
- e) Realizar un artículo publicable dónde donde se documente la interdisciplinariedad en la producción científica y tecnológica de los grupos de investigación relacionados con el campo de las FNCE-R en Colombia.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

A continuación, se presentan algunos conceptos relevantes para la comprensión del componente de interdisciplinariedad y la forma como puede ser evaluada, así como también conceptos básicos relacionados con el tema de grupos de investigación y energías renovables, los cuales constituyen la base del presente proyecto de grado.

2.1.1 Grupos de Investigación

El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS) define el término grupos de investigación científica o tecnológica como el conjunto de personas que se reúnen para realizar investigación en una temática dada, formulan uno o varios problemas de su interés, trazan un plan estratégico de largo o mediano plazo para trabajar en él y producir unos resultados de conocimiento sobre el tema cuestión. De la misma forma, plantea la existencia de un grupo siempre y cuando éste demuestre producción de resultados tangibles y verificables, fruto de proyectos y otras actividades de investigación convenientemente expresadas en un plan de acción (proyectos) debidamente formalizado⁹.

Colciencias reconoce un grupo de investigación siempre y cuando demuestre resultados verificables derivados de su plan de trabajo y además cumpla con los requisitos mencionados a continuación:

- a) Estar registrado en el sistema GrupLAC de la Plataforma Scienti-Colombia en COLCIENCIAS.
- b) Tener un mínimo de dos (2) integrantes.
- c) Tener uno (1) o más años de existencia.
- d) Estar avalado al menos por una Institución registrada en el sistema InstituLAC de la Plataforma Scienti- Colombia.
- e) Tener un proyecto de investigación, de desarrollo tecnológico o de innovación en ejecución.
- f) El líder del grupo debe tener título de Pregrado, Maestría o Doctorado.

⁹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Definición de grupo de Investigación. [En línea]. <<http://www.colciencias.gov.co/faq/que-es-un-grupo-de-investigaci-n>> [Citado Agosto 5 de 2013].

- g) Haber obtenido un producto de nuevo conocimiento o de resultado de actividades de desarrollo tecnológico e innovación por año, durante los últimos cinco años. Si el grupo tuviese una edad inferior a cinco años, se hará un cálculo de un producto de nuevo conocimiento o de resultado de actividades de desarrollo tecnológico e innovación por cada año de existencia, dentro de la ventana de observación.
- h) Haber obtenido, durante los últimos cinco años al menos un producto por año, que esté en las categorías de Apropiación social del Conocimiento o Productos de Formación de recurso humano.¹⁰

2.1.2 Productos resultados de las actividades del grupo de investigación, desarrollo tecnológico e innovación

Los productos generados por los grupos de investigación son los resultados derivados de los procesos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, y responden al plan de trabajo, las líneas de investigación y los proyectos del grupo.

Un producto es considerado un resultado generado por un grupo, cuando uno o varios de sus integrantes, en la fecha de obtención del producto, son autores de éste y autorizan la vinculación del producto a la producción del grupo. Los productos que son reconocidos como resultados de las actividades de grupo de investigación se clasifican en cuatro grandes tipos:¹¹

- Productos de generación de nuevo conocimiento: se consideran productos de nuevo conocimiento aquellos aportes significativos al estado del arte de un área de conocimiento, que han sido discutidos y validados para llegar a ser incorporados a la discusión científica, al desarrollo de actividades de investigación, al desarrollo tecnológico y que pueden ser fuente de innovaciones. Dentro de esta clasificación se encuentran:
 - Artículos de investigación

¹⁰ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Modelo de Medición de Grupos de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación- Definición de grupo de investigación. Bogotá, DC. Marzo de 2013.

¹¹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Modelo de Medición de Grupos de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación- Productos resultado de las actividades del grupo de investigación, desarrollo tecnológico e innovación. Bogotá, DC. Marzo de 2013.

- Libros de investigación
 - Capítulos en libros de investigación comprendidos como documentos inéditos
 - Productos tecnológicos patentados o en proceso de solicitud de patente
 - Variedades vegetales y animales
- Productos de resultado de actividades de investigación, desarrollo e innovación: son aquellos productos que dan cuenta de la generación de ideas, métodos y herramientas que impactan el desarrollo económico y generan transformaciones en la sociedad. En el desarrollo de estos métodos y herramientas está implícita la investigación que genera el conocimiento enfocado en la solución de problemas sociales, técnicos y económicos. Dentro de este grupo se encuentran:
 - Productos tecnológicos certificados o validados
 - Productos empresariales
 - Regulaciones, normas, reglamentos o legislaciones
 - Consultorías científico- tecnológicas e informes técnicos finales
- Productos de apropiación social y circulación del conocimiento: se entiende como un proceso y práctica social de construcción colectiva, en los que actores que pueden ser individuos, organizaciones o comunidades, se involucran en interacciones que les permiten intercambiar saberes y experiencias, en los que el conocimiento circula, es discutido, puesto a prueba, usado y llevado a la cotidianidad. Dentro de esta categoría se encuentra:
 - Actividades de participación ciudadana, reconociendo aquellos productos en los que se evidencie la actividad del grupo en procesos que involucren la participación ciudadana en la investigación
 - Intercambio y transferencia del conocimiento
 - Comunicación de conocimiento
 - Circulación de conocimiento especializado
- Productos de formación de recursos humanos: una de las actividades de los grupos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación es servir de espacio para nuevos investigadores. Como resultado de actividades de formación académica, investigativa, tecnológica o técnica se consideran los siguientes productos: la generación del espacio para asesorar y desarrollar las actividades implicadas en la realización de una tesis o trabajo de grado

que otorgue el título de doctor (a), magister o profesional; ejecución de proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación con formación y apoyos a programas de formación.

2.1.3 Fuentes no Convencionales de Energía Renovable

Como fuente de energía se entiende a aquella que de forma natural o mediante procedimientos técnicos permite la obtención de la misma. Las fuentes de energía se pueden catalogar de acuerdo a diferentes criterios. Un criterio es de acuerdo al nivel de utilización clasificándose en convencionales y no convencionales.

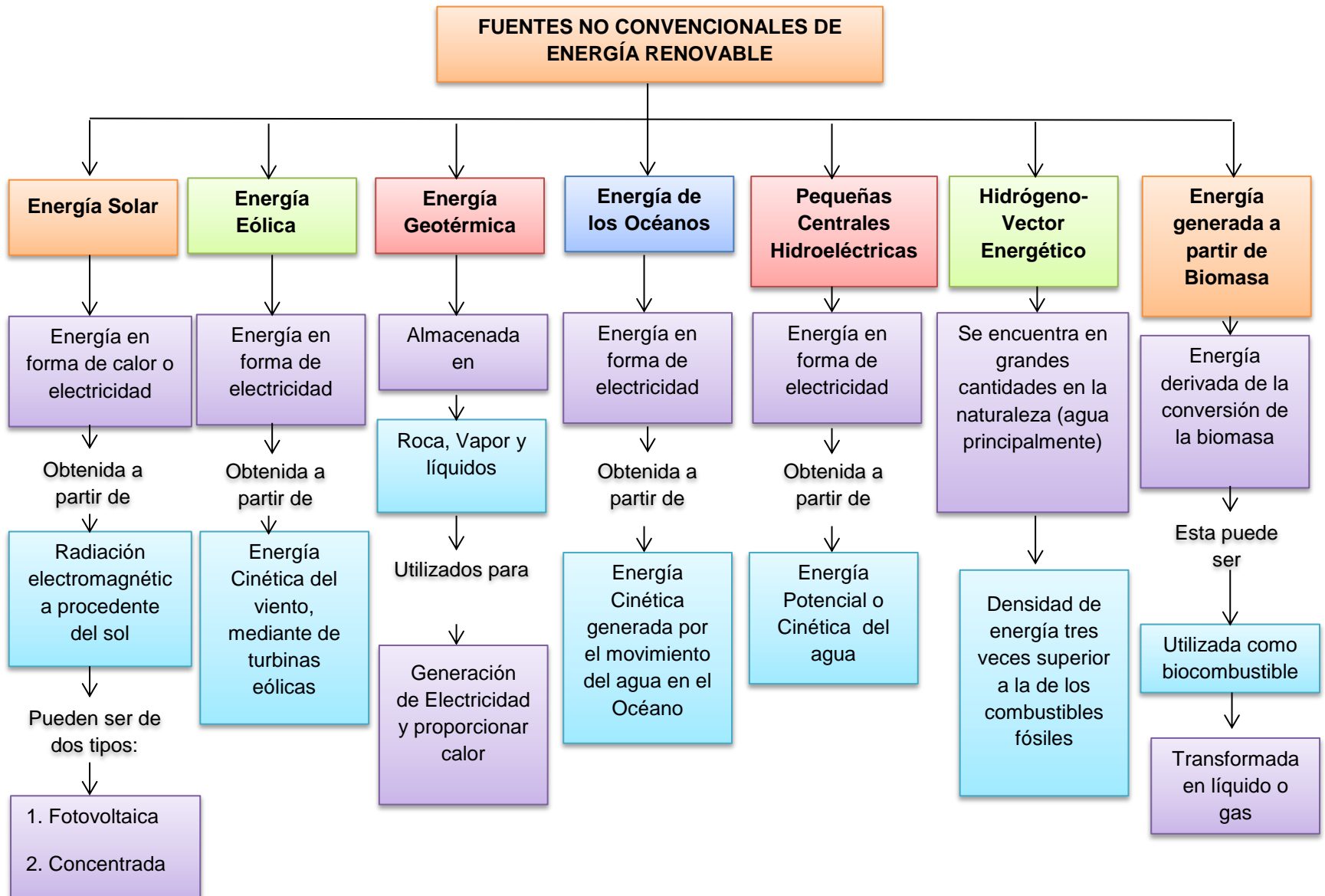
Por fuentes convencionales de energía se conocen a las que producen la mayor cantidad de energía primaria y útil, como el petróleo, el carbón, los combustibles gaseosos y la hidroelectricidad a gran escala; así mismo las fuentes no convencionales de energía son conocidas como aquellas que por su avance tecnológico y costos de extracción y/o producción no producen energía útil en niveles competitivos para el mercado.

Otro criterio para clasificar los tipos de fuente de energía es considerar la disponibilidad de los recursos a partir de los cuales se genera, de acuerdo a esto se clasifican en: no renovables porque se agotarán en algún momento futuro (petróleo, gas, carbón, nuclear) y renovables porque como su nombre lo indica se renuevan de forma natural a un ritmo más rápido del que se consumen (hidroenergía, solar, eólica, biomasa, geotermia, mares, entre otras).

En Colombia las Fuentes no Convencionales de Energía Renovable se utilizan de una manera poco frecuente para la producción de energía a gran escala, debido a falta de avances tecnológicos u otros factores.¹² En el siguiente mapa conceptual se muestra el tipo de fuentes de energía que serán objeto de estudio en el presente proyecto.

¹² CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no convencionales de energía (PDFNCE), Volumen 2- Diagnóstico de las FNCE en Colombia. Bogotá, DC. Diciembre 30 de 2010.

Figura 1. Mapa conceptual de Fuentes no convencionales de energía renovable objeto de estudio.



2.1.4 Interdisciplinariedad

La conceptualización de la interdisciplinariedad posee unos antecedentes históricos que se remontan varios siglos en el tiempo, desde la filosofía griega.¹³ Pero es en las últimas décadas, específicamente desde los años 70, que resurge este concepto que ha caracterizado especialmente la producción científica y los investigadores que hacen parte de los grupos de investigación. En termino en general, se refiere a las sinergias que se producen en las distintas disciplinas, las cuales comparten y utilizan herramientas y metodologías con el objetivo de resolver de manera más efectiva los procesos científicos complejos. La interdisciplinariedad estaría implicada en las demandas del trabajo de los investigadores respecto al uso de ideas, conceptos, materiales, o instrumentos de otras disciplinas". En este sentido, el aporte científico proveniente de diferentes disciplinas es el sustrato que constituye la base de la interdisciplinariedad¹⁴.

Según De la Rúa Batistapau¹⁵, la interdisciplinariedad puede ser entendida como la relación entre diferentes campos del saber para la búsqueda de un objetivo común, ya sea a través de acciones de colaboración, formación o investigación, así mismo, Morin¹⁶ establece que el dialogo interdisciplinario favorece la fecundidad de la ciencia por cuanto facilita la superación de las limitaciones propias de la especialización. "El término interdisciplinariedad surge, sin embargo, conexionado con la finalidad de corregir los posibles errores y la esterilidad que acarrea una ciencia excesivamente compartimentada y sin comunicación interdisciplinar"¹⁷.

Algunos ejemplos de reorganizaciones de parcelas de disciplinas ya consagradas que dieron origen a interdisciplinas o disciplinas ya con plena autonomía, son: biofísica, geoquímica, química física, medicina forense,

¹³ KLEIN, J.T., "Interdisciplinarity: history, theory and practice", Wayne State University Press, Detroit, 1990. [En línea].

<http://books.google.es/books?id=4uM8fjxhjqsC&printsec=frontcover&dq=klein+interdisciplinarity>
¹⁴ HURD. The Future of University Science and Technology Libraries: Implications of Increasing Interdisciplinarity. Volumen 13. College & Research Libraries. 1992 P. 17-32.

¹⁵ DE LA RÚA BATISTAPAU. Interdisciplinariedad en el currículo de las ciencias sociales. La Habana: Editorial Academia de las FAR. 2000.

¹⁶ MORIN, Edgar. Sobre la interdisciplinariedad. La complejidad y la transdisciplinariedad. Medellín: UPB, UNESCO, COLCIENCIAS, CNRS, Embajada de Francia, UNISALLE. P. 9-15.

¹⁷ TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 65

psicofarmacología, sociología política. Como ya afirma J. R. Gass¹⁸, el director del Centro para la Investigación e Innovación de la Enseñanza (CERI) en el Seminario de interdisciplinariedad de 1970, La interdisciplina de hoy es la disciplina de mañana.

Es importante, tener en cuenta que la interdisciplinariedad es un objetivo que debe ser permanente buscado, ya que no es sólo un planteamiento teórico, sino también práctico, ya que a que en la medida en que se hacen experiencias reales de trabajo en equipo, se ejercitan posibilidades, problemas y limitaciones.

Según Qin Lancaster y Allen¹⁹, se puede analizar desde diferentes enfoques la interdisciplinariedad, de acuerdo a los tipos de interacciones como son científico-científico, científico-información e información-información; la primera interacción se refiere a la interdisciplinariedad a partir de la coautoría, la segunda interacción es la que se produce entre los científicos y las fuentes referenciadas fuera de sus propias disciplinas y la última interacción se establece cuando las revistas de una disciplina hacen referencias frecuentes a revistas de otras disciplinas. Así mismo Al Majdalawi²⁰ establece que el proceso interdisciplinario puede darse a partir de la colaboración entre distintas áreas de una misma disciplina, entre disciplinas cercanas o entre disciplinas distantes.

2.1.5 Niveles de Interdisciplinariedad

El intercambio y la interacción entre las diferentes disciplinas ya sea de información, tecnologías, métodos, entre otros, puede verse influenciado por diferentes factores y variables como²¹:

- **Espaciales**. Por ejemplo, disciplinas que operan en un mismo espacio físico; profesores y profesoras de diferentes especialidades que comparten intereses y preocupaciones similares, etc.

¹⁸ GASS, J.R. Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades. Citado por TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 65

¹⁹ QIN, J.; LANCASTER, F. W. y ALLEN, B. Types and levels of collaboration in interdisciplinary research in the sciences. Journal of the American Society for Information Science. Vol. 48, No. 10. 1997. P. 893-916.

²⁰ AL-MAJDALAWI ALVAREZ, Amir. Reflexiones sobre la interdisciplinariedad. Valladolid: Curso de doctorado en tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Univ. Valladolid. 2009.

²¹ TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 65-66.

- **Temporales**. Especialidades que confluyen en un determinado momento porque es urgente solucionar algún problema concreto y en el que esas disciplinas trabajan de manera directa o indirecta.
- **Económicas**. Una forma de hacer frente a la falta de recursos económicos, especialmente en momentos de recortes presupuestarios o cuando las infraestructuras necesarias para la investigación son demasiado costosas, es la de reunirse varias áreas de conocimiento o disciplinas para compartir proyectos de trabajo. Estrategia a la que también se ven forzados los centros superiores de investigación ante la necesidad de firmar contratos con determinadas industrias para realizarles trabajos interdisciplinarios y obtener de este modo más recursos económicos para esas Universidades y centros de investigación.
- **Demográficas**. Cuando en una institución docente y/o investigadora por falta de especialistas se obliga a los actuales a asumir nuevas y distintas disciplinas.
- **Demandas sociales**. En momentos concretos en los que la sociedad reclama de las instituciones universitarias nuevas especialidades, nuevos estudios para hacer frente a la complejidad de nuevos problemas que ningún marco disciplinario vigente puede asumir.
- **Epistemológicas**. Principalmente en momentos de crisis dentro de una disciplina, cuando se hacen visibles sus dificultades para enfrentarse a problemas que por tradición y tipo de especialidad le competen, una solución socorrida es la de tomar prestado de otras disciplinas marcos teóricos, métodos, procedimientos o conceptos que, incorporados al corpus tradicional de esta disciplina, tienen posibilidades de solventarse los problemas detectados.
- **Disputas y rivalidades** entre disciplinas por un determinado ámbito u objeto de trabajo. Cada vez son más las disciplinas que investigan y trabajan sobre una misma parcela de la realidad. Esos límites o parcelas que diferentes disciplinas comparten constituyendo la base para un nuevo y original reagrupamiento disciplinar.
- **La necesidad de prestigio**. Cuando los investigadores e investigadoras de una disciplina encuentran su prestigio en peligro, cuando ven que su status y rigurosidad se pone en cuestión con mucha facilidad, una estrategia socorrida es la de apoyarse en ciencias que nadie pone en cuestión en ese momento, utilizando sus estructuras conceptuales, metodologías, etc.

- **Desarrollo de la ciencia.** A veces la necesidad de trabajar y experimentar en determinado dominio, pasa por tomar contacto con otras disciplinas que tienen ya alguna tradición en esa línea de trabajo, pero que no la desarrollan con total satisfacción, sino que muestran con demasiada frecuencia distorsiones en su comprensión, sugieren estrategias de intervención poco exitosas, etc. Se produce, de este modo, una interacción entre disciplinas con la finalidad de ir conformando una nueva y original. Normalmente lo que se produce es un mayor acotamiento en el objeto de estudio, pero ganando en profundidad, teniendo presente un mayor número de perspectivas.

En el momento de analizar las interacciones entre disciplinas, es preciso constatar que no existe un único modelo que pueda predecirlas, es por esto que en la literatura se encuentra varios autores que distinguen o clasifican diferentes niveles de interdisciplinariedad que van de acuerdo al grado de integración de las disciplinas y en las que tratan de diferenciar desde lo que serían simples yuxtaposiciones hasta las propuestas de trabajo en las que se logran niveles importantes de integración.

Entre las modalidades de interdisciplinariedad, Marcel Boisot²² distingue:

- **Interdisciplinariedad lineal.** Es una modalidad de intercambio interdisciplinario en la que una o más leyes tomadas de una disciplina se utilizan para explicar fenómenos de otra; sólo se requeriría alguna redefinición de las variables y parámetros para ajustarla al nuevo contexto disciplinario. La historia de la ciencia constata numerosos ejemplos de cómo leyes originarias de una disciplina concreta se transfieren y aplican con éxito en otra.
- **Interdisciplinariedad estructural.** Cuando las interacciones entre dos o más materias llevan a la creación de un cuerpo de leyes nuevas que forman la estructura básica de una disciplina original, la cual no puede ser reducida a la coordinación formal de sus generadoras, surge una nueva disciplina. Es el caso, por ejemplo, de la cibernética, disciplina que se desarrolla a partir de estructuras de otras disciplinas (matemáticas, informática, neurofisiología, tecnología, etc.) y de otros campos de conocimiento hoy ya consagrados, debido a su nivel de

²² BOISOT, Marcel. Disciplina e interdisciplinariedad. Citado por: TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 71-72.

desarrollo y productividad, como la sociolingüística, bioquímica, psicolingüística, etc.

- **Interdisciplinariedad restrictiva.** Aquí se acota el campo de aplicación de cada materia en orden, exclusivamente, a un objeto concreto de investigación y a un específico campo de aplicación. Por ejemplo, en un proyecto de urbanismo se apela a la colaboración de la sociología, arquitectura, economía, psicología, etc.; pero cada una de esas especialidades impondrá un número de restricciones que, tomadas en su conjunto, delimitarán el área de posibilidad dentro de la cual puede situarse el proyecto. En realidad, no se van a producir modificaciones permanentes en el seno de las disciplinas que tienen este tipo de colaboración esporádica, o no es obligatorio que deba haberlas.

Existe una clasificación, que es tal vez la más conocida y divulgada, realizada por Erich Jantsch²³ en el Seminario de la OCDE en 1979, así:

- La **Multidisciplinariedad** refleja el nivel más bajo de coordinación. La comunicación entre las diversas disciplinas estaría reducida al mínimo. Vendría a ser la mera yuxtaposición de materias diferentes que son ofrecidas de manera simultánea con la intención de sacar a la luz algunos de sus elementos comunes, pero en realidad, nunca se llegan a hacer claramente explícitas las posibles relaciones entre ellas. Así, por ejemplo, el agrupamiento de las disciplinas de historia, física y pintura, pero sin dejar establecidos claramente los nexos de intercomunicación entre ellas.
- La **Pluridisciplinariedad** es la yuxtaposición de disciplinas más o menos cercanas, dentro de un mismo sector de conocimientos. Por ejemplo: física y química; biología y matemáticas; sociología e historia... Es una forma de cooperación que tiene por finalidad el mejoramiento de relaciones entre esas disciplinas. Viene a ser una relación de mero intercambio de informaciones, una simple acumulación de conocimientos. Un elemento positivo de esta intercomunicación es que se produce en un plano de igual a igual, sin que una llegue a imponer nada a la otra basándose, por ejemplo, en que en un determinado momento ostenta una situación privilegiada de poder o goza de mayor

²³ JANTSCH, Erich. Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación. Citado por: TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 72-76.

prestigio que la otra. Pero, en realidad no se contribuye a una profunda modificación de la base teórica, problemática y metodológica de esas ciencias en su individualidad. Es una comunicación que no las modifica internamente. No existe en este nivel, todavía, una profunda interacción o coordinación.

- La **Disciplinarietàad cruzada**. Conlleva un acercamiento basado en posturas de fuerza; la posibilidad de comunicación está desequilibrada, ya que una de las disciplinas va a dominar sobre las otras. La materia considerada importante va a determinar lo que tienen que asumir las demás disciplinas. Por ejemplo, cuando la axiomatica de una sola disciplina, sus conceptos, métodos y marcos teóricos, son impuestos a otras que se encuentran en el mismo nivel jerárquico. En consecuencia, se crea una rígida polarización que cruza a través de las disciplinas en dirección a la axiomatica de esa disciplina de mayor prestigio y poder. Existe un control rígido impuesto por un objetivo de una disciplina concreta, por ejemplo, cuando el uso de métodos de investigación propios de una materia se transfieren mecánicamente a otras.
- La **interdisciplinarietàad**, propiamente dicha, es algo diferente a reunir estudios complementarios de diversos especialistas en un marco de estudio de ámbito más colectivo. La interdisciplinarietàad implica una voluntad y compromiso de elaborar un marco más general en el que cada una de las disciplinas en contacto son a la vez modificadas y pasan a depender claramente unas de otras. Aquí se establece una interacción entre dos o más disciplinas, lo que dará como resultado una intercomunicación y un enriquecimiento recíproco y, en consecuencia, una transformación de sus metodologías de investigación, una modificación de conceptos, de terminologías fundamentales, etc. Entre las distintas materias se dan intercambios mutuos y recíprocas integraciones; existe un equilibrio de fuerzas en las relaciones que se establecen.
- La **Transdisciplinarietàad**. Concepto que asume la prioridad de una trascendencia, de una modalidad de relación entre las disciplinas que las supere. Es el nivel superior de interdisciplinarietàad, de coordinación, donde desaparecen los límites entre las diversas disciplinas y se constituye un sistema total que sobrepasa el plano de las relaciones e interacciones entre tales disciplinas. La cooperación es tal que puede

hablarse ya de la aparición de una nueva macrodisciplina. La integración aquí se da dentro de un sistema omnicomprensivo, en la persecución de unos objetivos comunes y de un ideal de unificación epistemológico y cultural.

2.2 ANTECEDENTES DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD

Como se dijo anteriormente, desde 1970, año en el que CERI y el Ministerio Francés de Educación organizan un Seminario Internacional sobre la Interdisciplinariedad en las Universidades, se ha disparado un sin número de reuniones, congresos, libros, publicaciones, artículos, etc., en los cuales se profundiza la importancia del trabajo interdisciplinar. Este tema no ha sido sólo de interés académico, también se ha convertido en pilar fundamental para los demás ámbitos como el económico, político, cultural y social.²⁴

La globalización, la sociedad que exige desarrollo y la competitividad, son una de las razones de peso por las cuales la interdisciplinariedad ha despertado interés, la coordinación del conocimiento y el aporte entre disciplinas es imprescindible para resolver los problemas, para prever las disfunciones y efectos negativos de intervenciones unidimensionales, de actuaciones dictadas sólo desde la contemplación de aquellas variables que pone en juego una única especialidad. La interdisciplinariedad es condición inevitable para poner en funcionamiento una política científica y técnica coherente, estrechamente coordinada con el desarrollo social y económico²⁵.

De lo anterior, se asume, que la interdisciplinariedad ha llevado a muchos países y organizaciones a considerarla como una parte clave de sus políticas de investigación y educación²⁶, es así como dichos países han creado centros multidisciplinarios y han proporcionado ayudas económicas destinadas específicamente a apoyar programas o proyectos interdisciplinarios. Como ejemplo, en España, la convocatoria de ayudas para la realización de proyectos de I+D en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica para el año 2000-2003 recogía entre sus objetivos el fomento de la investigación de

²⁴ TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 70-82.

²⁵ SMIRNOV, S. N. La aproximación interdisciplinaria en la ciencia de hoy. Fundamentos ontológicos y epistemológicos. Formas y funciones". Citado por: TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 84.

²⁶ National Academy of Sciences (USA). "Facilitating Interdisciplinary Research". Abril 2005.

carácter interdisciplinario con el fin de movilizar el conocimiento complementario de diversos campos científicos a favor de la solución de los problemas de la sociedad²⁷; por otro lado el consejo de educación Europeo, como parte del conocido proceso de Bolonia ha puesto gran énfasis en considerar a la interdisciplinariedad como una pieza fundamental para conseguir un espacio europeo común de educación e investigación de calidad²⁸.

2.3 EVALUACIÓN DE LA INTERDISCIPLINARIEDAD

En el pasado, las discusiones sobre la evaluación interdisciplinaria y transdisciplinaria no constituyeron una literatura identificable. Ellos eran dispersos en múltiples foros, y eran más extensos sobre perspectivas anecdóticas, intuitivas y normativas que sobre estudios empíricos, longitudinales y gran escala. Los tres cluster: Red Internacional de investigación interdisciplinaria, Equipo científico transdisciplinario y La investigación transdisciplinaria trans-sector, orientado a los problemas con las partes interesadas de la sociedad forman una literatura internacional emergente identificado en el 2007 por la publicación de citas de referencias cruzadas, direcciones significativas y debates en redes electrónicas centradas en el tema²⁹. En la tabla 1 se muestran 4 de los referentes metodológicos tenidos en cuenta para el presente trabajo.

²⁷ ORDEN de 31 de enero de 2001 por la que se establecen las bases y se hace pública la convocatoria de concesión de ayudas para la realización de Proyectos I+D en el marco de algunos programas nacionales del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2000-2003. Boletín Oficial del Estado No. 29. 2 febrero 2001, P. 4182.

²⁸ "Interdisciplinarity in Research", EURAB (European Research Advisory Board), April 2004. [En línea]. <http://ec.europa.eu/research/eurab/pdf/eurab_04_009_interdisciplinarity_research_final.pdf> [Citado Agosto 2013]

²⁹ KLEIN, Julie. Evaluation of Interdisciplinary and Transdisciplinary Research [En línea]. Vol. 35 (2008) Disponible en: <<http://cancercontrol.cancer.gov/BRP/scienceteam/ajpm/EvaluationInterdisciplinaryTransdisciplinaryResearchLiteratureReview.pdf>> [Consultado 20 de Junio de 2013].

Tabla 1. Análisis de Casos de estudio sobre Interdisciplinariedad

Artículo	Objetivo	Metodología Utilizada	Resultados y Conclusiones
<p>Análisis de la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños en ciencias químicas durante el período 1992-1999</p>	<p>Evaluar la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños del departamento de Química de la Universidad de Puerto Rico, a partir del estudio de las revistas en las que publican sus trabajos y de las referencias bibliográficas que consultan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga de información por medio de la ecuación “UNIV-PUERTO-RICO, DEPT CHE” en la base de datos Science Citation Index (SCI). • Tratamiento de datos con el gestor bibliográfico Procite™, software que ofrece facilidades de conversión y tratamiento de datos. • Seguimiento del filtro de datos, se reelaboraron añadiendo en cada registro la temática y la visibilidad de las revistas fuente. • En la última fase del tratamiento de los datos se obtienen y preparan los inputs necesarios que permitan la obtención de los indicadores bibliométricos que conformaron este estudio. • El análisis de los datos se realizó mediante indicadores bibliométricos unidimensionales y multidimensionales, algunos de los indicadores unidimensionales considerados en el estudio han sido la temática de los documentos publicados y de las referencias bibliográficas consultadas, la 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer la interdisciplinariedad es un aspecto importante en la investigación, puesto que permite determinar las distintas especialidades externas a la de los investigadores cuyas ideas, técnicas o metodologías son incorporadas en su actividad científica. • Cuando se analizan los resultados con los de la colaboración entre los autores (índice de coautoría), no se observa ninguna relación de dependencia entre ellos, lo cual indica que una mayor interdisciplinariedad no está vinculada con una mayor participación de autores en los grupos de investigación.

Artículo	Objetivo	Metodología Utilizada	Resultados y Conclusiones
		<p>colaboración científica entre los autores, o la visibilidad de los documentos publicados y referenciados por los investigadores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los indicadores multidimensionales utilizados, en este caso han sido los mapas obtenidos mediante el Análisis de Correspondencias, técnica que permite conocer y establecer cómo son las relaciones entre las variables contrastadas, analizar la existencia de asociación o relación entre ellas y transformar una tabla con información numérica en una representación gráfica que facilita la interpretación de dicha información³⁰. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando se analiza la visibilidad de los documentos se observó una mayor visibilidad en las temáticas que consultan respecto a las que publican.
<p>La interdisciplinariedad en los grupos españoles de investigación en el área cardiovascular</p>	<p>Analizar las características estructurales y de comportamiento de una muestra de grupos con</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Para obtener los datos se aplicó una encuesta que fue enviada por correo postal a una muestra de investigadores del área en el año de 1999. • El cuestionario incluía cuatro 	<ul style="list-style-type: none"> • La interdisciplinariedad está presente en la investigación desarrollada en el área cardiovascular, tanto en ésta, donde coexisten

³⁰ SANZ, Elías; GARCÍA, José; MAURA, Mariano; RODRÍGUEZ, Beatriz y MARTÍN, Carmen. Análisis de la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños en ciencias químicas durante el período 1992-1999. En: Revista española de documentación científica. Vol. 25, No. 4, (2002). [En línea]. Disponible en: <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/276/332>> [Consultado 1 de agosto de 2013]

Artículo	Objetivo	Metodología Utilizada	Resultados y Conclusiones
	<p>actividad en el área cardiovascular, con el fin de conocer su comportamiento en cuanto a interdisciplinariad ad, características de sus referencias y naturaleza de sus publicaciones.</p>	<p>secciones diferentes: a) caracterización del grupo de investigación, b) colaboración científica, c) contexto científico de referencia y d) caracterización socio-profesional del entrevistado.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se identificó a aquellos investigadores que habían participado como investigadores principales en al menos un proyecto de investigación en las convocatorias de 1995-1997 del Plan Nacional de I+D, cuyo objetivo fue el estudio de las enfermedades cardiovasculares. • La relación obtenida se completó por métodos bibliométricos, añadiendo una selección de autores que publicaron durante los años 1994-1996.³¹ 	<p>grupos de distinta formación y especialización, como en los propios grupos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los investigadores son conscientes del interés de la Interdisciplinariad para el progreso científico, pero no consideran que sea un problema en el desarrollo de su investigación.
<p>Producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Carlos</p>	<p>Medición del nivel de interdisciplinariad de acuerdo a</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se descargó la información correspondiente a la producción científica de la Universidad Carlos III de Madrid de la base de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Un área o departamento que muestra una alta concentración en alguna materia,

³¹ BORDONS, María; ZULUETA, M. Ángeles. La interdisciplinariad en los grupos españoles de investigación en el área cardiovascular. En: Revista Española de Cardiología. [En línea]. Vol. 55. No. 09. (2002). <<http://www.revespcardiol.org/es/la-interdisciplinariad-los-grupos-espanoles/articulo/13036115/>> [Consultado 1 de agosto de 2013].

Artículo	Objetivo	Metodología Utilizada	Resultados y Conclusiones
III de Madrid en las bases de datos del ISI, 1997-2003.	la variabilidad temática que se da en la producción científica de la Universidad Carlos III de Madrid.	de la ISI WOS. • Se analizó la interdisciplinariedad de la producción de cada área/ departamento de la universidad a través del uso del Índice de Shannon Weaver, un indicador simple que trata de medir el grado de variabilidad que se da en tal producción. ³²	independientemente del número de materias en que publique, es muestra de una interdisciplinariedad baja. • Se observa que los departamentos de la universidad con mayor interdisciplinariedad presentan un porcentaje del 87,64% para Ingeniería Mecánica y 60,33% para Economía. • Los departamentos pertenecientes a la Universidad presentan en general variabilidad temática en cuanto a su producción, el único departamento con relativamente baja interdisciplinariedad corresponde a Matemáticas; esto, pese a ser el que cuenta con

³² IRIBARREN, Isabel. Producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid en las bases de datos del ISI, 1997-2003, Capítulo 4, Variabilidad/ Interdisciplinariedad de las publicaciones de la UC3M. Madrid, 2006, 460 p. Tesis de doctorado. Universidad Carlos III. DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECONOMÍA Y DOCUMENTACIÓN.

Artículo	Objetivo	Metodología Utilizada	Resultados y Conclusiones
			mayor producción científica.
Análisis de la interdisciplinariedad en la ingeniería química española	Analizar el conjunto de disciplinas relacionadas con Ingeniería Química en la universidad española, entre 2000 y 2006.	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizó una búsqueda de información concerniente a universidades, departamentos, áreas de conocimiento e investigadores relacionados con la IQ. • En la bases de datos de WOS, se descarga información de acuerdo a la producción de dichas instituciones relacionadas. • De acuerdo a las revistas de publicación de la producción, se tuvo en cuenta la clasificación por categorías temáticas realizada por el JRC, y se midió la interdisciplinariedad a partir de estas categorías.³³ 	<ul style="list-style-type: none"> • La asignación de revistas a más de una disciplina, permite establecer relaciones entre ellas, y por tanto, entre los documentos. • La asignación de revistas a las categorías temáticas se asocia a la interdisciplinariedad, considerando que las multiasignadas deben ser más interdisciplinarias que las asignadas a una única disciplina.

³³ BARBOSA, María del Pilar; ESCALONA FERNANDEZ, María Isabel. Análisis de la interdisciplinariedad en la ingeniería química universitaria española. En: Revista Española de documentación Científica. Enero- Marzo (2014). 37 (1).

2.3.1 Indicadores Bibliométricos

Los indicadores bibliométricos son una técnica utilizada en los procesos de evaluación científica, especialmente cuando se quiere obtener información cuantitativa sobre el aspecto evaluado. Este instrumento de evaluación cuenta con una historia reciente, puesto que se comienza a utilizar en 1972 con la publicación del *Science and Engineering Indicators*, por parte de la americana *Nacional Science Foundation*.

Elías Sanz Casado y Martín Moreno, amplían la definición de los indicadores bibliométricos a datos que solicitan los usuarios y son extraídos de los documentos que publican los investigadores, que permiten analizar distintas características de su actividad científica, vinculadas tanto a su producción como a su consumo de información.

Los indicadores bibliométricos presentan una serie de características que los identifican. La parcialidad es la primera de ellas, puesto que cada indicador pone de manifiesto un aspecto de la evaluación que está siendo realizada. La convergencia también les identifica, ya que todos los indicadores utilizados confluyen para proporcionar un conocimiento de la actividad científica objeto de análisis. Por esto, se recomienda utilizar un gran número de indicadores para evitar un conocimiento sesgado de una actividad multidimensional como es la científica, que no puede ser por tanto, caracterizada a partir de un indicador aislado. Por último, la información que aportan los indicadores es relativa a la disciplina estudiada, por lo que no puede ser extrapolada a otras, dado que los hábitos de investigación son distintos entre unas y otras.

Así mismo los indicadores presentan una serie de ventajas frente a otros métodos utilizados en la evaluación científica, ya que conforman un método objetivo y verificable, cuyos resultados son reproducibles. Además, se pueden aplicar a un gran volumen de datos y permiten obtener resultados significativos en los estudios estadísticos.

Distintas clasificaciones han sido propuestas para organizar los indicadores bibliométricos. En función de la técnica estadística utilizada en su obtención, éstos pueden ser unidimensionales o multidimensionales. Los primeros están basados en la estadística univariable, y reflejan una única característica del objeto estudiado, sin considerar los vínculos que pueden existir entre ellas. Por otro lado, los segundos se basan en técnicas estadísticas multivariantes y su aplicación facilita el estudio conjunto de distintas variables, así como de las relaciones que se establecen entre las mismas.

Los indicadores de producción científica son aquellos que muestran uno de los aspectos más importantes de la actividad investigadora, como es el

crecimiento que experimenta una determinada disciplina, país, institución o grupo de investigación. A través de éstos se pueden medir aspectos como la obsolescencia, colaboración, temática o tipología documental.

Permiten determinar aspectos como: el crecimiento de cualquier campo de la ciencia, según la variación cronológica del número de trabajos publicados, el envejecimiento de los campos científicos según la «vida media» de las referencias de sus publicaciones, la evolución cronológica de la producción científica según el año de publicación de los documentos, la productividad de los autores o instituciones medida por el número de sus trabajos, la colaboración entre los científicos e instituciones medida por el número de autores por trabajo o centros de investigación que colaboran, el impacto o visibilidad de las publicaciones dentro de la comunidad científica internacional medido por el número de citas que reciben éstas por parte de trabajos posteriores, el análisis y evolución de las fuentes difusoras de los trabajos por medio de indicadores de impacto de las fuentes, la dispersión de las publicaciones científicas entre las diversas fuentes, entre otros.³⁴

A continuación se presenta grandes rasgos los principales tipos de indicadores bibliométricos:

- **Indicadores de la calidad científica:** son indicadores a través de los cuales se obtiene información sobre los aspectos de calidad, sólo pueden ser indicadores basados en percepciones (opiniones de expertos o revisión por colegas) que juzgan las publicaciones por su contenido científico.

Es un indicador de tipo subjetivo que consiste en solicitar la opinión (generalmente por escrito) de científicos que se consideran especialmente calificados para emitir un juicio sobre el sistema que se evalúa.

- **Indicadores de la importancia científica:** dentro de este tipo de indicador se evalúa la importancia científica medida desde el número y distribución de las publicaciones, la productividad de sus autores, colaboración en publicaciones y el número y distribución de las referencias de las publicaciones científicas.

³⁴ IRIBARREN, Isabel. Producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid en las bases de datos del ISI, 1997-2003. Madrid, 2006, 460 p. Tesis de doctorado. Universidad Carlos III. DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECONOMÍA Y DOCUMENTACIÓN.

- **Indicadores de impacto científico:** el análisis de impacto científico se lleva a cabo mediante el estudio de citas y referencias, que permiten conocer diversidad de áreas temáticas, siendo este uno de los campos más desarrollados de la bibliometría. Su objetivo es medir el consumo de información científica en un país o por parte de un autor, institución, revista, etc. Estos indicadores se apoyan en el supuesto de que los trabajos importantes son usualmente citados, mientras que los irrelevantes se ignoran.³⁵

2.3.2 Índice de Shannon- Weaver

El índice de Shannon-Weaver permite medir el nivel de interdisciplinariedad de un determinado grupo, mediante el análisis de los perfiles que lo conforman. Este índice se calcula a partir de la siguiente ecuación³⁶:

$$H = -\sum_i [p_i \cdot \log(p_i)] \quad (1)$$

Dónde:

Pi= la proporción de cada profesión dentro del total de profesiones de los grupos.

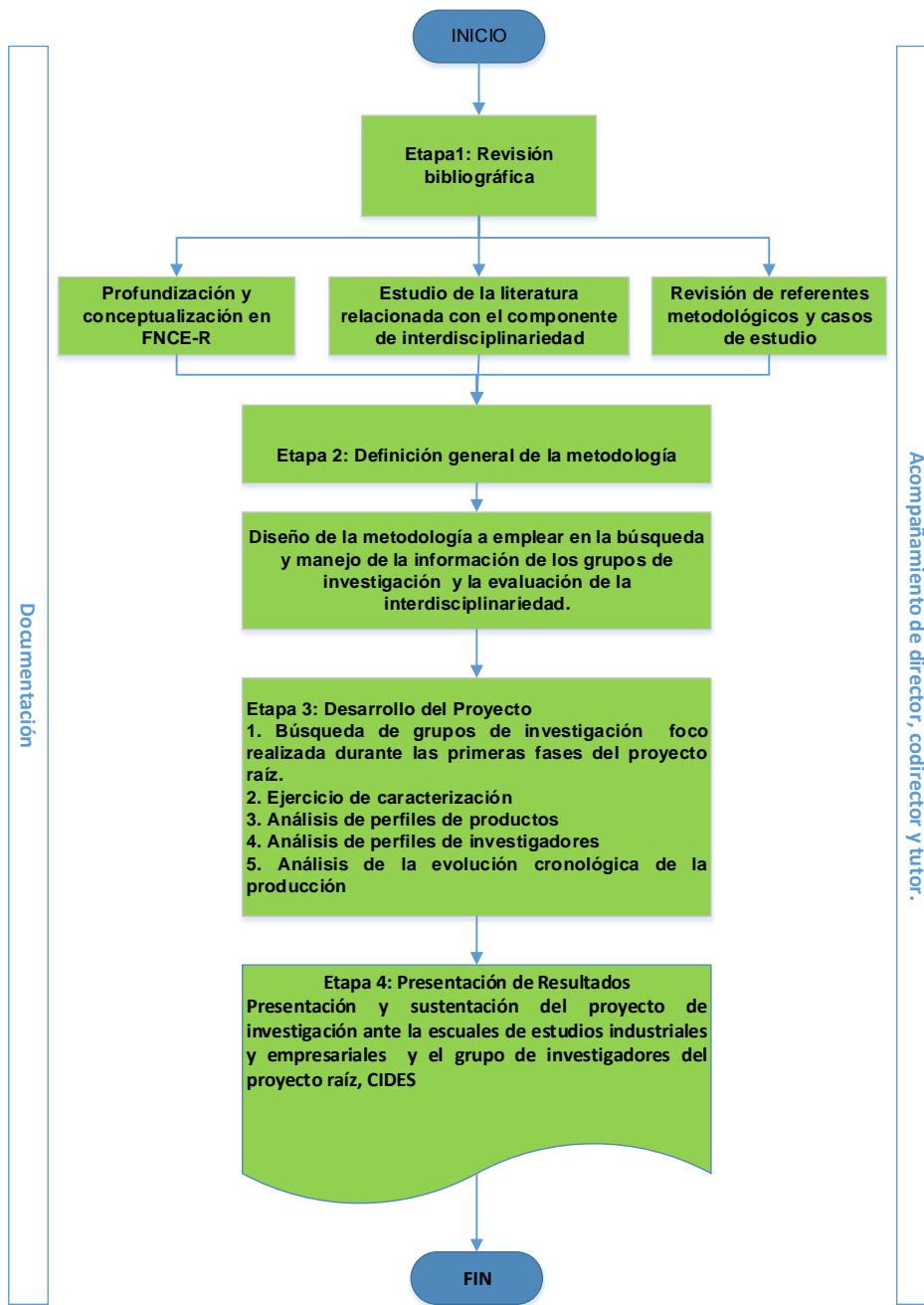
³⁵ GONZALEZ DE DIOS, J. MOYA, M.A. HERNANDEZ, Mateos. Artículo Especial: Indicadores Bibliométricos, Características y limitaciones en el análisis de la actividad científica. [En línea]. Anales Españoles de Pediatría 1997;47:235-244. <
<https://www.aeped.es/sites/default/files/anales/47-3-3.pdf>> [Consultado 1 de Agosto de 2013].

³⁶ IRIBARREN, Isabel. Producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid en las bases de datos del ISI, 1997-2003. Madrid, 2006, 460 p. Tesis de doctorado. Universidad Carlos III. DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECONOMÍA Y DOCUMENTACIÓN.

3 DESARROLLO METODOLÓGICO

El presente proyecto se realizó en 4 etapas tal como lo ilustra la figura 2. En el anexo 1 se presentan las definiciones de las diferentes herramientas usadas en el desarrollo del presente proyecto.

Figura 2. Etapas del proyecto.



En primer lugar, se definió el problema de investigación, el alcance del proyecto, el objetivo general y los objetivos específicos de acuerdo a las necesidades que ofrecía el proyecto “Levantamiento de información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en Fuentes no Convencionales de Energía Renovable (FNCE-R) para la Zona Norte, Oriente y Occidente de Colombia”.

Así mismo se planteó la metodología general que iniciaba con la inmersión teórica sobre los diferentes conceptos que abarca las Energías Renovables así como la investigación de la literatura correspondiente al componente de interdisciplinariedad; esta revisión bibliográfica se encuentra plasmada en el marco referencial el protocolo de búsqueda se puede observar en el Anexo 2.

Seguido a esto se trabajó en la búsqueda de los grupos de investigación de Colombia que trabajaran en Fuentes no convencionales de energía con la asesoría del equipo investigador del proyecto raíz y los directores del presente proyecto.

En la caracterización, análisis de perfiles de productos e investigadores de los grupos foco, se realizó una revisión de las herramientas informáticas y se definió cuál era la más apropiada para la obtención, tratamiento y tabulación de datos.

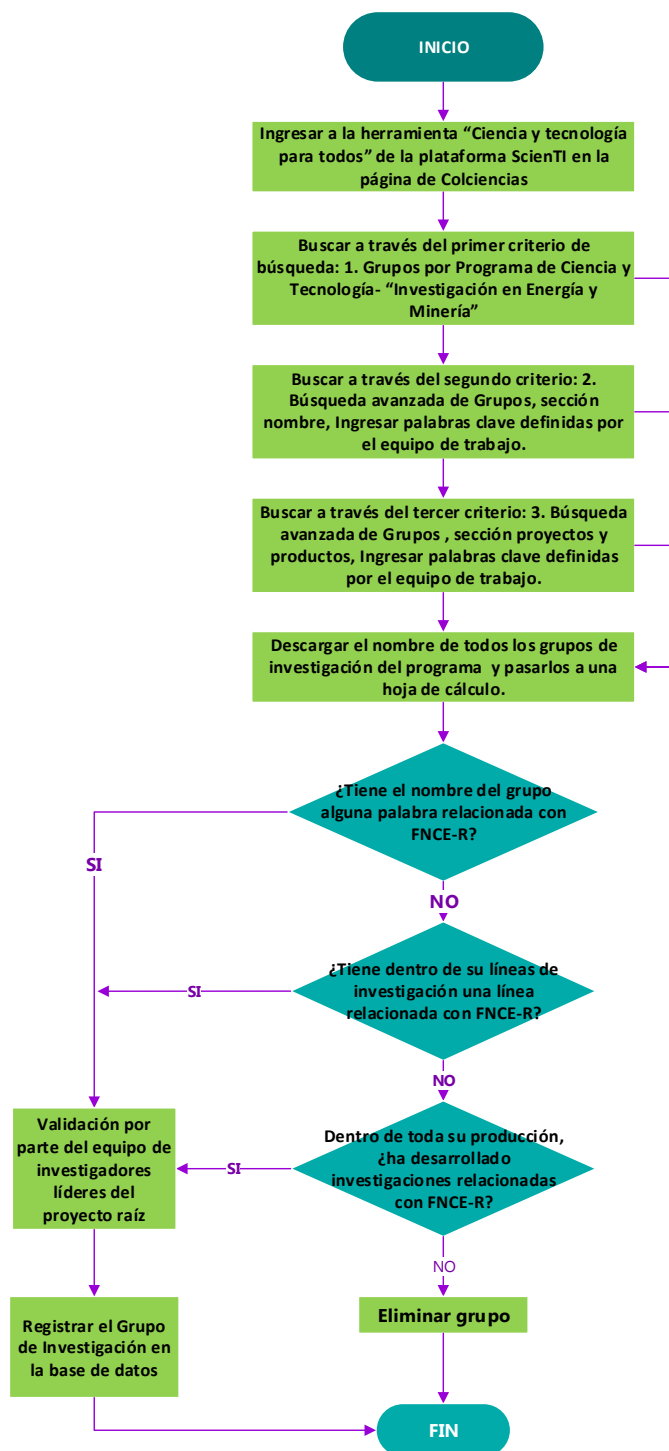
A continuación se define en detalle la metodología que se llevó a cabo para el alcance de los objetivos establecidos en el presente proyecto de grado.

3.1 BÚSQUEDA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS

La plataforma ScienTI de Colciencias ofrece una herramienta llamada “Ciencia y Tecnología para todos” en la cual se puede consultar información en las bases de datos sobre currículos de investigadores (CvLAC) y hojas de vida de grupos de investigación (GrupLAC), convirtiéndose en un instrumento de libre acceso a la información sobre la oferta nacional de investigación y desarrollo tecnológico en términos de capacidad científica y tecnológica de Colombia y de los resultados y productos de la investigación existentes³⁷. La búsqueda de información de los actores relacionados con el área de Fuentes No convencionales de Energía Renovable fue realizada, siguiendo el procedimiento que se muestra a continuación:

³⁷PLATAFORMA SCIENTI. Ciencia y tecnología para todos, Directorios. [En línea]. <<http://201.234.78.173:8083/ciencia-war/>> [Citado Septiembre de 2013].

Figura 3. Diagrama de Flujo del proceso de búsqueda de actores en FNCE-R



Es importante aclarar, que para el segundo y tercer criterio de búsqueda, se introdujo como palabras claves en las secciones “nombre” y “proyectos y

productos” cada una de las FNCE-R y otras palabras relacionadas al mismo campo, definidas en compañía del equipo de expertos que lideró el proyecto raíz; esto se realizó de manera separada con el fin de abarcar todos los grupos existentes.

En la tabla 2 se muestran las palabras utilizadas para la búsqueda en los criterios mencionadas.

Tabla 2. Palabras Clave de búsqueda.

PALABRAS CLAVE
Energía Renovable
Energía Alternativa
Fuentes Renovables
Biomasa
Biocombustible
Solar
Eólica
Geotérmica
Océano
Hidroeléctricas
Hidrógeno

Luego de contar con el listado de grupos obtenido mediante el proceso de búsqueda, se procedió a realizar el tratamiento de la información mediante dos filtros, con el fin de encontrar los grupos de investigación definitivos relacionados con FNCE-R. Dichos filtros son descritos a continuación:

- Eliminación de duplicados: Debido a que al utilizar diferentes criterios de búsqueda, podrían coincidir algunos actores, con la opción “eliminar duplicados” de Excel se redujo la lista de los grupos encontrados.
- Verificación manual: Luego de este primer filtro, se realizó manualmente una verificación grupo por grupo, revisando si efectivamente los grupos de investigación encontrados han trabajado en el campo de las fuentes no convencionales de energía, ya sea teniendo en cuenta, las líneas de investigación, proyectos y productos.

Para llevar a cabo la caracterización, teniendo el listado definitivo de los grupos de investigación (Ver anexo 3), con los respectivos links de Colciencias, se creó una macro de Excel con la ayuda del tutor del proyecto para descargar los datos básicos de cada uno los actores encontrados, ver

figura 4 y 5. Además de la descarga de los datos básicos, para realizar una caracterización más completa fue necesario realizar un conteo de investigadores, estudiantes y técnicos vinculados a los actores foco y de esta manera conocer su composición.

Figura 4. Campos descargados con la macro de Excel.



En el momento de la descarga de las características principales de los grupos de investigación, la clasificación de los grupos se limitaba a reconocido y no reconocido, por esta razón el análisis de esta característica no se pudo efectuar a profundidad.

Figura 5. Gruplac- Plataforma Scienti Colciencias

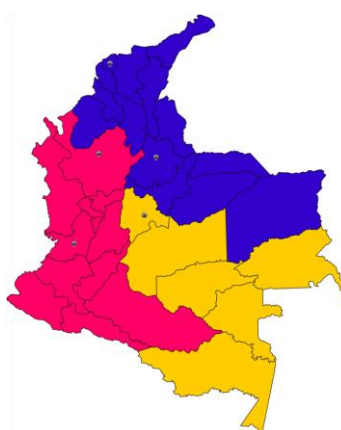


Fuente: Gruplac- Plataforma Scienti del Departamento Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Para facilitar el análisis de las características de cada uno de los grupos de investigación y siguiendo los lineamientos del proyecto raíz, de abarcar la mayor parte del territorio nacional, el país se ha dividido en tres zonas, en la que cada una cuenta con ciudades y departamentos de mayor desarrollo,

junto a regiones más apartadas. Como criterio para realizar la división de las tres zonas, se tuvo en cuenta la cantidad de grupos de investigación en FNCE de cada departamento, de forma que hubiera una distribución equilibrada de las cargas de trabajo. Las tres zonas están conformadas por distintos departamentos, tal como se muestra en la figura 6.

Figura 6. Zonas de Colombia para efectos del proyecto raíz



Fuente: Documento de descripción del proyecto “Levantamiento de información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en FNCE-R para la Zona Norte, Oriente y Occidente de Colombia”.

A continuación se muestra el listado de departamentos que conforma cada una de las Zonas de Colombia para efectos de este estudio.

Tabla 3. Departamentos que componen cada una de las zonas de Colombia.

Zona Norte (Azul)	Zona Occidente (Violeta)	Zona Oriente (Amarilla)
Guajira	Antioquia	Cundinamarca
Magdalena	Choco	Meta
Cesar	Caldas	Guaviare
Atlántico	Risaralda	Guainía
Bolívar	Quindío	Vaupés
Sucre	Cauca	Amazonas
Córdoba	Tolima	
Norte de Santander	Huila	
Santander	Valle del Cauca	
Boyacá	Nariño	
Arauca	Caquetá	
Casanare	Putumayo	

Zona Norte (Azul)	Zona Occidente (Violeta)	Zona Oriente (Amarilla)
Vichada		
San Andrés y Providencia		

Fuente: Documento de descripción del proyecto “Levantamiento de información y conocimiento de actores involucrados, potencialidades, proyectos y acciones en FNCE-R para la Zona Norte, Oriente y Occidente de Colombia”.

Con los datos descargados y estructurados, se utilizó la herramienta estadística Minitab 16, considerando que es un software que combina las ventajas de Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos. Para este primer objetivo se realizó principalmente un análisis descriptivo por medio de gráficos de barra y circulares proporcionados por ésta herramienta y por Excel.

3.2 ANÁLISIS DE PERFILES DE PRODUCTOS

El objetivo de este análisis es conocer las áreas principales de estudio en la investigación sobre FNCE-R en Colombia, la calidad de estas publicaciones y encontrar a aquellos integrantes de los grupos de investigación directamente relacionados en la producción en este campo, para posteriormente realizar el análisis de interdisciplinariedad de acuerdo a sus perfiles.

El tipo de productos que fueron objeto de análisis son los artículos de investigación, ya que estos en primera medida son clasificados por Colciencias como productos resultado de actividades de generación de nuevo conocimiento por sus aportes significativos al estado del arte de un área determinada,³⁸ y en segunda instancia porque era el producto con el que todos los grupos sin excepción contaban. Adicionalmente, se evitó la duplicidad en el conteo de resultados ya que muchas veces los artículos son objeto de ponencias científicas.

Para el análisis de perfiles de productos, se utilizó una segunda macro de Excel, diseñada y modificada con la ayuda y asesoría del tutor, la cual ha sido utilizada en ejercicios preliminares; se descargó por grupo de investigación, el total de los títulos de los artículos publicados en revistas

³⁸ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Modelo de Medición de Grupos de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Bogotá, DC. Marzo de 2013.

científicas junto con datos de país, revista, ISSN de la revista, año de publicación, volumen de la revista y autores.

En el tratamiento de datos, fue necesario tener la información de una forma ordenada y estructurada para facilitar la obtención y el análisis de resultados. De esta manera, se procedió a realizar de forma manual, la organización de la información por columnas en una hoja de Excel, con la depuración de los artículos que si tenían relación con energía renovable. Para el proceso de selección de los artículos relacionados con el campo a estudiar, se tuvo en cuenta básicamente dos criterios:

- Conocimientos propios sobre las diferentes fuentes de energía renovable: Se seleccionaron los artículos según el conocimiento que se había adquirido durante el desarrollo del proyecto raíz y la investigación de la literatura para el marco teórico del presente proyecto. Estos conocimientos a su vez fueron complementados con la búsqueda inmediata de conceptos y estudios que permitían aclarar la verdadera relación con el campo de las FNCE-R.
- Conocimientos del equipo investigador del proyecto raíz: con la ayuda de los directores del proyecto raíz, se hizo una revisión de los artículos seleccionados y de los artículos de los cuales no se tenía certeza sobre su finalidad.

Como se mencionó anteriormente, paralelo a la depuración manual, la información fue organizada de acuerdo a los siguientes ítems:

- Grupo de investigación
- Título del Artículo
- País
- Revista
- Categoría de la Revista
- Año de publicación
- Tipo de energía
- Número de autores
- Nombre de autores

Con el fin determinar la categoría de la revista, se utilizó el Sistema Nacional de Indexación y Homologación de Revistas Especializadas de Ciencia, Tecnología e Innovación, Publindex, el cual cuenta con los instrumentos para reconocer las revistas que han alcanzado niveles de calidad, permitiendo la

constitución del Índice Bibliográfico Nacional Publindex, IBN Publindex. Así mismo, el Servicio de Homologación responde a la necesidad de establecer la calidad científica y editorial y los niveles de visibilidad y accesibilidad de las revistas científicas extranjeras, en donde publican resultados de investigación quienes están o quieren vincularse a instituciones nacionales de educación superior³⁹.

Teniendo el listado organizado y definitivo, se realizó un análisis descriptivo con la implementación de índices bibliométricos, los cuales fueron definidos a partir de la información disponible en la plataforma Scienti. A continuación se presenta una descripción de cada uno de los indicadores utilizados:

- **Volumen de producción relacionada con FNCE-R por los grupos de investigación objeto de estudio:** El análisis de este indicador se realizó de dos formas: la primera al tener en cuenta los esfuerzos que dedica cada grupo a las publicaciones en el campo estudiado con respecto al total de sus publicaciones individuales; para esto, se partió de la información descargada, se calculó la cantidad correspondiente a artículos relacionados con FNCE-R de acuerdo al total publicados por el grupo de investigación, con el fin de obtener valores absolutos y porcentuales. La segunda forma fue, analizar el aporte realizado por cada grupo al total de publicaciones en FNCE-R a nivel nacional; en este segundo análisis, se hizo uso de la estadística, al utilizar el Principio de Pareto, con el fin de encontrar aquellos grupos que más aportan en el campo.
- **Distribución de la producción por tipo de fuente de energía:** De acuerdo a la clasificación realizada mediante la depuración manual, se realizó el análisis de cantidad de artículos por tipo de fuente de energía y así se construyó un gráfico de barras. Es válido aclarar, que para la mejor visualización de la información, se realizó una división de acuerdo a las zonas inicialmente planteadas.
- **Calidad de las revistas en las que son publicadas los artículos relacionados con FNCE-R:** con el uso de éste índice se midió la calidad de los medios de distribución de las publicaciones, se realizó a partir de la categoría otorgada por Publindex; con esta información se construyó un

³⁹ PUBLINDEX, INDEXACIÓN Y HOMOLOGACIÓN. Sistema nacional de indexación y homologación de revistas especializadas CT+I. [En línea] <<http://201.234.78.173:8084/publindex/jsp/content/bbnp.jsp>> [Citado Octubre de 2013].

diagrama de barras el cual muestra de manera porcentual la cantidad de artículos correspondientes a cada categoría.

- **Evolución cronológica de la producción científica en FNCE-R según el año de publicación de los documentos:** con este indicador se midió el comportamiento anual de la cantidad de artículos publicados por los de grupos investigación, utilizándose para el análisis un gráfico de dispersión y su respectivo valor de regresión.
- **Índice de Coautoría:** este índice se obtuvo a partir del número de autores que firman los documentos. El Índice de Coautoría se ha calculado de manera general para todas las publicaciones en este campo, buscando revelar los hábitos de colaboración del mismo.
- **Análisis de Palabras Comunes en publicaciones de FNCE-R:** a través de este índice se detectaron las palabras clave presentes en los títulos de las publicaciones en FNCE-R, que describen el contenido de los mismos, buscando relacionarlas según el grado de co-ocurrencia. De esta forma se elaboraron mapas tecnológicos que muestran las tendencias en investigación en este campo.

Los mapas tecnológicos, representan un análisis de correspondencias entre las palabras clave de los títulos, con el fin de vislumbrar hacia donde se van encaminando las investigaciones y cuáles son sus relaciones.

Para la elaboración de los mapas como ya se mencionó, se utilizó los títulos de los artículos y con ayuda de la metodología propuesta por Angulo (2005) y el software NtSys se procedió a la realización de los mismos.

3.3 ANÁLISIS DEL NIVEL DE HETEROGENEIDAD DE LOS PERFILES DE INVESTIGADORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN.

Determinar el nivel de heterogeneidad de los perfiles de los investigadores constituye el insumo clave para determinar la relación que existe en la interdisciplinariedad y la producción de investigación en energía renovable, en otras palabras, la aplicación de éstos índices revelarán la incidencia de la integración de diversas vertientes y disciplinas dentro de la práctica de los grupos de investigación en el desarrollo investigativo de FNCE-R. Es así que para el logro de este objetivo se desarrolló una metodología basada en la determinación de índices que permitieran identificar el comportamiento de cada grupo en su interior con respecto al equipo de autores relacionados con FNCE-R.

Tal y como se mencionó en el marco teórico, el índice de Shannon pretende analizar la interdisciplinariedad de los perfiles midiendo el grado de variabilidad de la formación académica de autores. “La Teoría de la Información ha sido utilizada con profusión en ecología para medir la diversidad de un ecosistema a partir del número de especies que lo componen y la proporción de cada especie en el sistema” (Iribarren Maestro; Isabel, 2006, p. 90); en dicha Teoría, los autores Shannon y Weaver proponen un modelo matemático explicitado por la ecuación:

$$H = f(p_i(L)) = - \sum p_i * \log(p_i)$$

Con el que tratan de medir la cantidad de información (H) contenida en un mensaje partiendo de la idea de que el hecho informativo se produce cuando el mensaje aporta nueva información que no es conocida por el receptor y por tanto es información no esperada, dicho de otra manera, si el mensaje contiene información que se conoce ($p_i = 1$) no se genera información, por lo que la cantidad de información H es cero; por el contrario, si el mensaje contiene información totalmente desconocida e inesperada para el receptor ($p_i = 0$), la cantidad de información contenida en él será máxima⁴⁰.

Adoptando éste índice, tal como lo hizo Ramón Margalef (1956; 1957) en ecología, para medir la variedad o riqueza de disciplinas en este proyecto, se tendrá en cuenta la ecuación donde:

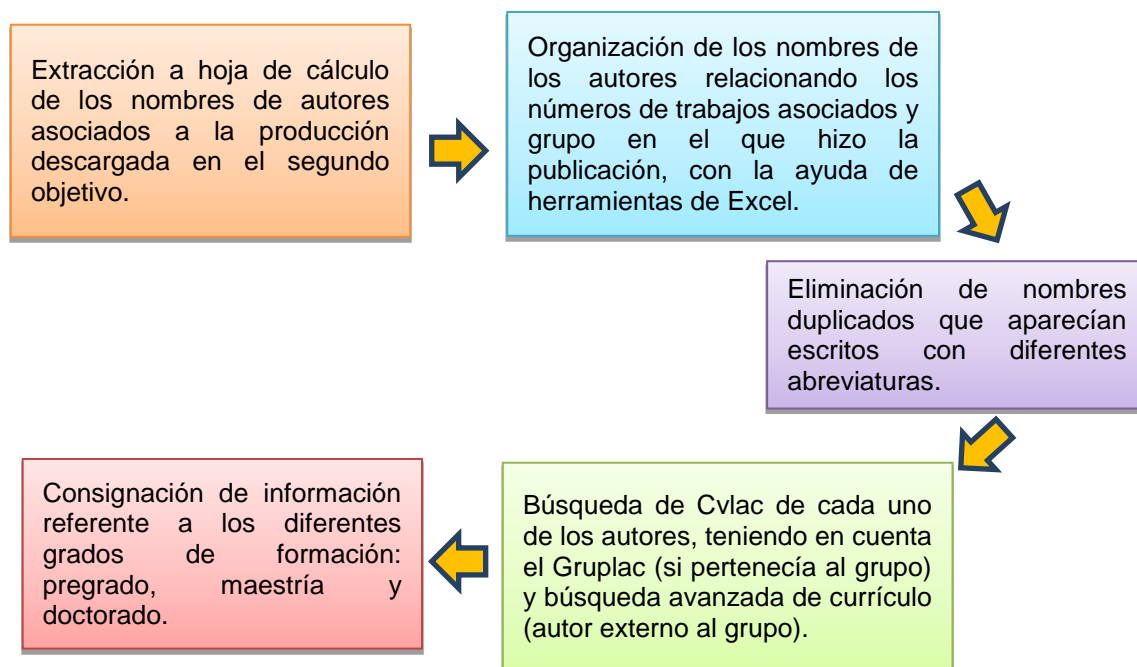
p_i = Proporción de cada profesión dentro del total de profesiones de los grupos.

3.3.1 Obtención de información de perfiles de los autores

No obstante, para poder llegar a aplicar esta metodología, se hizo previamente la estructuración de la información, la cual requería de un tratamiento especial de datos que se describe a continuación:

⁴⁰ IRIBARREN, Isabel. Producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid en las bases de datos del ISI, 1997-2003. Metodología: Índice de Shannon y Weaver. Madrid, 2006, 460 p. Tesis de doctorado. Universidad Carlos III. DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECONOMÍA Y DOCUMENTACIÓN.

Gráfico 1. Proceso de Obtención de perfiles de investigadores asociados a la producción de artículos en FNCE-R



- **Restricciones en la búsqueda de las profesiones de autores**

Durante la búsqueda de las hojas de vida de los investigadores, se observó que las plataformas de Colciencias, Cvlac y Gruplac, presentan una serie de limitaciones que dificultan la obtención de información académica asociada a los investigadores. En primera instancia, las hojas de vida de algunos autores contenían información incompleta, donde no se especificaba en que área había hecho el pregrado, la maestría y el doctorado y en otros casos las hojas de vida se encontraban completamente vacías como lo muestra la figura 6. De los 642 registros encontrados de autores asociados a los artículos, 15 autores presentaban esta inconsistencia. En segundo lugar, en el Gruplac de cada grupo, algunos artículos de investigación contenían información de autores con nombres que en su mayoría eran abreviaturas; estos nombres no correspondían a ninguno de los investigadores de los grupos y en muchos de los casos era imposible encontrarlos por búsqueda avanzada de hojas de vida. Lo anterior evidencia que los grupos se asocian con investigadores de otros grupos, de otros países ó con personas que no están dedicadas completamente a la investigación y por eso no poseen una hoja de vida en

la plataforma; por tanto existe cierto nivel de colaboración entre los investigadores de los grupos que pueden fomentar la interdisciplinariedad pero que en este estudio no fue posible analizarla debido a que la estructura no Colciencias no lo permite. De 642 investigadores, 236 registros corresponden al listado de los posibles colaboradores de los grupos de investigación.

Las limitaciones expuestas en este apartado pueden interferir en el cálculo de índice de Shannon por lo que se asume que se genera un nivel medio-bajo de ruido.

Figura 7. Hoja de vida incompleta de un investigador



Fuente: CvLac-Plataforma Scienti, Departamento Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

3.3.2 Obtención de índices de Shannon

Como se mencionó anteriormente, la ecuación propuesta por Shannon y Weaver sería la utilizada para el cálculo del índice de interdisciplinariedad, de esta manera, la base de datos se filtró por grupo para encontrar los autores que lo conforman junto con su respectiva formación académica. Debido al tipo de datos con los que se contaba, se hizo necesario definir y aplicar diferentes parámetros para el tratamiento de información de cada uno de los grupos con el fin de homogenizar los criterios para el cálculo del índice.

- Debido a que cada persona no tiene el mismo grado de formación académica, es decir, no todos cuentan con una maestría o un doctorado, para calcular el índice, se tuvo en cuenta el último grado de nivel de estudio de cada autor, partiendo de la idea de que una persona realiza

un posgrado queriendo especializarse y profundizar en algún área específica, enfocando de esta manera su perfil investigador.

- Existen disciplinas con distintos enfoques que pertenecen a una misma área, es por esto que algunas de las formaciones académicas de los autores se agruparon teniendo en cuenta la clasificación de áreas científicas y disciplinas según la organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Ver anexo 4.
- Para los autores con los que no se contaba con información completa, se decidió no tenerlos en cuenta en el cálculo del índice. Asumiendo el ruido que se genera con esta determinación.
- Algunos grupos sólo tenían relacionado un autor, por tanto, el índice de Shannon sería cero.
- El índice obtenido se transformó al rango [0,1] de manera que al establecer comparaciones fuera posible hacer un análisis basado en el estado ideal de una distribución uniforme de las profesiones que participan del grupo.

3.3.3 Análisis de resultados

Determinar la relación entre la variable interdisciplinariedad y producción científica, constituye uno de los productos más esperadas en este estudio. Por ello, al tener los resultados del análisis de la producción del segundo objetivo junto con los índices de interdisciplinariedad de este objetivo, se establece una metodología que soporte este análisis.

Partiendo de que cada uno de los artículos de los grupos cuenta con una categoría correspondiente a la revista en la que se publicó, podemos establecer una calidad estimada de la producción de cada grupo dándole valores a cada letra y luego promediar la suma de dichos valores entre el número de artículos por grupo. De esta manera se calificó de 0,5 a 10, basándonos en los pesos que Colciencias, en el Modelo de Medición de grupos, le da a las categorías A1, A2, B, y C. Siendo 10 el máximo valor, indicando mejor calidad científica, Calidad editorial, estabilidad y visibilidad y reconocimiento nacional e internacional esta.⁴¹

⁴¹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Modelo de Medición de Grupos de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Bogotá, DC. Diciembre de 2013.

Tabla 4. Pesos asignados a cada categoría de artículo

Categoría	Puntaje
A1	10
A2	6
B	3,5
C	2
Sin categoría	0,5

Así pues, teniendo dos variables numéricas (calidad de la producción e interdisciplinariedad del grupo), se utiliza la herramienta estadística de gráfico de dispersión para obtener una representación de puntos y revelar el grado de relación entre las variables mencionadas.

3.4 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE I+D EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA

Para el análisis de la evolución de las actividades de I+D, se utilizó la información descargada correspondiente a los artículos publicados en FNCE-R y a los perfiles de los investigadores asociados a la producción.

Con esta información se realizaron diagramas de barra por tipo de fuente de energía para las publicaciones, que mostraran el comportamiento en el tiempo de estas, así como también el primer año de publicación para cada una de las energías. Se contrastó con hechos ocurridos a través de los años en el país, relacionados con investigaciones en FNCE-R.

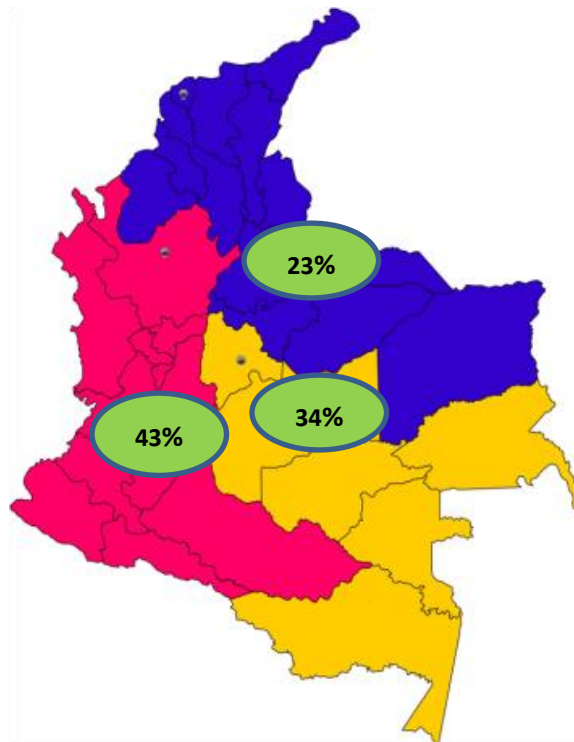
Se mostró la evolución del número de autores en este campo por año y de igual forma el número total de artículos, con el fin de comparar los dos comportamientos.

4 CARACTERIZACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN QUE DESARROLLAN PRODUCCIÓN CIENTÍFICA EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA.

En este capítulo se presenta una caracterización de los grupos de investigación que desarrollan producción científica en el campo de las FNCE-R en Colombia, en base a los campos descargados correspondientes a las características principales de los grupos.

De acuerdo a la información obtenida, en relación al lugar de procedencia, se encontró que los grupos de investigación presentan una distribución de la siguiente manera: la zona occidente tiene la mayor participación de grupos que trabajan en FNCE-R con el 43% del total, seguido por la zona oriente con un 33% y finalmente la zona norte con un 24%.

Gráfico 2. Distribución de los grupos de investigación

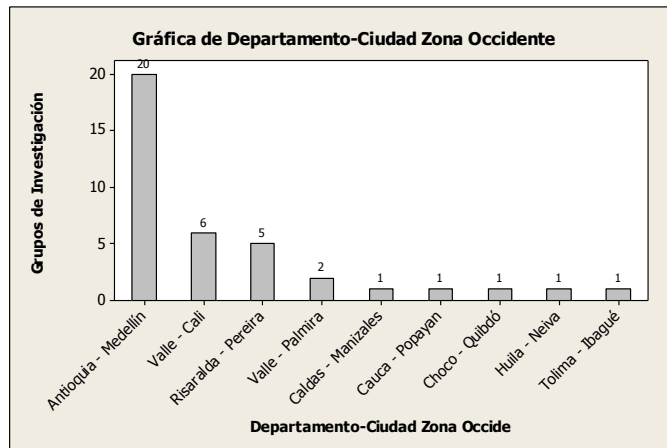


4.1 DEPARTAMENTO-CIUDAD DE PROCEDENCIA

- **Zona occidente**

En esta zona se encuentran ubicados 38 grupos representando el 43% del total de los datos analizados. Medellín, capital del Departamento de Antioquia, corresponde a la ciudad que más trabaja en energía renovable con 20 grupos de investigación, representando el 52,6% del total para esta zona, seguido de Cali y Pereira con 6 y 5 grupos representando el 15,7% y 13,2% respectivamente. Los 7 grupos restantes que representan el 18,4% faltante, se distribuyen con 2 grupos para Palmira, y de a 1 grupo para Popayán, Quibdó, Neiva e Ibagué, ver Gráfico 3.

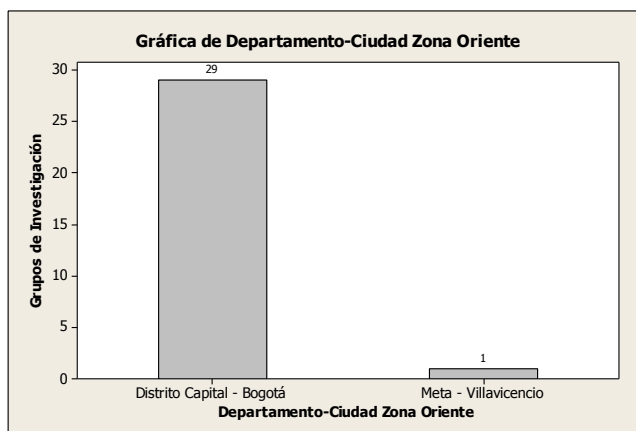
Gráfico 3. Distribución de los grupos de investigación de la zona Occidente por Departamento-Ciudad.



- **Zona Oriente**

En esta zona se encuentran ubicados 30 grupos representando el 34% del total de los grupos analizados. Bogotá, cuenta con 29, representando el 96,6% del total para esta zona, y Meta con solo 1 grupo de investigación que corresponde al 3,4%; esto indica que la capital del país, es una ciudad que aglomera gran parte de los actores que desarrollan investigaciones en FNCE-R, ver Gráfico 4.

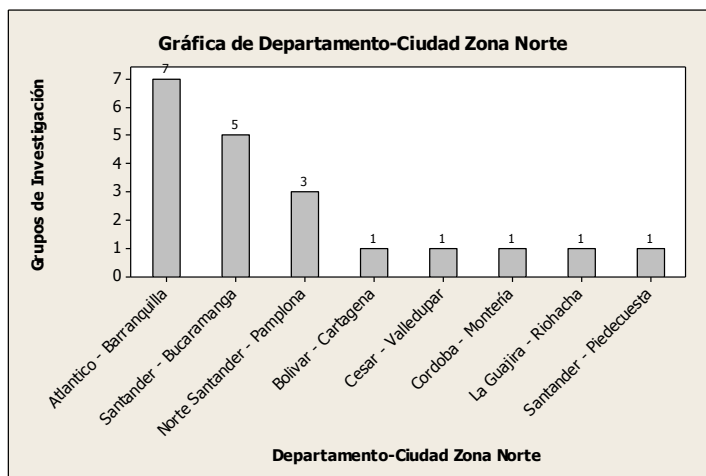
Gráfico 4. Distribución de los grupos de investigación de la zona Oriente por Departamento-Ciudad.



- Zona Norte**

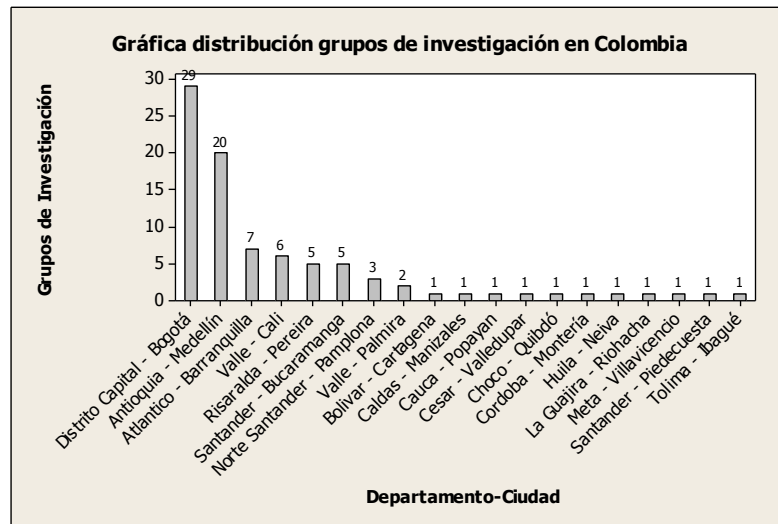
En esta zona se encuentran ubicados 20 grupos representando el 23% del total de los datos analizados, donde se identifican claramente 3 ciudades claves que adelantan investigación en FNCE-R como es el caso de la ciudad de Barranquilla con 7 grupos de investigación representando el 33,3% del total para esta zona, seguido de la ciudad de Bucaramanga y Pamplona con 5 y 3 grupos de investigación que corresponde al 23,8% y a 14,3% respectivamente y los 5 grupos restantes correspondientes al 25% se dividen de a un grupo para las ciudades de Cartagena, Valledupar, Montería, Riohacha y el municipio de Piedecuesta en Santander, Ver Gráfica 5.

Gráfico 5. Distribución de los grupos de investigación de la zona Norte por Departamento-Ciudad.



A nivel país, se llega a la conclusión que entre los departamentos de Cundinamarca y Antioquia se encuentra la mayor parte de actores relacionados con FNCE-R contando con 29 y 20 grupos respectivamente, representando entre los dos el 56% del total de los actores analizados. Ver Gráfica 6.

Gráfico 6. Distribución de los grupos de investigación Departamento-Ciudad en todo el país.

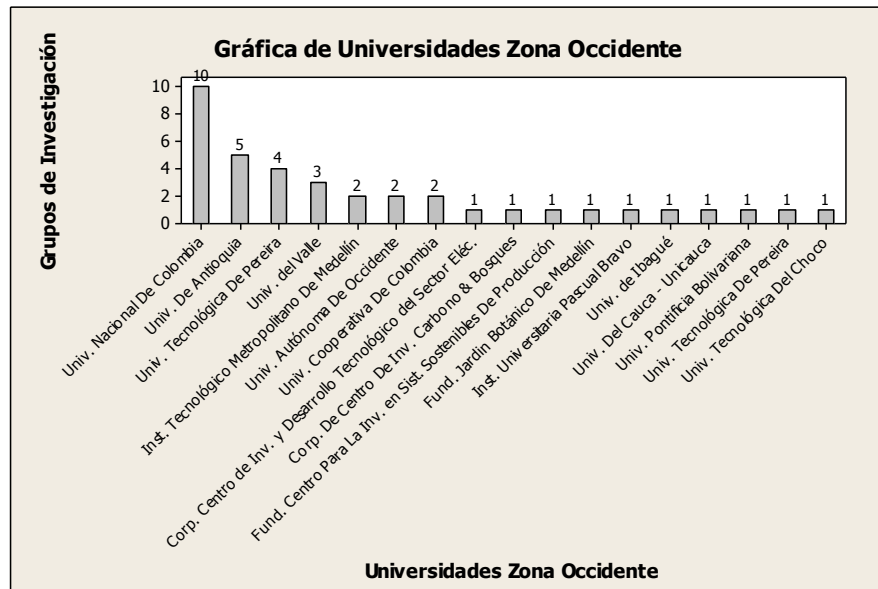


4.2 INSTITUCIONES DE PROCEDENCIA DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

- **Zona Occidente**

Analizando las instituciones de procedencia, la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín tiene 10 grupos de investigación en el campo de las FNCE-R, seguido de la Universidad de Antioquia ubicada en la misma ciudad con 5 grupos y la Universidad Tecnológica de Pereira con la misma cantidad de grupos, ver Gráfico 7.

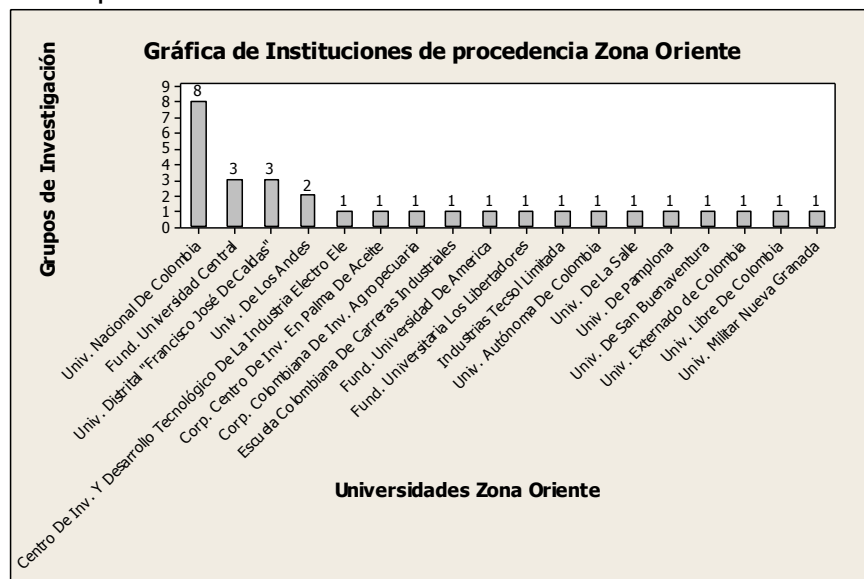
Gráfico 7. Distribución de los grupos de investigación de la zona Occidente por Institución de Procedencia.



- Zona oriente**

Observando la gráfica de las instituciones de procedencia se puede afirmar que en Bogotá existen diversas universidades interesadas en el tema, como es el caso de la Universidad Nacional con 8 grupos y las Universidades Central y Distrital con 3 grupos de investigación cada una, ver Gráfico 8.

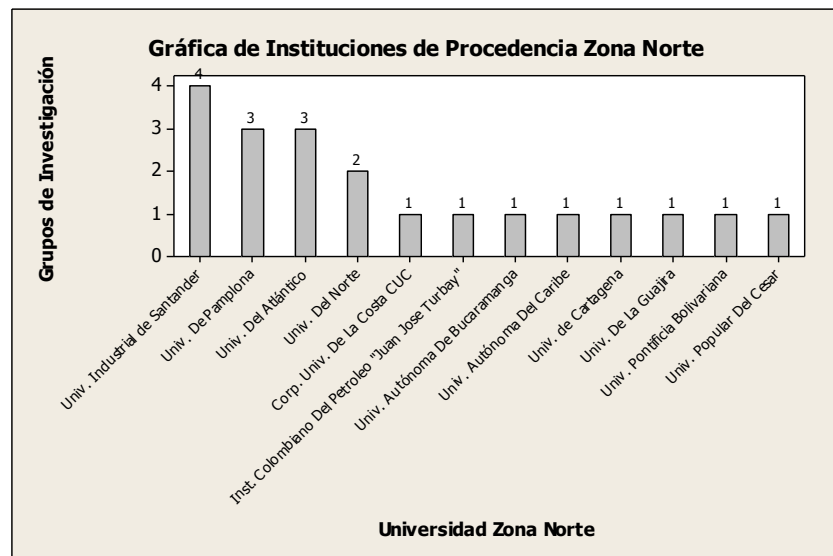
Gráfico 8. Distribución de los grupos de investigación de la zona Oriente por Institución de procedencia.



- **Zona norte**

En cuanto a las instituciones de procedencia para la zona norte, la Universidad Industrial de Santander es quien lidera con 4 grupos, seguido de la Universidad de Pamplona y la Universidad del Atlántico con 3 cada una, la Universidad del Norte con 2 grupos, y finalmente El Instituto Colombiano de Petróleo, Las universidades de la Costa, Autónoma de Bucaramanga, Autónoma del Caribe, de Cartagena, De La Guajira y popular del Cesar, cuentan con un grupo de investigación respectivamente.

Gráfico 9. Distribución de los grupos de investigación de la zona norte por Institución de procedencia.

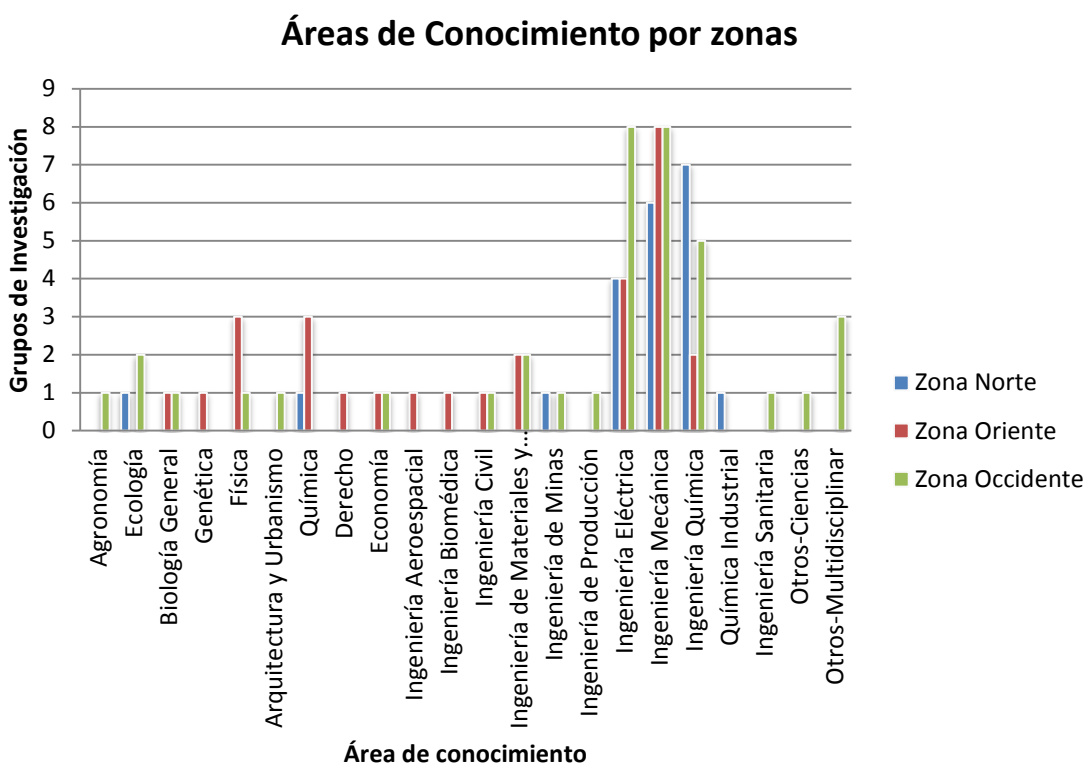


Para el análisis a nivel Colombia de las instituciones de procedencia de los grupos de investigación, se realizó un análisis a través del método de Pareto, el cual se muestra en el Anexo 5. De dicho análisis, se puede concluir que el 80% de los grupos pertenecen a 30 Instituciones, destacándose la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y Medellín, la Universidad de Antioquia, la Universidad Industrial de Santander, entre otras. Adicionalmente, se observa que dentro de las instituciones de procedencia se encuentran 15 de carácter público, 14 privado y una ONG.

4.3 ÁREA DE CONOCIMIENTO

Al analizar la gráfica del área de conocimiento definida por los grupos, se observa una tendencia similar para las 3 zonas, la mayor parte de los grupos definen a Ingeniería Mecánica (22 grupos), Ingeniería Eléctrica (16 grupos) e Ingeniería Química (14 grupos) como su área, representando el 59% de total de actores estudiados. Otras áreas representativas lo son Física y Química para la zona oriente con 3 grupos para cada área y así mismo para la zona occidente el área Multidisciplinar con 3 grupos. Ver gráfico 10.

Gráfico 10. Áreas de conocimiento por zonas



4.4 CLASIFICACIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Colciencias reconoce un grupo de investigación siempre y cuando demuestre resultados verificables derivados de su plan de trabajo y además

cumpla con una serie de requisitos; en el caso de los grupos de investigación que se están analizando, el 100% de ellos son reconocidos por Colciencias.

4.5 COMPOSICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN: INVESTIGADORES, ESTUDIANTES Y TÉCNICOS VINCULADOS.

A continuación se muestran los datos obtenidos acerca de la composición de los grupos de investigación por zonas, y de la misma forma de puede observar un consolidado a nivel país.

Tabla 5. Número de Investigadores, Estudiantes y Técnicos en Grupos de Investigación por Zona y a nivel Colombia

Zona	Investigadores	Estudiantes	Técnicos
Zona Norte	209	222	6
Zona Oriente	297	189	20
Zona Occidente	429	461	51
Colombia	935	872	77

De la información mostrada en la tabla anterior, se puede observar que los grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia se encuentran compuestos en su mayoría por investigadores y estudiantes, los técnicos representan la minoría dentro del total de integrantes, estos únicamente son 77 de las 1884 personas vinculadas.

La zona con el mayor número de integrantes es la Zona Occidente, esto se debe a que en ésta zona se encuentran ubicados 38 grupos de investigación, seguido de la Zona Oriente y finalmente por la Zona Norte. Es importante mencionar que la Zona norte es la única zona en la cual el número de estudiantes sobrepasa al de investigadores. En el siguiente gráfico se muestra la información anterior de manera porcentual.

Gráfico 11. Composición de los grupos de investigación de manera porcentual por zonas.

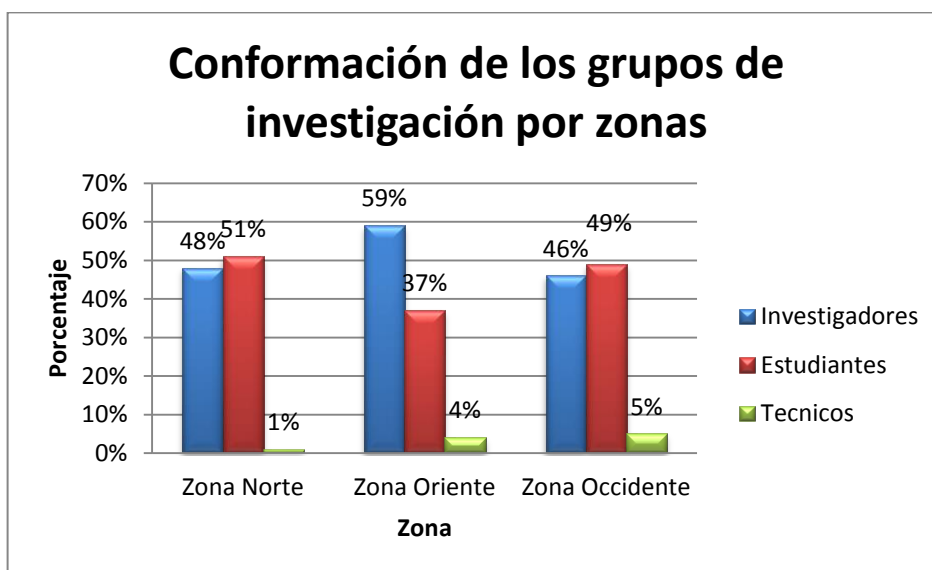
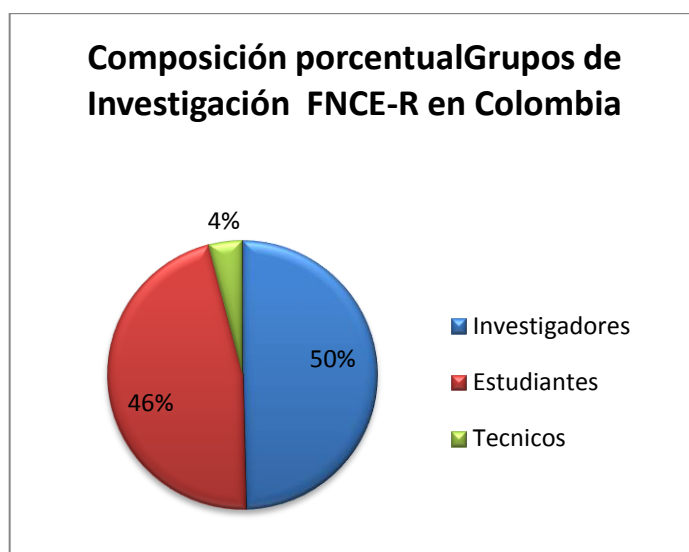


Gráfico 12. Composición de los grupos de investigación a nivel Colombia.



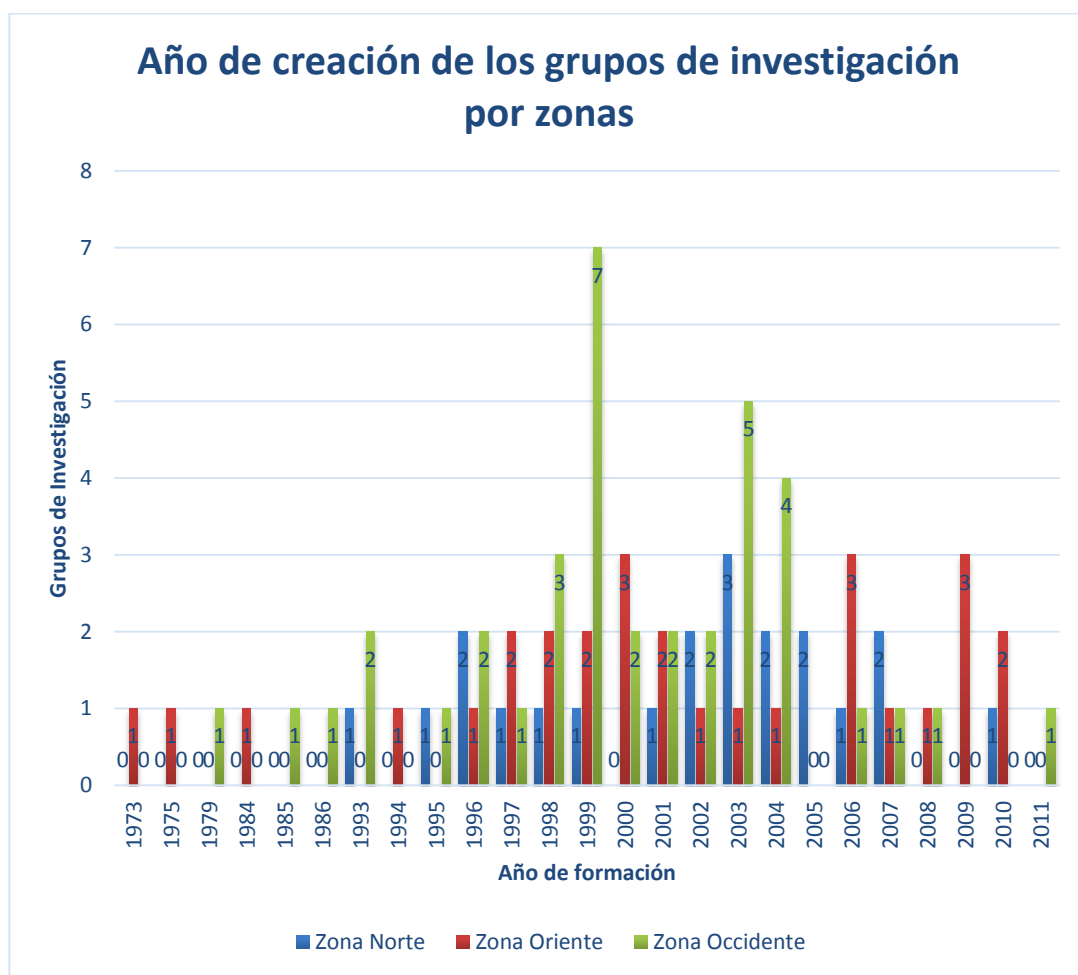
De los diagramas anteriores se puede concluir que en todas las zonas los investigadores y estudiantes representan más del 90% del total de integrantes. Así mismo, se puede observar que en todos los casos los técnicos no sobrepasan el 5%, esto puede ser ocasionado porque los grupos de investigación en su mayoría provienen de instituciones de

educación superior. Presentándose por consiguiente el mismo comportamiento a nivel Colombia.

4.6 EDAD DE LOS GRUPOS- AÑO DE CREACIÓN

A continuación se observar el gráfico de barras que muestra la evolución en el tiempo de los grupos de investigación de estudio por zonas.

Gráfico 13. Año de creación de los grupos de investigación por zonas.

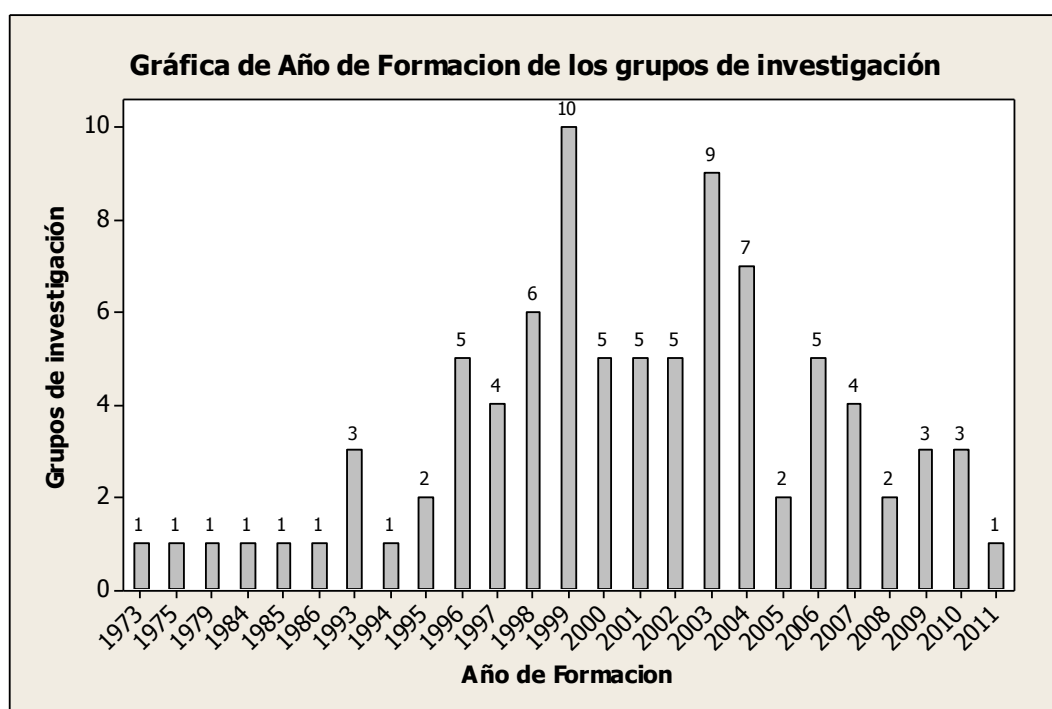


Mediante el gráfico anterior, se puede observar que la mayoría de los grupos de investigación relacionados con FNCE-R se crearon del año 1999 en adelante para las tres zonas del país, teniendo un pico muy alto la zona occidente con 7 grupos de investigación en este mismo año; Para el 2003 se presenta de nuevo la zona occidente con cinco grupos formados y en el

2004 con cuatro grupos, mostrando de esta manera que la mayor parte de grupos de investigación hacen parte de esta zona. Así mismo, se puede notar que la zona occidente y oriente empiezan a formar grupos de investigación desde la década de los 70 mientras que la zona Norte conforma su primer grupo de investigación en la década de los 90. En los últimos años se evidencia poca creación de grupos de investigación relacionados con FNCE-R.

En el siguiente gráfico se podrá analizar la creación de los grupos a nivel Colombia y a su vez se comentan posibles razones que influenciaron su aparición.

Gráfico 14. Diagrama de Barras- Año de creación Grupos de Investigación Colombia



En el gráfico 14 se puede observar que en Colombia se empezaron a realizar investigaciones en FNCE-R en el año 1973, esto no representa una sorpresa, pues en dicho año ocurrió la primera crisis del petróleo, año en el cual aquellos países de occidente que dependían de los países árabes exportadores de petróleo, se vieron obligados a buscar soluciones energéticas para mitigar dicha dependencia. Es importante mencionar, que esta crisis pudo influenciar para que en Colombia, durante los años 70 se impulsaran los temas de uso racional y eficiente de energía (URE) y de

Fuentes no convencionales de energía (FNC), lo que desde luego propició la realización de investigaciones en el tema.⁴²

Otro lapso de tiempo importante va del año 1996 al 1999, donde se ve claramente un crecimiento significativo en formación de grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia, esto pudo deberse a diversos factores, pues durante la década de los años 90 sucedieron hechos importantes para el sistema energético mundial. Entre estos, en el año 1987, se realizó el Protocolo de Kioto, el cual buscaba mitigar la emisiones de gases de efecto invernadero, que aumentaban el calentamiento global⁴³; aunque no fue sino hasta 2005 que este protocolo entro en vigor, claramente pudo influenciar el aumento de investigaciones en fuentes de energía de menor impacto ambiental.

Así mismo, durante esta década, Colombia realizó una evaluación del potencial con el que disponía para la generación de energías renovables, es ahí cuando descubre que debido a sus características geográficas y posición astronómica, el país cuenta con una gran capacidad de recursos renovables para la generación de energía. Esto sirvió de base para el establecimiento de un Programa de Desarrollo Nacional para el uso de energías renovables.

Adicionalmente, es posible observar que durante los años 2000, se han consolidado el mayor número de grupos de investigación que han realizado y realizan estudios en FNCE-R, existiendo un pico considerable en el año 2003, que pudo ocasionarse por la formulación del Plan Energético Nacional 2003-2020, el cual reconoce a las energías renovables como soluciones energéticas para las zonas aisladas (rurales). De acuerdo a lo analizado durante el proyecto raíz y a la investigación sobre los proyectos tanto actuales como los desarrollaos en el pasado por los grupos, existen muchos trabajando en dar soluciones que sean respuesta al problema de abastecimiento de energía para zonas no interconectadas del país, basándose en la mayoría de los casos en el uso de recursos renovables.⁴⁴

⁴² CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no convencionales de energía (PDFNCE), Volumen 1. Bogotá, DC. Diciembre 30 de 2010.

⁴³ PROTOCOLO DE KIOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. [En línea]. < <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> > [Citado Noviembre de 2013]

⁴⁴ CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no convencionales de energía (PDFNCE), Volumen 2- Diagnóstico de las FNCE en Colombia. Bogotá, DC. Diciembre 30 de 2010.

Igualmente, el Gobierno nacional durante estos años creó leyes que benefician a quienes generen energía mediante fuentes alternativas, un ejemplo de esto es la Ley 788 del 2002, la cual exime durante quince años del impuesto de renta a las ventas de energía generada a partir de recursos renovables. Sin lugar a dudas, esto son incentivos que otorga el gobierno a las empresas y que a su vez aumentan el interés en trabajar en investigaciones en este campo.

De igual forma que las posibles razones anteriores, aparece una, la cual sin lugar a dudas impulsa día a día la realización de nuevas investigaciones en este campo, y es el intento por reducir la dependencia a los combustibles fósiles, buscando la generación de energía a partir de recursos renovables y a la vez mitigar las emisiones contaminantes para garantizar un medio ambiente más limpio.⁴⁵

⁴⁵ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Programa de energía limpia para Colombia. [En línea]. <<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/9987.pdf>> [Citado Noviembre de 2013].

5 ANÁLISIS DE LOS PERFILES DE PRODUCTOS Y RESULTADOS DE I+D POR FUENTES EN LA DINÁMICA DE INVESTIGACIÓN.

Como se mencionó en el desarrollo metodológico, los productos a analizar son los artículos publicados en revistas científicas por parte de los grupos de investigación relacionados con fuentes no convencionales de energía renovable en Colombia. Un aspecto importante que se pudo detectar, es que de los 88 grupos relacionados, 13 grupos no tenían dentro de su Gruplac, artículos enfocados en el campo de las FNCE-R, es decir, su relación con este campo está basado en otra tipología de productos tales como libros, capítulos de libros, productos tecnológicos, trabajos de grados, entre otros; En el anexo 9 se puede encontrar los nombres de estos grupos de investigación con la respectiva zona.

A continuación se muestran los resultados obtenidos y el análisis de la información.

5.1 INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS PARA LA MEDICIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

El análisis de la información se realizó mediante los indicadores bibliométricos definidos en el desarrollo metodológico. La información descargada corresponde a las características principales de 5.676 artículos publicados por los grupos de investigación que fueron objeto de estudio.

5.1.1 Volumen de producción relacionada con FNCE-R por los grupos de investigación objeto de estudio:

Como se mencionó anteriormente, el total de artículos publicados por los 88 grupos de investigación al día 18 de Diciembre de 2013 corresponde a 5.676, de los cuales mediante la depuración realizada, se encontraron 585 artículos relacionados con FNCE-R pertenecientes a 75 grupos de investigación, representando únicamente el 10% del total de la información. En el Anexo 6 se puede encontrar la tabla que muestra el total de artículos publicados por cada grupo de investigación, la cantidad de éstos relacionados con FNCE-R y el porcentaje por grupo correspondiente a las publicaciones realizadas en este campo.

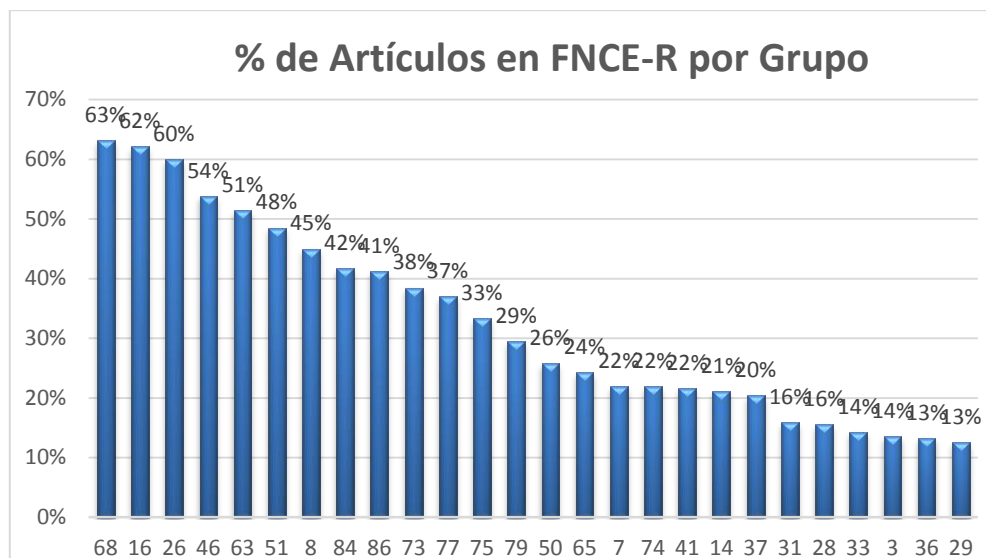
Como se mencionó en el desarrollo metodológico, el análisis para este índice se realizó de acuerdo a dos criterios, los resultados son mostrados a continuación:

- **De acuerdo al número de publicaciones realizadas por grupo en FNCE-R respecto del total de artículos publicados individualmente**

En el diagrama de barras mostrado a continuación, se puede observar el comportamiento de 26 grupos, los cuales cuentan con un porcentaje de publicación en el campo mencionado superior al 10% con respecto al total de sus publicaciones; del cual se puede concluir:

- El grupo 68 “Grupo de investigación Física del medio ambiente y energía solar” perteneciente a la zona oriente tiene un porcentaje de 63%, seguido del grupo 16 “Centro de investigación para el desarrollo sostenible en industria y energía” perteneciente a la zona norte con 62% y 26 “Grupo de investigación energía alternativa” con 60% perteneciente a la zona occidente; siendo estos los grupos que más publican en FNCE-R con respecto al total de sus artículos para cada zona.
- 12 de los 88 grupos analizados, presentan un porcentaje de publicación superior al 30%; lo que indica que no más del 13,63% muestra un alto porcentaje de publicación individual en este campo.
- Únicamente 26 de los 88 grupos relacionados con FNCE-R presentan un porcentaje de publicación en este campo superior al 10%, es decir un 29,54% del total analizado.
- El máximo porcentaje de publicación por grupo en FNCE-R de acuerdo al total de sus publicaciones individuales es del 63%.

Gráfico 15. Diagrama de barras correspondiente al porcentaje de publicación en FNCE-R por grupo con respecto al total de sus publicaciones individuales.



Es importante mencionar que los grupos restantes no se tuvieron en cuenta para la realización del gráfico porque presentaban un porcentaje de publicación inferior al 6%.

- **De acuerdo al aporte realizado por grupo en publicaciones relacionadas con FNCE-R respecto al total publicado nacionalmente**

Para analizar el aporte por cada grupo realizado al total de publicaciones, se utilizó Principio de Pareto, con el fin de encontrar aquellos grupos vitales en la producción total de Colombia en FNCE-R. En la tabla 9 y el gráfico 16, se puede observar los resultados obtenidos, es decir, los grupos que publican el 80% de la producción científica en este campo.

Tabla 6. Resultados análisis de Pareto basado en el aporte por grupo de investigación al total de publicaciones en FNCE-R.

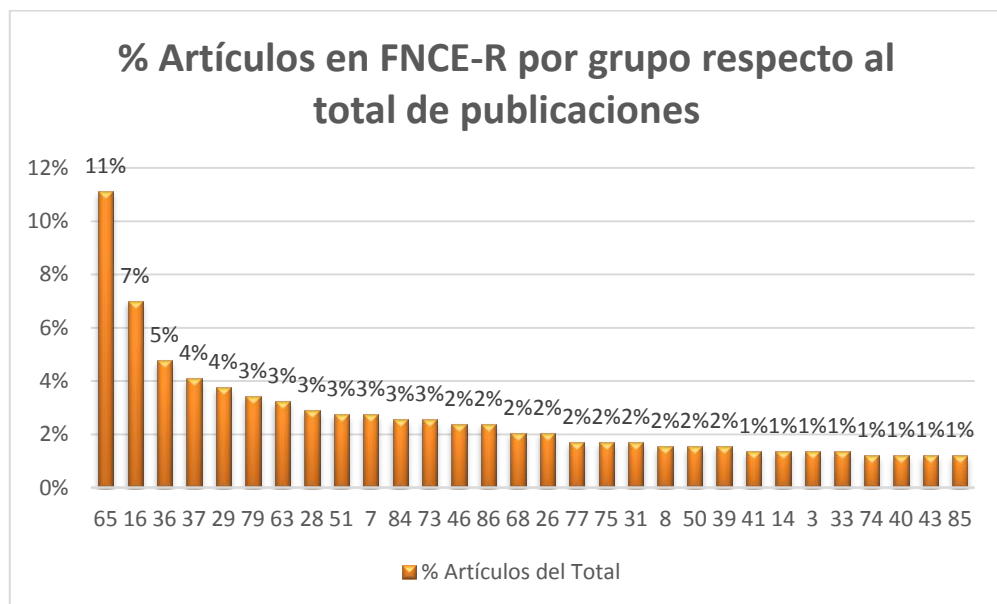
Número	Grupo de Investigación	Total artículos	Artículos en FNCE-R	% Artículos en FNCE-R del Total	% Acumulado
1	65	268	65	11%	11%

Número	Grupo de Investigación	Total artículos	Artículos en FNCE-R	% Artículos en FNCE-R del Total	% Acumulado
2	16	66	41	7%	18%
3	36	211	28	5%	23%
4	37	118	24	4%	27%
5	29	175	22	4%	31%
6	79	68	20	3%	34%
7	63	37	19	3%	37%
8	28	109	17	3%	40%
9	51	33	16	3%	43%
10	7	73	16	3%	46%
11	84	36	15	3%	48%
12	73	39	15	3%	51%
13	46	26	14	2%	53%
14	86	34	14	2%	56%
15	68	19	12	2%	58%
16	26	20	12	2%	60%
17	77	27	10	2%	62%
18	75	30	10	2%	63%
19	31	63	10	2%	65%
20	8	20	9	2%	66%
21	50	35	9	2%	68%
22	39	155	9	2%	70%
23	41	37	8	1%	71%
24	14	38	8	1%	72%
25	3	59	8	1%	74%
26	33	56	8	1%	75%
27	74	32	7	1%	76%
28	40	112	7	1%	77%
29	43	132	7	1%	79%
30	85	145	7	1%	80%

De acuerdo al análisis realizado mediante el Principio de Pareto, se puede concluir que el 80% de las publicaciones realizadas en Colombia en el campo de FNCE-R, son hechas principalmente por los 30 grupos de investigación que se muestran en la tabla, es decir, estos grupos representan los pocos vitales de acuerdo al principio; además de esto es posible observar que el mayor aporte a las publicaciones nacionales en este campo son realizadas por el grupo número 65 del listado cuyo nombre es Grupo de materiales semiconductores y energía solar perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, quien aporta el 11% del total.

A continuación se muestra la información contenida en la tabla a manera de gráfico de barras.

Gráfico 16. Diagrama de barras correspondiente al aporte realizado por cada grupo al total de publicaciones en FNCE-R en Colombia

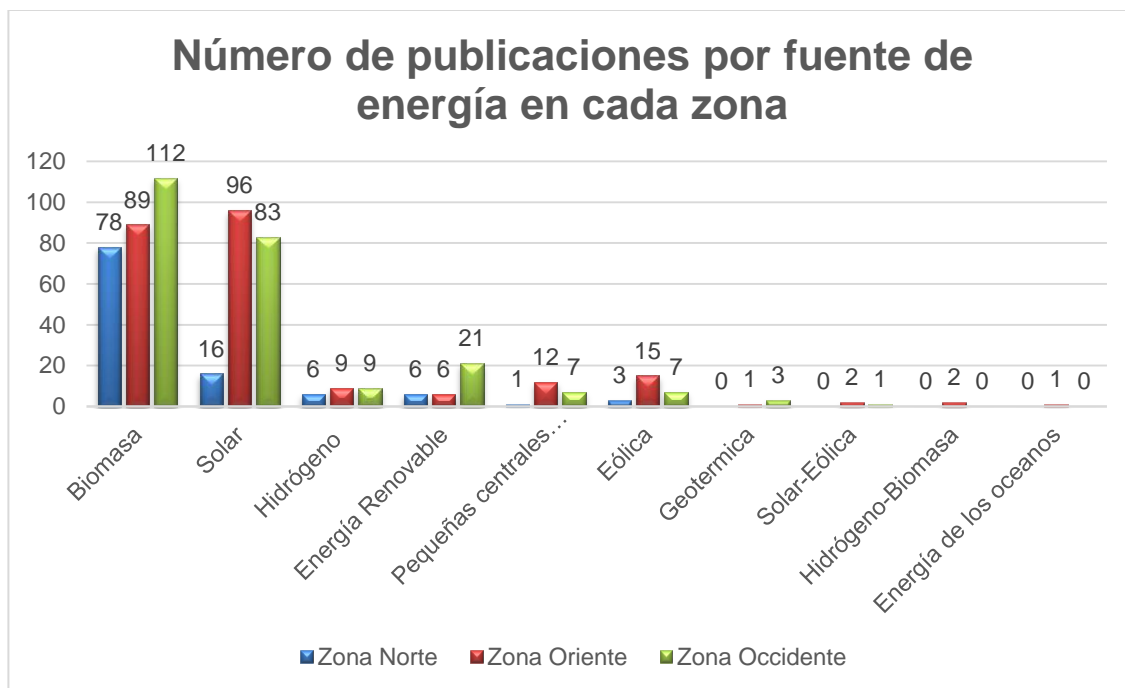


En base al gráfico anterior se puede inferir, que en su mayoría el aporte de los grupos al total de las publicaciones no supera el 5%, de igual forma que existen solamente 3 grupos que superan dicho porcentaje, correspondiendo a los siguientes grupos: Grupo de materiales semiconductores y energía solar perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia (65), Centro de investigaciones para el desarrollo sostenible en industria y energía de la Universidad Industrial de Santander (16) y finalmente el Grupo de manejo eficiente de la energía de la Universidad de Antioquia (36).

5.1.2 Distribución de la producción por tipo de fuente de energía

El análisis de la información de los artículos correspondiente al tipo de energía fue realizado de acuerdo a la zonas planteadas en el proyecto raíz.

Gráfico 17. Distribución de la producción por tipo de fuente de energía para cada Zona



- **Zona Norte**

Para la Zona Norte de acuerdo al gráfico 17, se puede observar que 78 de sus artículos están relacionados directamente con el tipo de fuente biomasa, representando el 72,9% del total de artículos en esta zona. De la misma forma 16 de estos pertenecen a energía solar, es decir un 14,9% del total publicado, es interesante ver que aunque esta zona cuenta con un gran potencial de este tipo de energía, sus publicaciones no se centran en ella; esto puede ser ocasionado porque como se mostró en la caracterización de los grupos de investigación, solo 9 de los 20 que se localizan en la zona norte, pertenecen a ciudades como Barranquilla,

Cartagena y la Guajira, consideradas con un gran potencial de radiación solar.⁴⁶

El 12,2% restante de los artículos publicados pertenecen a investigaciones en Hidrógeno, Energías renovables (es decir, energía no especificada), energía eólica y pequeñas centrales hidroeléctricas.

- **Zona Occidente**

Para la zona occidente se encontraron un total de 245 artículos relacionados con FNCE-R, de los cuales 112 es decir un 45,7% pertenecen a la fuente de energía biomasa, 86 en energía solar, es decir un 35,1%, 21 en energía renovable correspondiente a un 8,6%, el 10,6% (26 artículos) restante se reparte con 9 artículos para hidrógeno, 7 para energía eólica, 6 para Pequeñas centrales hidroeléctricas, 3 para energía geotérmica y 1 artículo que relaciona la energía eólica y la solar.

- **Zona Oriente**

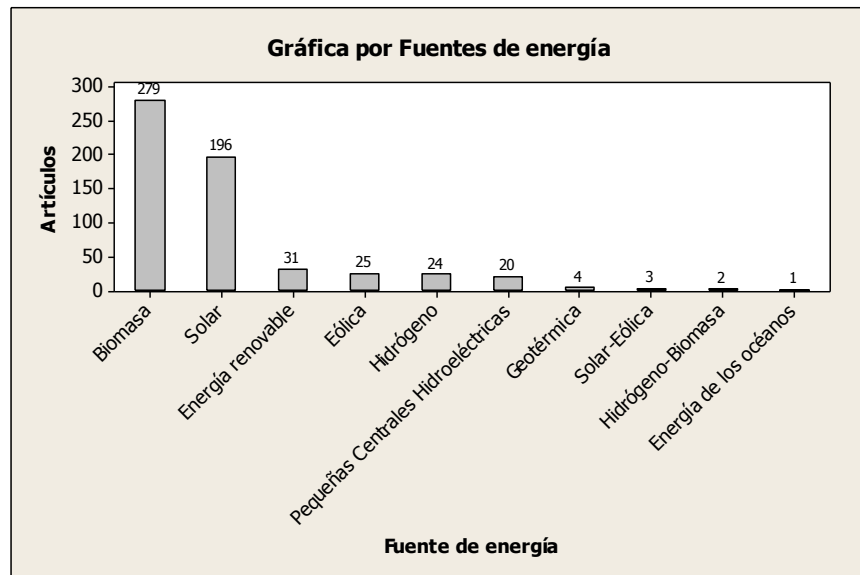
En esta zona se presenta un comportamiento diferente al de las zonas occidente y norte, pues el tipo de fuente que cuenta con más artículos corresponde a solar, con 96 artículos de un total de 233, representando el 41,2% para esta fuente. Aunque biomasa ocupe el segundo lugar, esto no indica una diferencia muy grande entre estas dos fuentes, pues para biomasa se encuentran 89 artículos correspondientes a un 38,2% del total. La energía eólica cuenta con 15 artículos, es decir con un 6,4%; seguido por pequeñas centrales hidroeléctricas con 12 artículos (5,2%). El 9,01% restante, equivalente a 21 artículos, se reparte entre las fuentes de energía: hidrógeno con 9 artículos, energías renovables con 6, para la mezcla entre hidrógeno y biomasa 2, solar-eólica 2, y finalmente 1 artículo para energía de los océanos y energía geotérmica.

A continuación en el gráfico 18 se muestra el comportamiento de la investigación en FNCE-R en Colombia, es posible observar que en el país se han desarrollado más investigaciones en los tipos de fuente de energía biomasa y solar con 478 artículos de 585 analizados en total, esto corresponde a un 81,4% para estas dos fuentes. Existe una diferencia considerable entre la cantidad de artículos para estas comparadas con las demás fuentes, se puede concluir que aunque se han realizado artículos

⁴⁶ UNIDADE DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA-IDEAM. Atlas de radiación solar en Colombia. [En línea]. http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf [Citado en Noviembre 30 de 2013].

acerca de energía eólica, pequeñas centrales hidroeléctricas, energía geotérmica y energía de los océanos, estas no superan el 20% del total analizado. Es posible ver además, que en el país se han desarrollado publicaciones que no especifican el tipo de energía (energías renovables en el gráfico) y también en mezclas de energía solar- eólica e hidrógeno-biomasa.

Gráfico 18. Distribución de la producción por tipo de fuente de energía en Colombia



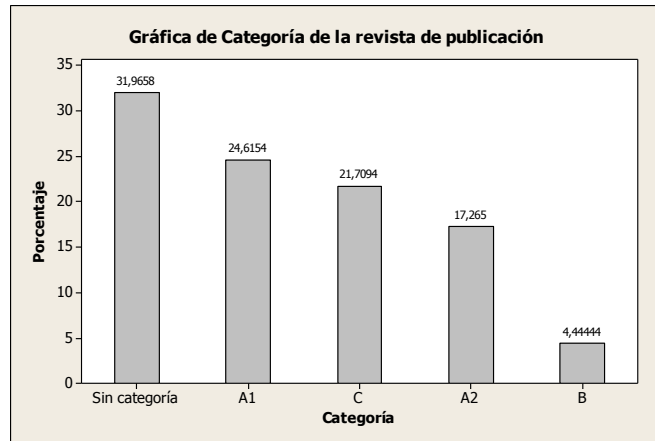
5.1.3 Calidad de las revistas en las que son publicadas los artículos relacionados con FNCE-R

De acuerdo a la calidad de los medios de distribución de los artículos relacionados con FNCE-R se encontró que un 31,35% de las revistas no presentan categoría de acuerdo a Publindex, un 24,53% pertenecen a la categoría A1, un 22,49% a la C, un 17,21% a A2 y finalmente el 4,43% restante a la B.

Es importante ver que existe un alto porcentaje de medios de distribución que no cuentan con una categoría otorgada por el Sistema Nacional de Indexación y Homologación de Revistas Especializadas de Ciencia, Tecnología e Innovación; esto podría deberse a que como en primera

medida, pueden corresponder a revistas que han dejado de existir y por tal razón no se encuentren en el listado, o en segunda medida porque no han cumplido con los requisitos necesarios para ser categorizadas.

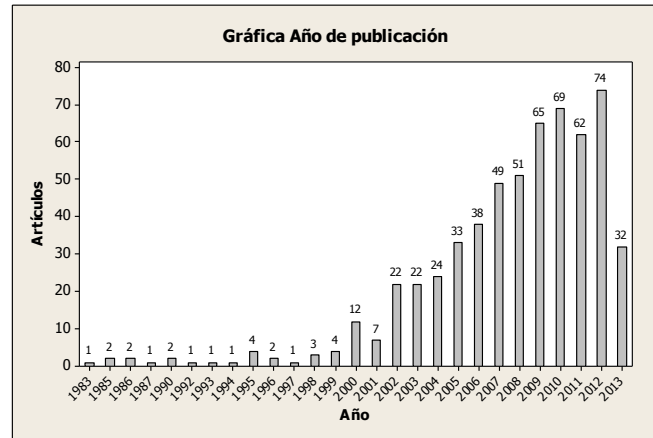
Gráfico 19. Calidad de los medios de distribución de las publicaciones en FNCE-R



5.1.4 Evolución cronológica de la producción científica en FNCE-R según el año de publicación de los documentos

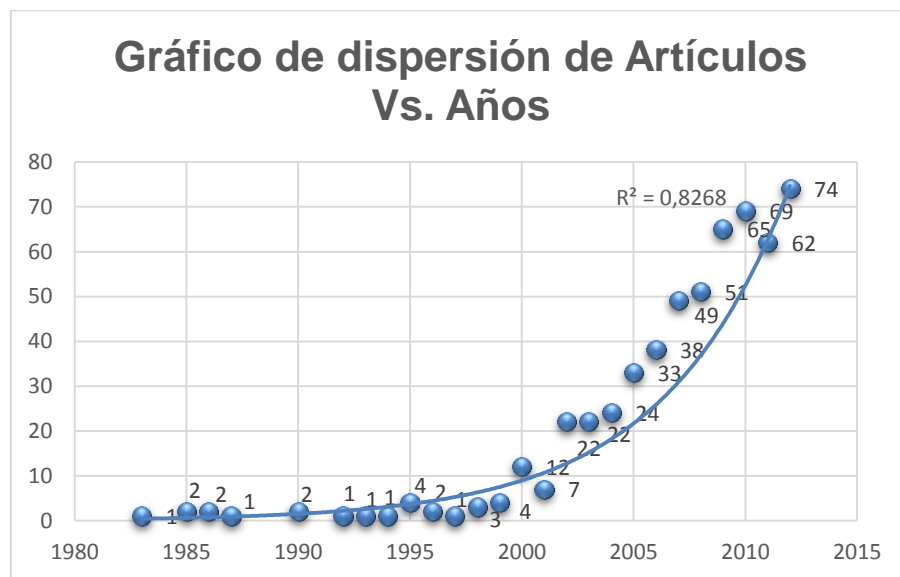
Realizando un análisis a nivel general de la cantidad de artículos publicados por año en el área de FNCE-R como objeto de investigación, se observa una evolución creciente en el tiempo, ver gráfico 20; se evidencia un aumento considerable en las publicaciones a partir del año 2000, mostrando la tendencia creciente existente de las investigaciones en este campo, aunque se presenten algunas disminuciones en algunos años.

Gráfico 20. Número de artículos por año de publicación



Con el fin de tener una mejor comprensión de la evolución cronológica del número de publicaciones, se elaboró un diagrama de dispersión donde se tomó como variable independiente a los años y dependiente al número de artículos, se presenta una evolución exponencial con factor de regresión de 0,8268; con esto, se puede concluir que existe una relación fuerte entre estas dos variables. Se debe tener en cuenta que para este gráfico no se tomó el año 2013, debido a la fecha de descarga de la información, pues para dicha fecha, es posible que muchas publicaciones de los grupos de investigación no se hayan registrado en la plataforma, por lo que no se tomaría un valor real para ese año.

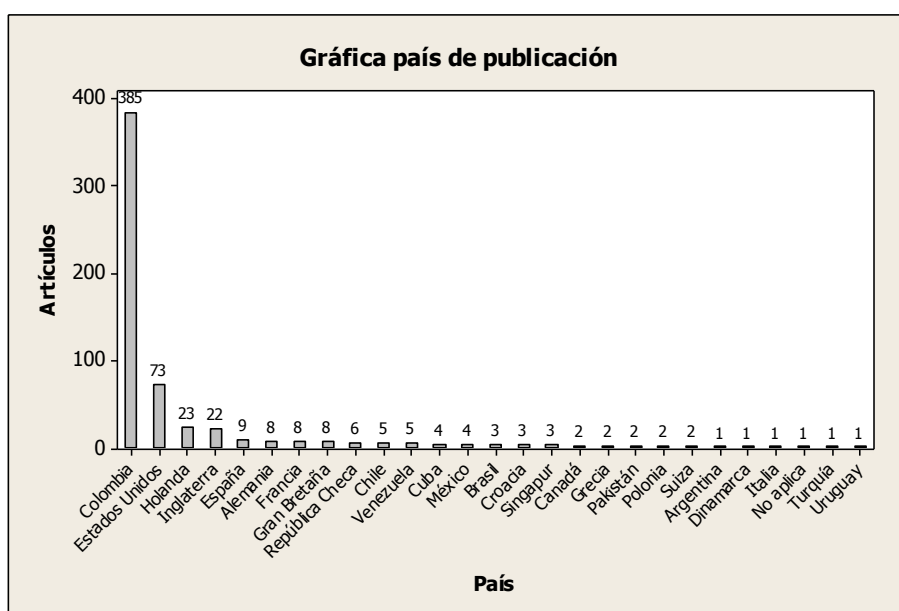
Gráfico 21. Gráfica de dispersión Artículos con Año de publicación



5.1.5 Países principales en lo que se realizan publicaciones por parte de los grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia.

De acuerdo al país de publicación se puede observar mediante el gráfico 22, un comportamiento que no es de extrañar, pues es Colombia el país en el cual se publican la mayoría de los artículos analizados, dichas publicaciones pertenecen a grupos de investigación que desarrollan estudios en FNCE-R en Colombia. En el país se publicaron 385 de los 585 artículos en estudio, seguido de Estados Unidos con 73 y Holanda e Inglaterra con 23 y 22 respectivamente.

Gráfico 22. Número de artículos por país de publicación



A continuación se presenta un ranking de los 8 países principales de publicación en investigaciones realizadas en este campo en Colombia.

Tabla 7. Ranking de países principales de publicación por parte de los grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia

Ranking	País	No. de Publicaciones
1	Colombia	385
2	Estados Unidos	73
3	Holanda	23
4	Inglaterra	22

Ranking	País	No. de Publicaciones
5	España	9
6	Alemania	8
7	Francia	8
8	Gran Bretaña	8

Por medio del ranking se puede observar que en su mayoría se presentan alianzas con países como Estados Unidos y países Europeos, con un alto índice de desarrollo, inversión y producción en energías renovables.⁴⁷

5.1.6 Índice de coautoría

Con la ayuda del índice de coautoría se analizan los artículos realizados en colaboración entre autores. En la siguiente tabla (Tabla 8), se indica la distribución del número de autores por cada trabajo, el porcentaje de trabajos según el número de autores y los datos acumulados de los valores porcentuales para toda la producción en este campo.

Tabla 8. Cálculo del índice de coautoría para las publicaciones en FNCE-R

No de Trabajos	No de autores por documento	% de Trabajos	% Acumulado trabajos
2	7	0,34%	0,34%
13	6	2,22%	2,56%
39	5	6,67%	9,23%
68	4	11,62%	20,85%
224	3	38,29%	59,15%
101	2	17,26%	76,41%
138	1	23,59%	100,00%
585		100,00%	

De los resultados obtenidos, se puede observar cómo el grado de colaboración, porcentaje de trabajos firmados por más de un autor, es igual

⁴⁷ United Nations Environment Programme (UNEP), RENEWABLES 2013, GLOBAL STATUS REPORT. [En línea]. <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf> [Citado Febrero 20 de 2014].

al 76,41%, mientras que el porcentaje de trabajos en los que sólo participa un autor es igual al 23,59%. Esto demuestra la fuerte tendencia de los investigadores pertenecientes a los grupos de investigación de estudio por realizar sus investigaciones en colaboración, y aunque la mayor cantidad de trabajos (más del 50%) son firmados por 2 o 3 autores, un 18,63% de los artículos tienen 4 o más autores, mostrando así un hábito de colaboración consolidado entre los autores que publican en este campo.

5.1.7 Análisis de palabras comunes

Como se explicó en el desarrollo metodológico, el análisis de palabras comunes fue realizado mediante la elaboración de mapas tecnológicos, que muestran de forma sintética la relación entre los temas en los cuales se ha investigado más, y en consecuencia publicado más en el período analizado.

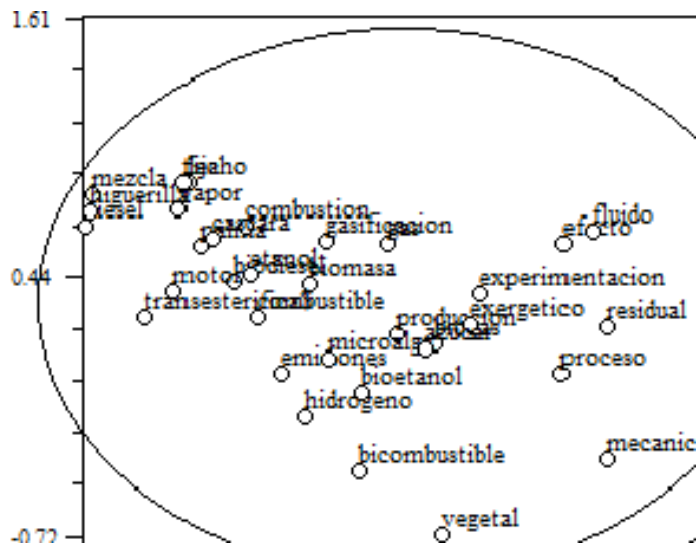
Para el análisis se tomó el gráfico correspondiente a los mapas (Ver Anexo 7) y se analizaron las nubes de puntos que se generaron de acuerdo a la información, llamándolas cluster o tendencias.

Para el presente caso de estudio, se formó una nube central, es decir, la tendencia central donde se relacionan los conceptos más comunes correspondiendo al área más madura dentro de este campo; además de esto se presentan 4 tendencias más. En el gráfico 23 se muestra la información:

Es importante aclarar, que para efectos del análisis los ejes de la gráfica, no aportan ningún tipo de valor, ya que este se realiza en torno a la aglomeración o co-ocurrencia de los puntos.

- **Tendencia central:** es posible identificar una clara tendencia central de las investigaciones en FNCE-R, encaminadas hacia la obtención de energía a partir de biomasa, se observan conceptos como biocombustibles, bioetanol, combustión, gasificación, microalgas, vegetal, vapor, biomasa, biodiesel, motor, emisiones, proceso, entre otros; los cuales representan subtemas en los estudios adelantados en este campo. Un concepto que llama la atención dentro de esta nube es hidrógeno, esto no quiere decir que en el ejercicio se hayan cometido errores, en cambio representa a los artículos relacionados con generación de hidrógeno a partir de biomasa. Esta nube o tendencia, es la más importante dentro del análisis, pues representa hacia donde se están direccionando las investigaciones y por consiguiente las publicaciones que son objeto de estudio. Ver gráfico 24.

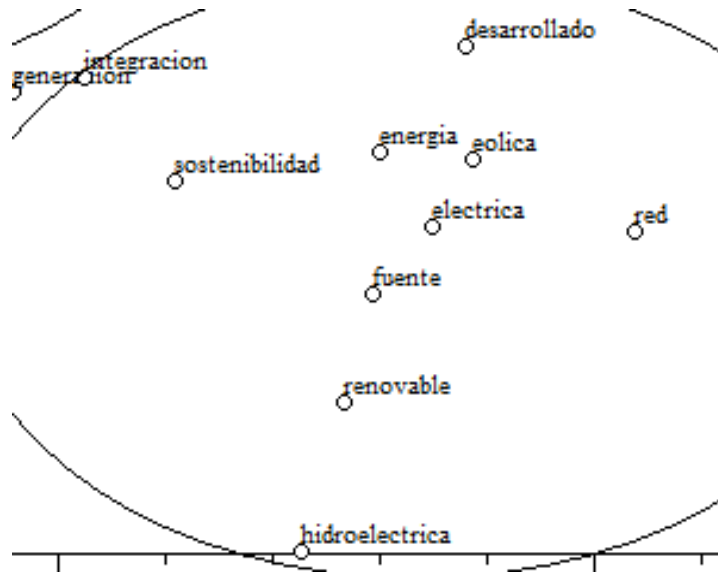
Gráfico 24. Extracción de la nube de tendencia central del mapa tecnológico en FNCE-R



- **Tendencia 1:** En esta tendencia es posible observar palabras como fuente, eólica, hidroeléctrica, sostenibilidad, renovables, entre otras. Analizando la aglomeración de puntos, es posible observar que en la

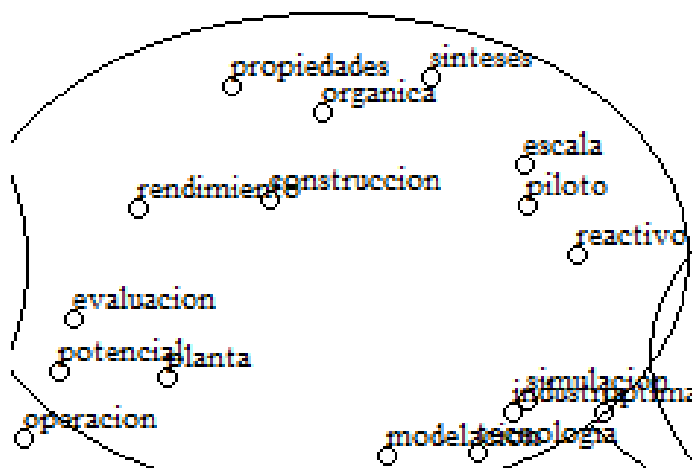
parte central del gráfico se presenta la relación más fuerte entre los conceptos de energía, eólica, eléctrica, fuente y sostenibilidad, los cuales representan investigaciones en generación de energía eléctrica a partir del recurso eólico. Así mismo, el concepto de hidroeléctrica se ve bastante alejado de los demás, posiblemente porque no existe un lazo tan fuerte de los estudios en este tipo de energía con los que están siendo analizados. Ver Gráfico 25.

Gráfico 25. Extracción de la nube de tendencia No. 1 del mapa tecnológico en FNCE-R



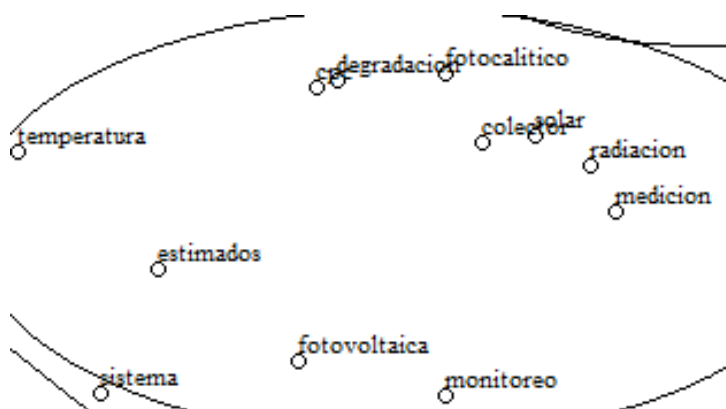
- **Tendencia 2:** Los conceptos que predominan en esta tendencia son encaminados a pruebas, simulaciones a pequeña escala o evaluaciones de potencialidades. Se observan prolongaciones de la nube central en conceptos como orgánica y síntesis; además de estos se encuentran principalmente palabras como: propiedades, escala, piloto, construcción, rendimiento, reactivo, planta, piloto, entre otros. Ver gráfico 26.

Gráfico 26. Extracción de la nube de tendencia No. 2 del mapa tecnológico en FNCE-R



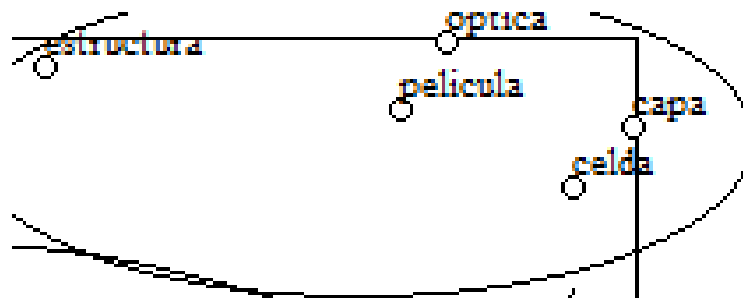
- **Tendencia 3:** La tercera tendencia muestra conceptos de energía solar encaminados a investigaciones en medición o evaluación de potencial para el desarrollo de esta energía, de igual forma ese pueden ver palabras como radiación, medición estimados, fotovoltaica, sistema, temperatura, entre otros los cuales representan porque lado se están yendo este tipo de estudios. Ver gráfico 27.

Gráfico 27 . Extracción de la nube de tendencia No. 3 del mapa tecnológico en FNCE-R



- **Tendencia 4:** Finalmente esta tendencia representa investigaciones en equipos necesarios para la obtención de energía solar. Se encuentran conceptos como estructura, película, capa, óptica y celda, todos relacionadas con este tema.

Gráfico 28. Extracción de la nube de tendencia No. 4 del mapa tecnológico en FNCE-R



6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL NIVEL DE HETEROGENEIDAD DE LOS PERFILES DE INVESTIGADORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN.

Con el análisis de los perfiles de los investigadores se pudo observar formaciones a nivel de pregrado, maestría y doctorado que son claves para el desarrollo de productos relacionados con energía renovable. En la siguiente tabla se muestra las principales formaciones académicas de cada nivel encontradas en la base de datos objeto de estudio.

Tabla 9. Principales perfiles de investigadores a Nivel de Pregrado, Maestría y Doctorado

Área de formación	Pregrado	Maestría	Doctorado
Ingeniería Mecánica	104	34	18
Ingeniería Química	102	37	22
Ingeniería Eléctrica y electrónica	51	20	11
Ciencias Químicas	28	15	32
Ciencias Físicas	14	24	19

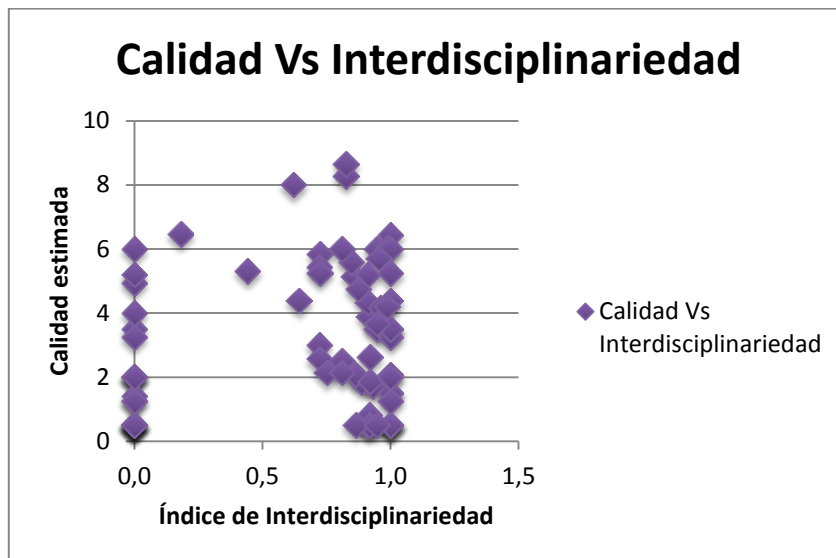
En los tres niveles de formación, se observó que las principales áreas relacionadas son las mismas para cada nivel, notando una importante participación de Ingeniería química e Ingeniería mecánica, lo que permite concluir, que son las principales áreas que tienen dentro de su campo de acción, el desarrollo de nuevo conocimiento de Energía Renovable.

6.1 Resultados Índice de Shannon

Se calcularon 75 índices de Shannon, correspondientes a los grupos que si tenían producción en Energía Renovable y al mismo tiempo se calculó la calidad estimada para cada grupo. Estos resultados fueron consignados en tablas, que además de contener estos dos campos, relacionaba el número de autores y artículos por grupo.

El gráfico 29 representa la variable interdisciplinariedad en eje de la abscisa (X) y la variable calidad en el eje de ordenadas (Y).

Gráfico 29. Relación entre la Calidad estimada vs Interdisciplinariedad



Aunque el gráfico no revela una tendencia central, si se observa nubes de puntos, los cuales son necesarios analizar para determinar los factores que pudieron influenciar entre la calidad y la interdisciplinariedad. Para este análisis el gráfico se dividió entre 4 cuadrantes.

Gráfico 30. División en cuadrantes de la relación entre Calidad esperada vs Interdisciplinariedad

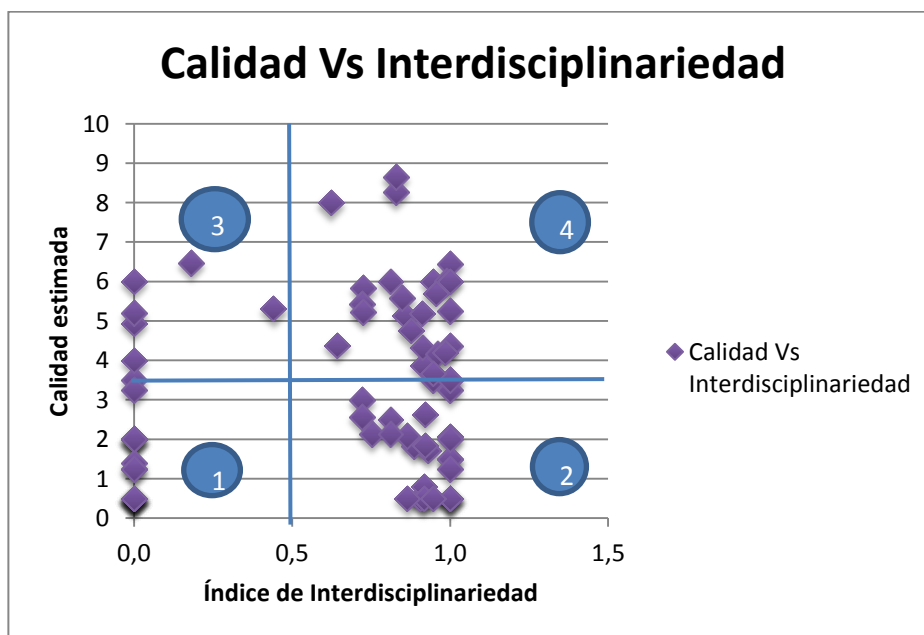


Gráfico 31 Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [0-3,5).]

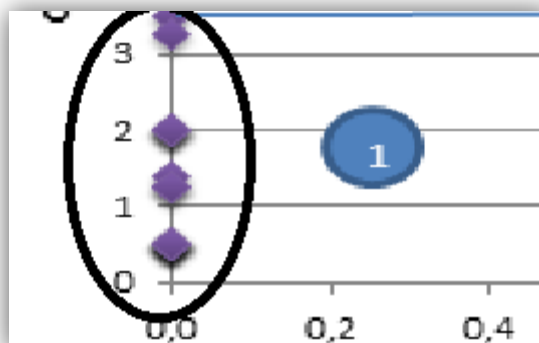


Tabla 10. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [0-3,5).]

Grupo	Índice	No. Autores Identificados	No. Artículos por grupo	Categoría grupo	Calidad de los artículos estimada
53	0,0	1	1	D	0,5
54	0,0	1	2	N/A	0,5
61	0,0	2	1	C	0,5
64	0,0	1	1	N/A	0,5
69	0,0	1	1	N/A	0,5
76	0,0	1	1	N/A	0,5
82	0,0	2	1	C	0,5
52	0,0	2	2	B	1,3
67	0,0	1	2	D	1,3
31	0,0	2	10	D	1,4
11	0,0	5	3	D	2,0
21	0,0	3	1	C	2,0
27	0,0	1	1	D	2,0
35	0,0	2	1	A1	2,0
25	0,0	3	2	N/A	3,3

En este cuadrante, se encuentran ubicados el 20% de los grupos de investigación analizados. La totalidad de grupos tiene un índice de Shannon igual a cero, esto se debe en gran parte, a que la cantidad de

autores que componen dichos grupos es muy baja (1 ó 2 autores) y por tanto la heterogeneidad de los perfiles estaría basada en esa proporción; Para los grupos que tienen solo 1 autor relacionado no es válido aplicar dicha fórmula ya que está diseñada para comparar varios perfiles, por tanto este índice siempre será cero. Para estos mismos grupos, la cantidad y calidad estimada de artículos es muy baja, categorizados en C, D y en algunos casos no tienen aún categoría relacionada. Por lo anterior, no se puede establecer una relación entre las variables debido a que se están comparando pocos autores y artículos.

El Grupo 31 “Robótica Aplicada” tiene una interdisciplinariedad de cero, y a pesar que han producido 10 artículos tienen una baja calidad asociada a la revista en que publica y a su vez está categorizado como grupo de Calidad D. En este sentido se puede determinar que para este grupo un aumento en la interdisciplinariedad en la que se generen sinergias entre disciplinas podría mejorar la calidad de la producción de nuevo conocimiento en Energía Renovable.

Gráfico 32. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [0-3,5]

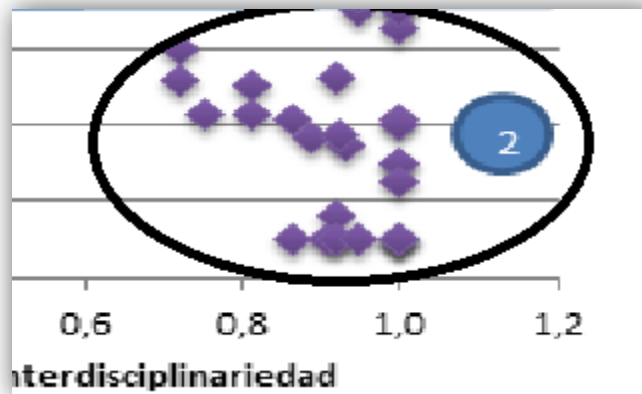


Tabla 11. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [0-3,5)

Grupo	Índice	No. Autores Identificados	No. Artículos por grupo	Categoría grupo	Calidad de los artículos estimada
43	0,7	5	7	N/A	2,6
12	0,7	5	5	A	3,0

Grupo	Índice	No. Autores Identificados	No. Artículos por grupo	Categoría grupo	Calidad de los artículos estimada
63	0,8	18	19	B	2,1
85	0,8	8	7	A1	2,1
57	0,8	4	3	A1	2,5
68	0,9	7	12	C	2,1
62	0,9	5	6	D	0,5
50	0,9	8	9	B	1,8
14	0,9	8	8	C	0,5
15	0,9	3	1	B	0,5
42	0,9	3	2	A1	0,5
34	0,9	3	5	A1	0,8
13	0,9	6	4	B	2,6
77	0,9	7	10	D	1,9
46	0,9	16	14	A	1,7
71	0,9	4	3	C	0,5
38	1,0	5	6	C	3,3
23	1,0	2	1	N/A	0,5
44	1,0	4	3	N/A	0,5
45	1,0	2	1	B	0,5
49	1,0	4	1	D	0,5
66	1,0	2	4	C	1,3
10	1,0	2	3	D	1,5
60	1,0	2	3	N/A	1,5
83	1,0	2	2	B	2,0
74	1,0	4	7	D	2,1

En este cuadrante se encuentran ubicados el 35% de los grupos analizados, caracterizados por tener una interdisciplinariedad alta, superior a 0,7; En este conjunto de grupos se destacan dos grupos que tienen una calidad estimada cercana a 3,5 como es el caso del grupo 38 “Grupo de investigación en eficiencia energética y energías alternativas – GEAL” y el grupo 12 “GIREs: Recursos - Energía – Sostenibilidad”, para estos grupos se puede detectar cierta relación entre las variables que podría mejorar con la producción de más artículos de investigación en FNCE-R.

Por otra parte, existen varios grupos que pertenecen a las mejores categorías, A y A1, con una alta interdisciplinariedad pero con una producción de calidad estimada baja, lo que nos lleva a concluir, que los artículos de investigación desarrollados en el campo de las FNCE-R no han sido el insumo que conducen a estos grupos a estar en la posición en la que se encuentran; algunos de estos grupos son el grupo 42 “Grupo de Investigación en Aplicación de Nuevas Tecnologías”, el grupo 34 “Grupo de Investigación en Energías GIEN-UAO” y el grupo 46 “Grupo de investigación en Biocombustibles GRUBIOC”. De este modo, podemos asumir que la interdisciplinariedad ha influido en la calidad de productos que están enfocados en otras temáticas fuera de las FNCE-R.

Para el resto de los grupos, en los que no se puede detectar una relación directa y proporcional de la interdisciplinariedad con la calidad, se podría entrar a evaluar el tipo de interdisciplinariedad teniendo en cuenta la clasificación propuesta por Erich Jantsch mencionada en el marco teórico, en la que se detecta si entre las disciplinas relacionadas existen verdaderas sinergias, transformaciones de metodologías de investigación, modificaciones de conceptos y de terminologías fundamentales, entre otras, ó si lo que existe es simple yuxtaposiciones entre disciplinas en las que solo se acumulan conocimientos.

Gráfico 33 Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [3,5-10]

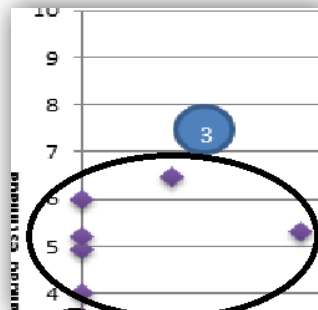


Tabla 12. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [3,5-10]

Grupo	Índice	No. Autores Identificados	No. Artículos por grupo	Categoría grupo	Calidad de los artículos estimada
4	0,0	2	1	B	3,5
30	0,0	4	6	A1	4,0
3	0,0	9	8	B	4,9
70	0,0	3	5	A	5,2
24	0,0	1	1	C	6,0
16	0,2	20	41	B	6,5
7	0,4	15	16	A1	5,3

Para este cuadrante, tenemos solo 7 grupos de investigación (9%), los cuales demuestran que no existe relación directamente proporcional entre la interdisciplinariedad y calidad estimada de los artículos. Del grupo 16 “Centro de Investigación para el desarrollo sostenible en Industria y Energía” de la Universidad Industrial de Santander, podemos destacar su elevada producción en artículos relacionados en el campo de las Energías Renovables con una calidad estimada por encima de 6, los cuales tienen asociados un gran número de investigadores pero que tienen perfiles similares, así lo demuestra su índice de 0,2. Así mismo, el grupo 7 “Uso Racional de la Energía y preservación del medio ambiente” perteneciente a la categoría A1, cuenta con una interdisciplinariedad de 0.4 calculado en base a 15 investigadores y con una producción de 16 artículos evaluados con calidad de 5.3.

Gráfico 34. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [3,5-10]

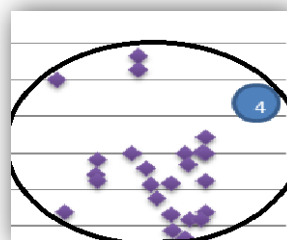


Tabla 13. Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [3,5-10]

Grupo	Índice	No. Autores Identificados	No. Artículos por grupo	Categoría grupo	Calidad de los artículos estimada
81	0,6	9	4	B	8,0
65	0,6	29	65	B	4,4
79	0,7	5	20	B	5,4
84	0,7	7	15	C	5,2
8	0,7	7	9	N/A	5,8
41	0,8	4	8	C	6,0
28	0,8	16	17	A1	8,3
40	0,8	16	7	A1	8,6
37	0,8	25	24	A1	5,6
29	0,9	14	22	A1	5,1
86	0,9	8	14	C	4,8
51	0,9	14	16	A1	5,2
39	0,9	13	9	A1	4,3
26	0,9	11	12	C	3,9
20	0,9	4	2	C	3,5
17	0,9	4	1	C	6,0
73	0,9	10	15	N/A	3,7
78	1,0	8	5	A	5,7
48	1,0	5	3	C	4,2
75	1,0	7	10	N/A	4,2
36	1,0	13	28	A1	6,0
18	1,0	2	1	N/A	3,5
47	1,0	2	6	N/A	3,5
1	1,0	6	4	N/A	4,4
22	1,0	2	2	A	5,3
56	1,0	2	4	D	6,0
33	1,0	2	8	C	6,4

Como se puede notar, en este último cuadrante, podemos encontrar el 36% de los grupos a los cuales, su elevada interdisciplinariedad ha influido en la calidad de los artículos que producen y por consiguiente pertenecen a una muy buena categoría asignada por Colciencias.

En este sentido, el grupo 40 “Termodinámica aplicada y Energías alternativas” de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín y el grupo 28 “Grupo de investigación en procesos avanzados para tratamientos Biológicos y químicos-GAOX” perteneciente a la Universidad del Valle, cuenta con una interdisciplinariedad de 0.8 calculado en base a 16 autores y con una calidad de 8.6 y 8.3 de sus artículos respectivamente, por lo cual se puede asumir, que la calidad de éstos artículos han contribuido a que los grupos sean categorizados en el nivel más alto como lo es A1. Otros grupos que es importante resaltar es el grupo 36 “Grupo de manejo Eficiente de la energía, GIMEL” de la Universidad de Antioquia, y el grupo 65 “Grupo de materiales semiconductores y energía solar” los cuales son unos de los grupos con mayor producción asociada que involucra la participación de 13 y 29 investigadores respectivamente, con interdisciplinariedad alta y categorizados como A1 y B respectivamente

En resumen, al analizar estas dos variables, se puede establecer en cierta medida una relación entre las variables interdisciplinariedad y calidad de la producción, debido a que el 36 % de los grupos se encuentran ubicados en el cuadrante de mayor interdisciplinariedad y calidad; otro porcentaje del total de los grupos ubicados en el cuadrante 2 de interdisciplinariedad elevada tienen una calidad estimada próxima al peso en la que se encuentra la categoría B, considerada de calidad media; y para el 20% ubicado en el primer cuadrante se pudo detectar que la interdisciplinariedad y la calidad fueron estimadas en su gran mayoría por 1 o 2 autores y productos, cantidad que no es considerable para los cálculos mencionados, debido a la naturaleza de la fórmula.

Para este capítulo es importante mencionar que de acuerdo a los investigadores asociados a la producción se pudo determinar la presencia de la interdisciplinariedad de tipo espacial ya que la mayoría de las personas pertenecían a los grupos de investigación. Por otro lado, para las personas con los que no se contaba información y por consiguiente no pertenecían a los grupos, existe la probabilidad de que haya interdisciplinariedad de tipo temporal.

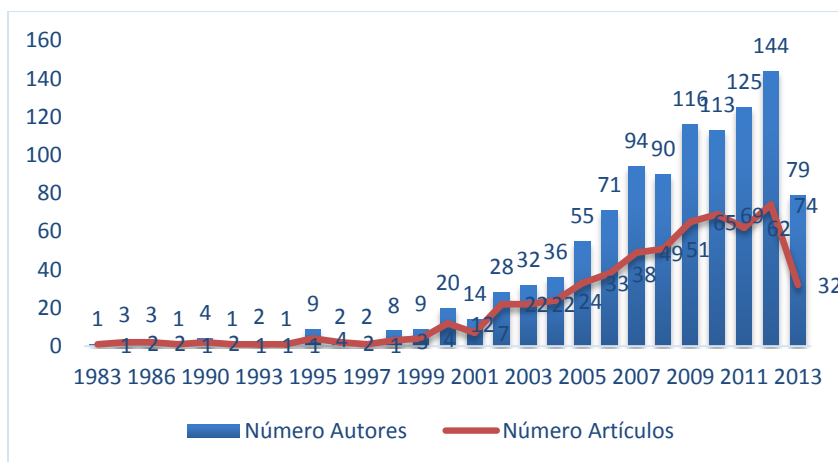
7 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE I+D EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA.

7.1 EVOLUCIÓN CRONOLÓGICA DEL NUMERO DE AUTORES Y ARTÍCULOS EN FNCE-R

El año 1983 se identifica como el comienzo de la dinámica de producción de artículos relacionados con el campo de las energías renovables. A partir de este año, se observa un crecimiento con tendencia de aumento, tanto del número de artículos como de autores asociados a la producción. Existe un crecimiento enmarcado desde el año 2000 hasta el 2012, teniendo como años clave 2009, 2010 y 2012; este crecimiento responde a diferentes sucesos históricos, mencionados a continuación en el análisis de evolución por fuente. Las dos variables presentes en la gráfica, evidencian una relación directa ellas.

Es importante aclarar, que la disminución en cuanto a autores y número de artículos para el año 2013, puede ser ocasionada porque a la fecha de descarga de datos, los grupos de investigación se encontraban dentro de la fecha de actualización de información que pide Colciencias, con corte a 15 de Enero de 2014.⁴⁸

Gráfico 35. Evolución en el tiempo del número de autores y artículos relacionados con FNCE-R



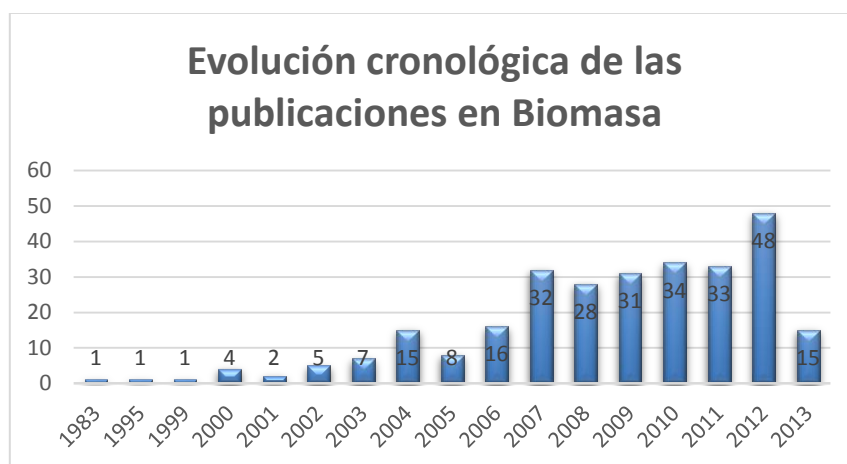
⁴⁸ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Convocatoria para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico y/o innovación y para el reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación 2013. Bogotá, DC. Septiembre 2013.

7.1.1 Evolución cronológica de las actividades de I+D por tipo de fuente

- **Biomasa**

Durante el período analizado que va de 1983 a 2013, se observa claramente mediante el gráfico 36 una evolución creciente en cuanto a las publicaciones de generación de energía a partir de biomasa. El mayor incremento ocurre entre 2004 y 2012, para luego presentar una disminución considerable durante el año 2013. A lo largo del período estudiado se pueden encontrar momentos históricos en que el tema de la biomasa ha sido objeto de estudio institucional y estatal. En las publicaciones se presenta una tendencia bastante relacionada con el fomento del estado para realizar tanto investigaciones⁴⁹ como producción en el campo de los biocombustibles, otorgando subsidios o promoviendo metas de sustitución fijadas en la legislación desde el año 2001, buscando disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, afianzar la seguridad energética, reducir la contaminación e impulsar el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales.⁵⁰ La información aquí descrita se muestra a continuación.

Gráfico 36. Evolución de las publicaciones en generación de energía a partir de Biomasa.



⁴⁹ DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS- INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS- CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Política Nacional de fomento a la investigación y a la innovación. Primera Edición. Bogotá, DC. Agosto de 2008.

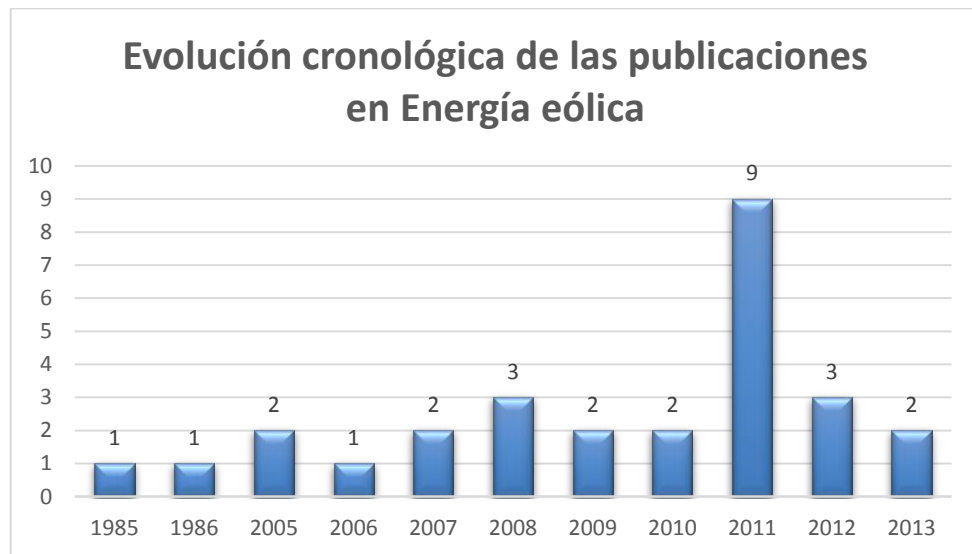
⁵⁰ CÁRDENAS D, Helena. La sustentabilidad en el uso de biocombustibles Un reto de análisis, decisiones y equilibrio. Colombia. Agosto de 2007.

- **Energía Eólica**

Las publicaciones realizadas a lo largo de los años estudiados que tienen relación con energía eólica, presentan un comportamiento bastante equilibrado del año 1985 a 2010, presentando un pico en el 2011, para luego volver a estabilizarse en los dos años siguientes.

La energía eólica en Colombia como es evidente en el gráfico, es un campo poco estudiado, y por ende representa un potencial energético bastante desaprovechado, a pesar de ser el viento una energía limpia y la menos costosa, conocida desde la antigüedad.⁵¹ Ver gráfico 37.

Gráfico 37. Evolución de las publicaciones en generación en energía eólica.



- **Pequeñas Centrales Hidroeléctricas**

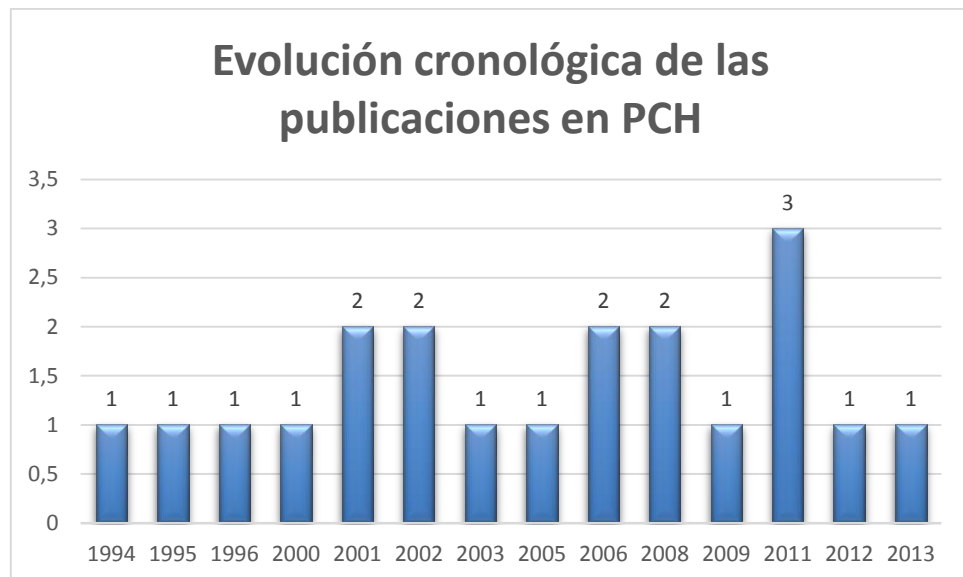
Las pequeñas centrales hidroeléctricas forman parte de la generación de una energía limpia, que busca aprovechar un recurso hídrico existente de más de 2.084 km³ en el país. Colombia es el quinto país más competitivo

⁵¹ WIND ENERGY AND ELECTRIC VEHICLE REVIEW. La energía eólica en Colombia: 40 megavatios eólicos instalados y un potencial desaprovechado y poco estudiado. [En línea]. <<http://www.evwind.es/2009/10/04/la-energia-eolica-en-colombia-40-megavatios-eolicos-instalados-y-un-potencial-desaprovechado-y-poco-estudiado/1682>> [Citado Febrero de 2014].

en generación energética, por encima de grandes economías mundiales.⁵² La evolución en las publicaciones de este tipo de energía se presenta a continuación.

Al igual que para las publicaciones en energía eólica, para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas se presenta un número de estas relativamente constante; la primera investigación en esta fuente se dio en el año 1994, de igual forma se observa que en este tipo de energía las publicaciones han sido pocas a través de los años. Es válido afirmar que aunque se presenten pocas investigaciones en los artículos que son objeto de estudio, este es un campo que se encuentra bastante avanzado en el país.

Gráfico 38. Evolución de las publicaciones en generación de energía mediante Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.



- **Energía Solar**

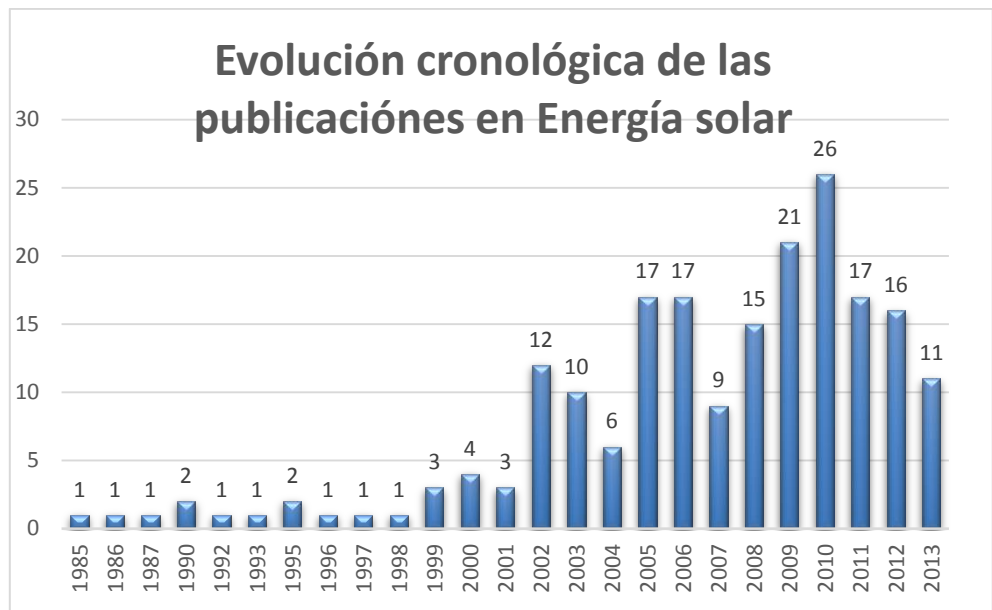
La energía solar cuenta con una historia desde mediados del siglo pasado, cuando por primera vez en el país se instalaron calentadores solares en Santa Marta en las casas de empleados perteneciente a las bananeras de esa ciudad. Así mismo, entidades universitarias y fundaciones a lo largo de los años, han aumentado sus investigaciones en este tipo de energía y sentado las bases para instalar calentadores solares y grandes sistemas de

⁵² COLOMBIA ENERGÍA. Generación hidráulica, fuente de energía y dínamo para las exportaciones. [En línea]. < <http://colombiaenergia.com/node/111> > [Citado Febrero de 2014].

calentamiento de agua para uso comunitario. De igual forma, en el país se han utilizado sistemas fotovoltaicos dirigidos principalmente a zonas rurales, en donde los costos elevados de generación de precios de los combustibles y los de operación y mantenimiento, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable.⁵³

En el gráfico 39, se ve el comportamiento de la evolución en las publicaciones en energía solar, la primera se da hacia el año 1985 además, de observarse un crecimiento prolongado desde el año 2002 al 2010, luego de esto se presenta para 2012 y 2013 un leve decrecimiento en las publicaciones para este tipo de energía.

Gráfico 39. . Evolución de las publicaciones en generación en energía solar.



- **Hidrógeno**

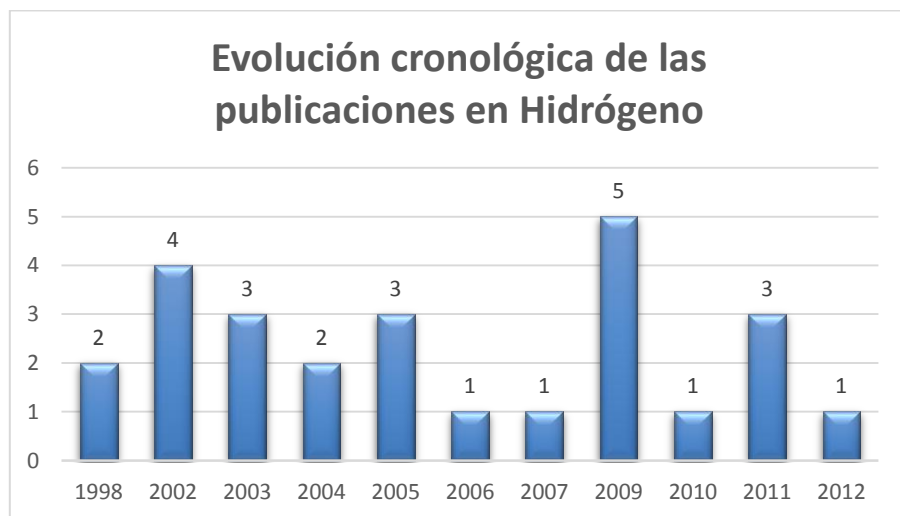
La tecnología del hidrógeno se encuentra dentro de las ideas ambientalmente sostenibles en cuanto al tema de movilidad se refiere, pues el uso de este recurso como energía trae consigo una reducción en las

⁵³ RODRÍGUEZ MURCIA, Humberto. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. En: Revista de Ingeniería-Universidad de los Andes. Bogotá. 2008.

emisiones de gases de efecto invernadero y por consiguiente una disminución del daño ambiental.⁵⁴

En Colombia, las primeras investigaciones en generación de hidrógeno se dieron hacia el año 1998, y desde ahí se ha presentado un comportamiento bastante irregular de las mismas, es decir, no se observa una tendencia clara de los estudios realizados en el país sobre este tipo de energía. En gráfico 40 se puede observar la evolución en el tiempo de las investigaciones en hidrógeno.

Gráfico 40. Evolución de las publicaciones en generación de Hidrógeno.



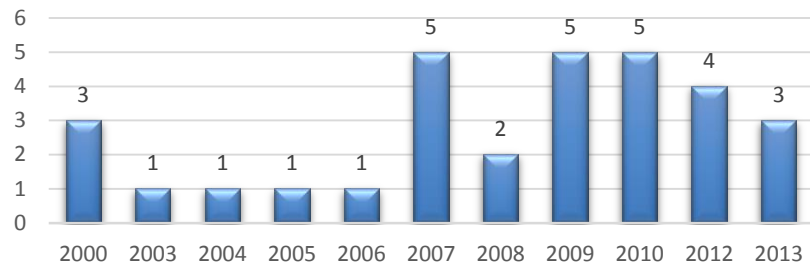
- **Energías Renovables**

El gráfico muestra la evolución en el tiempo de publicaciones en energía renovables, es decir, de aquellos artículos que no especificaban el tipo de energía en la cual se estaba investigando, esto corresponde a estudios de factibilidad de energías alternativas, perspectivas, mecanismos de incentivos, diseño e implementación de las mismas, entre otros. No se observa una tendencia definida en el diagrama y se puede afirmar que este tipo de estudios son relativamente pocos dentro del total analizado.

Gráfico 41. Evolución de las publicaciones en generación en energías renovables.

⁵⁴ MORENO VALLEJO, Luis Gabriel; VARGAS GALLO, Carlos Eduardo. La tecnología del hidrógeno, una oportunidad estratégica para la perdurabilidad del sector energético en Colombia. Bogotá, 2013. Trabajo de Grado (Magister en Dirección y Gerencia de empresas). Universidad del Nuestra Señora del Rosario. Facultad de Administración.

Evolución cronológica de las publicaciones en Energías Renovables



CONCLUSIONES

- En Colombia, Bogotá y Medellín constituyen las ciudades con mayor potencial de desarrollo e investigación en el campo de las FNCE-R al contar con un gran número de grupos de investigación pertenecientes principalmente a la Universidad Nacional y la Universidad de Antioquia en áreas como Ingeniería química, mecánica, eléctrica y electrónica.
- A pesar de que existen 88 grupos de investigación relacionados en este campo, solo el 10 % de la producción de artículos se encuentra enfocado a la generación de conocimiento sobre Energías Renovables, pero si se evalúa el comportamiento de ese 10% a lo largo de los últimos años, se observa un crecimiento exponencial, el cual evidencia un importante potencial para el aumento de este porcentaje. En otras palabras, los grupos de investigación de Colombia demuestran un potencial aumento del esfuerzo en investigación y producción relacionado con FNCE-R.
- El análisis de tendencias demostró que la biomasa, corresponde a la fuente en la que más se ha trabajado en Colombia, en la obtención de biocombustibles como bioetanol y biodiesel. Además se observan importantes conceptos como microalgas, motores, emisiones, combustión, los cuales representan hacia donde se están direccionando las investigaciones. La energía solar constituye otra fuente de energía estudiada con la creación de paneles solares a gran y pequeña escala, de igual forma ese pueden ver palabras como radiación, medición, estimados, fotovoltaica, sistema, temperatura, entre otros, los cuales representan la tendencia de medir potencialidades de esta fuente de energía. Las otras fuentes de energía, aunque han sido tratadas por los grupos de investigación, su proporción con respecto al total de los productos de investigación analizados ha sido baja.
- Los indicadores bibliométricos han demostrado ser útiles para proporcionar una evaluación de este concepto tan importante, pero debido a la diversidad de clasificaciones utilizadas en los diferentes estudios sobre el concepto y niveles de interdisciplinariedad, los indicadores muchas veces se quedan cortos. En este estudio, se evidenció la necesidad de evaluar la interdisciplinariedad desde otros puntos de vistas, como la relación entre los investigadores y las

fuentes referenciadas y la relación entre las revistas de publicación con las revistas referenciadas.

- El 71% de los grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia, presentan un nivel de interdisciplinariedad superior al 0.7. Por tanto, el concepto de interdisciplinariedad está inmerso en muchos de los grupos de investigación del país, los cuales cuentan con un equipo de trabajo con perfiles diferentes, oscilando principalmente entre ingenieros químicos, ingenieros mecánicos, ingenieros eléctricos y electrónicos y entre ciencias como la física y la química. Esta interdisciplinariedad evidencia las sinergias que se encuentran presentes en los grupos de investigación.
- El análisis por grupos de puntos demostró la existencia de diferentes grados y niveles de interdisciplinariedad que influyen en la calidad de la producción de diferente forma, es así como se identificó cierta relación entre las mismas variables. Se encontró que existe interdisciplinariedad de tipo espacial con respecto a los investigadores que conforman los grupos; aunque no se pudo tener en cuenta los investigadores que no tenían información de su perfil, esto podría dar indicios de una interdisciplinariedad de tipo temporal. Por otra parte, se puede concluir que la interdisciplinariedad debe ser mejor orientada e interiorizada para que se traduzca y se aproveche en la generación de nuevo conocimiento.
- La evaluación cronológica, mostró un crecimiento exponencial de la investigación a lo largo de los últimos años, respondiendo a diferentes eventos históricos que de alguna manera incentivaron a la creación de grupos y a la producción de nuevo conocimiento en el campo de las FNCE-R. Entre estos eventos se puede destacar los subsidios por parte del Estado para el fomento de la investigación en Biocombustibles a partir del año 2001.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar la interdisciplinariedad desde diferentes enfoques, es decir, que incluya una evaluación científico- científico, científico- información e información- información; de esta manera se tendrá una visión más completa de la presencia de la interdisciplinariedad y su incidencia en la producción científica.
- Se recomienda para futuros ejercicios realizar una evaluación del componente de interdisciplinariedad, contemplando métodos que superen el grado de dificultad y que tengan una relación más directa con los actores a evaluar, de esta manera se conocería con mayor exactitud el nivel de sinergias que nacen entre las disciplinas.
- Se recomienda para el desarrollo y superación de limitaciones especialmente del ámbito científico, el fomento de la interdisciplinariedad en los actores de Colombia y la adopción de metodologías, conceptos, procedimientos de las diferentes disciplinas para que se vea reflejada en la producción de nuevo conocimiento.
- Se recomienda a los grupos de investigación de Colombia, que realicen una constante actualización de datos, tanto a nivel de producción como a nivel de hojas de vida de los investigadores asociados, con el fin de que en futuros estudios se cuente con información completa y organizada.
- Se recomienda a los grupos de investigación de Colombia que realicen un mayor esfuerzo en investigación de las diferentes fuentes, teniendo en cuenta la riqueza y diversidad de recursos que ofrece el mismo país; al mismo tiempo se recomienda al gobierno colombiano la formulación de estrategias que apalanquen el desarrollo de las FNCE-R.

BIBLIOGRAFIA

AL-MAJDALAWI ALVAREZ, Amir. Reflexiones sobre la interdisciplinariedad. Valladolid: Curso de doctorado en tecnologías de la información y las telecomunicaciones. Univ. Valladolid. 2009.

ANGULO CUENTAS, GERARDO LUIS. Mapas Tecnológicos en uso eficiente y generación de energía a partir de biomasa. Tesis de Maestría. Barranquilla, Colombia. 2005. Universidad del Norte.

BARBOSA, María del Pilar; ESCALONA FERNANDEZ, María Isabel. Análisis de la interdisciplinariedad en la ingeniería química universitaria española. En: Revista Española de documentación Científica. Enero- Marzo (2014). 37 (1).

BARBUT, Monique. : Colombia: Catalytic Investments for Geothermal Power. En: global environment facility (2010). [En línea] .Disponible en: <<http://www.thegef.org/gef/sites/thegef.org/files/documents/document/12-13-2010%20ID4138%20Council%20letter.pdf> >

BOISOT, Marcel. Disciplina e interdisciplinariedad. Citado por: TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 71-72.

BORDONS, María y ZULUETA, M. Ángeles. La interdisciplinariedad en los grupos españoles de investigación en el área cardiovascular. En: Revista Española de Cardiología. [En línea]. Vol. 55. No. 09. (2002). [Consultado 1 de agosto de 2013]. Disponible en: <<http://www.revespcardiol.org/es/la-interdisciplinariedad-los-grupos-espanoles/articulo/13036115/> >

BORDONS, María; MORILLO, Fernanda; GÓMEZ, Isabel. Analysis of cross-disciplinary research through bibliometric tools. En: Handbook of Quantitative Science and Technology Research. (2005).

CÁRDENAS D, Helena. La sustentabilidad en el uso de biocombustibles Un reto de análisis, decisiones y equilibrio. Colombia. Agosto de 2007.

COLOMBIA ENERGÍA. Generación hidráulica, fuente de energía y dínamo para las exportaciones. [En línea]. < <http://colombiaenergia.com/node/111> > [Citado Febrero de 2014].

CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no convencionales de energía (PDFNCE), Volumen 1- Diagnóstico de las FNCE en Colombia. Bogotá, DC. Diciembre 30 de 2010.

CONSORCIO ENERGÉTICO CORPOEMA. Formulación de un Plan de Desarrollo para las Fuentes no convencionales de energía (PDFNCE), Volumen 2- Diagnóstico de las FNCE en Colombia. Bogotá, DC. Diciembre 30 de 2010.

DE LA RÚA Batistapau. Interdisciplinariedad en el currículo de las ciencias sociales. La Habana: Editorial Academia de las FAR. 2000.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Convocatoria para el reconocimiento y medición de grupos de investigación, desarrollo tecnológico y/o innovación y para el reconocimiento de investigadores del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación 2013. Bogotá, DC. Septiembre 2013.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS. Modelo de Medición de Grupos de investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Bogotá, DC. Marzo de 2013.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, COLCIENCIAS- INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA, FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS- CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. Política Nacional de fomento a la investigación y a la innovación. Primera Edición. Bogotá, DC. Agosto de 2008.

GASS, J.R. Interdisciplinariedad. Problemas de la Enseñanza y de la Investigación en las Universidades. Citado por TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 65

GONZALEZ DE DIOS, J. MOYA, M.A. HERNANDEZ, Mateos. Artículo Especial: Indicadores Bibliométricos, Características y limitaciones en el análisis de la actividad científica. [En línea]. Anales Españoles de Pediatría 1997;47:235-244. [Consultado 1 de Agosto de 2013]. Disponible en: <<https://www.aeped.es/sites/default/files/anales/47-3-3.pdf>>

HURD. The Future of University Science and Technology Libraries: Implications of Increasing Interdisciplinarity. Volumen 13. College & Research Libraries. 1992 P. 17-32.

“INTERDISCIPLINARITY IN RESEARCH”, EURAB (European Research Advisory Board), April 2004. http://ec.europa.eu/research/eurab/pdf/eurab_04_009_interdisciplinarity_research_final.pdf

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Topics, Geothermal. [En línea]. <<http://www.iea.org/topics/geothermal/>> [Citado Agosto 5 de 2013].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Topics, Solar (PV and CSP). [En línea]. <<http://www.iea.org/topics/solarpvandcsp/>> [Citado Agosto 5 de 2013].

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Topics, Wind Power. [En línea]. <<http://www.iea.org/topics/windpower/>> [Citado Agosto 5 de 2013].

IRIBARREN, Isabel. Producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid en las bases de datos del ISI, 1997-2003. Madrid, 2006, 460 p. Tesis de doctorado. Universidad Carlos III. DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECONOMÍA Y DOCUMENTACIÓN.

JANTSCH, Erich. Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación. Citado por: TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 72-76.

KLEIN, J.T., “Interdisciplinarity: history, theory and practice”, Wayne State University Press, Detroit, 1990. Vía web: <http://books.google.es/books?id=4uM8fjxhjqsC&printsec=frontcover&dq=klein+interdisciplinarity>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Programa de energía limpia para Colombia. [En línea]. <<http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosEventos/9987.pdf>> [Citado Noviembre de 2013].

MORENO VALLEJO, Luis Gabriel; VARGAS GALLO, Carlos Eduardo. La tecnología del hidrógeno, una oportunidad estratégica para la perdurabilidad del sector energético en Colombia. Bogotá, 2013. Trabajo de Grado (Magister en

Dirección y Gerencia de empresas). Universidad del Nuestra Señora del Rosario. Facultad de Administración.

MORIN, Edgar. Sobre la interdisciplinariedad. La complejidad y la transdisciplinariedad. Medellín: UPB, UNESCO, COLCIENCIAS, CNRS, Embajada de Francia, UNISALLE. P. 9-15.

PLATAFORMA SCIENTI. Ciencia y tecnología para todos, Directorios. [En línea]. <<http://201.234.78.173:8083/ciencia-war/>> [Citado Septiembre de 2013].

PROTOCOLO DE KIOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. [En línea]. <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>> [Citado Noviembre de 2013]

PUBLINDEX, INDEXACIÓN Y HOMOLOGACIÓN. Sistema nacional de indexación y homologación de revistas especializadas CT+I. [En línea] <<http://201.234.78.173:8084/publindex/jsp/content/bbnp.jsp>> [Citado Octubre de 2013].

QIN, J.; LANCASTER, F. W. y ALLEN, B. Types and levels of collaboration in interdisciplinary research in the sciences. Journal of the American Society for Information Science. Vol. 48, No. 10. 1997. P. 893-916.

RODRÍGUEZ MURCIA, Humberto. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. En: Revista de Ingeniería-Universidad de los Andes. Bogotá. 2008.

SANZ, Elías; GARCÍA, José; MAURA, Mariano; RODRÍGUEZ, Beatriz y MARTÍN, Carmen. Análisis de la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños en ciencias químicas durante el período 1992-1999. En: Revista española de documentación científica [En línea]. Vol. 25, No. 4, (2002). [Consultado 1 de agosto de 2013]. Disponible en: <<http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/276/332> >

SMIRNOV, S. N. La aproximación interdisciplinaria en la ciencia de hoy. Fundamentos ontológicos y epistemológicos. Formas y funciones". Citado por: TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 84.

TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 65

TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 65-66.

TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 70-82.

UAB DIVULGA, REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA. Entrevistas, El hidrógeno, el vector energético del futuro, con Andreas Züttel. [En línea]. <<http://www.uab.es/servlet/Satellite?cid=1096481466568&pagename=UABDivulga%2FPage%2FTemplatePageDetailArticleInvestigar¶m1=1307082570738>> [Citado Agosto 5 de 2013].

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA-IDEAM. Atlas de radiación solar en Colombia. [En línea]. http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/1-Atlas_Radiacion_Solar.pdf [Citado en Noviembre 30 de 2013].

UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICO. Misión UPME. [En línea]. Disponible en: <<http://www1.upme.gov.co/index.php/la-upme/quienes-somos.html#1>>

United Nations Environment Programme (UNEP), RENEWABLES 2013, GLOBAL STATUS REPORT. [En línea]. <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR/2013/GSR2013_lowres.pdf> [Citado Febrero 20 de 2014].

WIND ENERGY AND ELECTRIC VEHICLE REVIEW. La energía eólica en Colombia: 40 megavatios eólicos instalados y un potencial desaprovechado y poco estudiado. [En línea]. <<http://www.evwind.es/2009/10/04/la-energia-eolica-en-colombia-40-megavatios-eolicos-instalados-y-un-potencial-desaprovechado-y-poco-estudiado/1682>> [Citado Febrero de 2014].

ANEXOS

Anexo A. Herramientas de búsqueda y Procesamiento de información

<u>INFORMACIÓN NO ESTRUCTURADA</u>	
• Google	
Herramienta:	Meta buscador de información no estructurada
Tipo de Herramienta:	Herramientas de Búsqueda de Información
Interfaz:	Web – On line
Funciones:	Motor de búsqueda de información general y específica. Su alcance permite profundizar en bases especializadas tales como Google Académico, Centros de Noticias, Libros, Mapas, entre otros. Su última actualización plantea la intención de incorporar algoritmos semánticos a su motor de búsqueda.
Página Web:	www.google.com
<u>INFORMACIÓN ESTRUCTURADA</u>	
• Plataforma SCienti- COLCIENCIAS	
Herramienta:	Buscador de información estructurada
Tipo de Herramienta:	Herramientas de Búsqueda de Información
Interfaz:	Web – On line
Funciones:	Herramienta de búsqueda de información relacionada con las investigaciones realizadas en Colombia. Contiene información de Grupos, Investigadores, Instituciones, Pares evaluadores, Editoriales Registradas, entre otros.
Página Web:	http://www.colciencias.gov.co/scienti
• ISI Web of knowledge (Thomson)	
Herramienta:	Buscador de información científica estructurada
Interfaz:	Web – On line
Utilidad para el Informe:	Herramienta de búsqueda de información general y específica. Su alcance permite profundizar en bases especializadas brindando información de carácter científico y académico.

HERRAMIENTAS DE APLICACIÓN Y TRATAMIENTO DE INFORMACIÓN	
• Microsoft Excel ®	
Herramienta:	Procesamiento de información.
Interfaz:	Aplicación PC
Utilidad para el Informe:	Procesamiento de datos alfanuméricos, graficas resultados sobre dinámicas de producción científica por países, autores, Institutos, ciudades.
• Minitab 16	
Herramienta:	Procesamiento de información.
Interfaz:	Aplicación PC
Utilidad para el Informe:	Procesamiento de información cualitativa, cuantitativa, uso de herramientas estadísticas.
• NTSys	
Herramienta:	Procesamiento de información.
Interfaz:	Aplicación PC
Utilidad para el Informe:	Elaboración mapas tecnológicos para la identificación de tendencias tecnológicos de las FNCE-R.

Anexo B. Protocolo de búsqueda en la ISI WOS

Interdisciplinarity and productivity						
PALABRAS CLAVES						
Interdisciplinar*	Index	Research	Productivity	co-authored	Bibliometr*	Evaluat*
Transdisciplinar*	Indicator	Scientific*	product*	co-authorship*	Sciencimetr*	measure*
			article*	collaborat*		Analysis
				co-citation*		

Ecuación	Base de datos	No. de publicaciones
interdisciplina* AND evaluat* AND (index OR indicator) AND research AND productiv*	ISI WOS	12
(interdisciplina* OR transdisciplinar*) AND (evaluat* OR analysis) AND (index OR indicator) AND (research OR (research AND scientific*)) AND (product* OR article*) AND (co-author* OR collaborat* OR co-citation*))	ISI WOS	295
((interdisciplina* OR transdisciplinar*) AND (evaluat* OR analysis) AND (index OR indicator) AND (research OR (research AND scientific*)) AND (product* OR article*) AND (co-author* OR collaborat* OR co-citation*))) Refinado por: Áreas de investigación: (INFORMATION SCIENCE LIBRARY SCIENCE)	ISI WOS	63
(interdisciplina* OR transdisciplinar*) AND (evaluat* OR analysis) AND (index OR indicator) AND (research OR (research AND scientific*)) AND (product* OR article*) AND (co-author* OR collaborat* OR co-citation*) AND (bibliometr* OR sciencimetr*)	ISI WOS	295

Anexo C. Listado definitivo de grupos de investigación relacionados con FNCE-R

No.	NOMBRE DE GRUPO	ZONA
1	GRUPO DE INVESTIGACION EN INGENIERIA MECANICA DE LA UNIVERSIDAD DE PAMPLONA (GIMUP)	Norte
2	BIEMARC	Norte
3	MODELACION DE PARTICULAS Y PROCESOS	Norte
4	GRUPO DE INVESTIGACION EN SISTEMAS DE ENERGIA ELECTRICA (GISEL)	Norte
5	BIOPROCESOS	Norte
6	GRUPO DE INVESTIGACION EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA - GISEL	Norte
7	USO RACIONAL DE LA ENERGIA Y PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE	Norte
8	OPTIMIZACION DE PROCESOS Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA Y BIOMASA - OPUREB	Norte
9	GESTION EFICIENTE DE ENERGIA, KAI	Norte
10	GIOPEN, GRUPO DE INVESTIGACION EN OPTIMIZACION ENERGETICA	Norte
11	GRUPO DE INVESTIGACION EN SISTEMAS ENERGETICOS	Norte
12	GIRES: RECURSOS - ENERGIA - SOSTENIBILIDAD	Norte
13	GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE-GIEMA	Norte
14	GRUPO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS Y BIOMASA	Norte
15	GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS DE VALORIZACION DE RESIDUOS Y FUENTES AGRICOLAS E INDUSTRIALES PARA LA SUSTENTABILIDAD ENERGETICA – INTERFASE	Norte
16	CENTRO DE INVESTIGACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN INDUSTRIA Y ENERGIA	Norte
17	PROCESOS QUIMICOS Y BIOQUIMICOS SOSTENIBLES	Norte
18	GRUPO DE INVESTIGACION EN BIOCOMBUSTIBLES ICP-ECOPETROL	Norte
19	GRUPO BIOCALORIMETRIA	Oriente
20	ENERGIA, TRANSFORMACION QUIMICA Y MEDIO AMBIENTE	Norte

No.	NOMBRE DE GRUPO	ZONA
21	GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACION EN MINERALURGIA, ENERGIA Y MEDIO AMBIENTE-GIIMA.	Norte
22	ARQUITECTURAS DIGITALES Y MICROELECTRONICA	Occidente
23	MICROCENTRALES HIDROELECTRICAS	Occidente
24	LIMNOLOGIA BASICA Y EXPERIMENTAL Y BIOLOGIA Y TAXONOMIA MARINA	Occidente
25	ECOFISIOLOGIA AGRARIA	Occidente
26	GRUPO DE ENERGIA ALTERNATIVA	Occidente
27	GRUPO DE INVESTIGACION EN ADMINISTRACION DE OPERACIONES Y PRODUCCION	Occidente
28	GRUPO DE INVESTIGACION EN PROCESOS AVANZADOS PARA TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS Y QUÍMICOS-GAOX	Occidente
29	DIAGNOSTICO Y CONTROL DE LA CONTAMINACION	Occidente
30	GRUPO DE INVESTIGACION EN GESTION ENERGETICA (GENERGETICA)	Occidente
31	ROBOTICA APLICADA	Occidente
32	GRUPO DE INVESTIGACION EN CONSTRUCCION	Occidente
33	GRUPO DE ECONOMIA Y MEDIO AMBIENTE	Occidente
34	GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS GIEN-UAO	Occidente
35	PLANEAMIENTO EN SISTEMAS ELECTRICOS	Occidente
36	GRUPO DE MANEJO EFICIENTE DE LA ENERGIA , GIMEL	Occidente
37	CIENCIA Y TECNOLOGIA DEL GAS Y USO RACIONAL DE LA ENERGIA	Occidente
38	GRUPO DE INVESTIGACION EN EFICIENCIA ENERGETICA Y ENERGIAS ALTERNATIVAS - GEAL	Occidente
39	GRUPO DE ENERGIA Y TERMODINAMICA	Occidente
40	TERMODINAMICA APLICADA Y ENERGIAS ALTERNATIVAS	Occidente
41	GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS RENOVABLES Y METEOROLOGIA	Occidente
42	GRUPO DE INVESTIGACION EN APLICACION DE NUEVAS TECNOLOGIAS	Occidente
43	GRUPO DE INVESTIGACION EN SISTEMAS TERMICOS Y POTENCIA MECANICA	Occidente
44	GRUPO DE ESTUDIOS EN ENERGIA	Occidente
45	GRUPO DE INVESTIGACION: MATERIALES Y MEDIO AMBIENTE (GIMMA)	Occidente

No.	NOMBRE DE GRUPO	ZONA
46	GRUPO DE INVESTIGACION EN BIOCOMBUSTIBLES - GRUBIOC	Occidente
47	CIENCIAS TERMICAS	Occidente
48	TERMOMECC	Occidente
49	GRUPO DE INVESTIGACION E INNOVACION EN ENERGIA - GIEN	Occidente
50	GMAE - CONSERVACION Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES	Occidente
51	MODELAMIENTO Y ANALISIS ENERGIA AMBIENTE ECONOMIA	Occidente
52	INVESTIGACION EN CALIDAD DE ENERGIA ELECTRICA Y ESTABILIDAD ICE3	Occidente
53	GRUPO DE INVESTIGACION DEL CIDET	Occidente
54	GRUPO DE INVESTIGACION EN ECOSISTEMAS Y CAMBIO GLOBAL	Occidente
55	GRUPO CIPAV	Occidente
56	DISENO PROCESOS Y ENERGIA	Occidente
57	MATERIALES AVANZADOS Y ENERGIA	Occidente
58	GRUPO DE INVESTIGACION EN INGENIERIAS SISMICA, EOLICA, GEOTECNICA Y ESTRUCTURAL (G-7)	Occidente
59	SERVICIOS ECOSISTEMICOS Y CAMBIO CLIMATICO - SECC	Occidente
60	GREEN ENERGY - GIMOC	Oriente
61	GRUPO DE INVESTIGACION EN CALIDAD DE POTENCIA ELECTRICA - CALPOSALLE	Oriente
62	ENERGETICA	Oriente
63	MECANISMOS DE DESARROLLO LIMPIO Y GESTION ENERGETICA	Oriente
64	ENERGIA SOLAR EN DESARROLLO DE TECNOLOGIAS LIMPIAS	Oriente
65	GRUPO DE MATERIALES SEMICONDUCTORES Y ENERGIA SOLAR	Oriente
66	INVESTIGACION EN PALMA DE ACEITE	Oriente
67	GRUPO DE INVESTIGACION DE APROVECHAMIENTO TECNOLOGICO DE MATERIALES Y ENERGIA-GIATME.	Oriente
68	FISICA DEL MEDIO AMBIENTE Y ENERGIA SOLAR	Oriente
69	ESTUDIO Y APROVECHAMIENTO DE ESPECIES VEGETALES PARA BIODIESEL	Oriente

No.	NOMBRE DE GRUPO	ZONA
70	BIOMASA Y OPTIMIZACION TERMICA DE PROCESOS - BIOT	Oriente
71	GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS ALTERNATIVAS - GIEAUD	Oriente
72	CENTRO DE DESARROLLO INDUSTRIAL TECSOL - CORPOEMA	Oriente
73	COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS	Oriente
74	GRUPO DE INVESTIGACION EN ENERGIAS Y EFICIENCIA	Oriente
75	GRUPO DE INVESTIGACION EN COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS, ENERGIA Y PROTECCION DEL MEDIO AMBIENTE	Oriente
76	OBSERVATORIO COLOMBIANO DE ENERGIA	Oriente
77	IENA - INVESTIGACION EN ENERGIAS ALTERNATIVAS	Oriente
78	LABORATORIO DE INVESTIGACION EN COMBUSTIBLES Y ENERGIA	Oriente
79	CONVERSION DE ENERGIA	Oriente
80	GRUPO DE INVESTIGACION EN REGULACION DE MERCADOS ENERGETICOS	Oriente
81	GRUPO DE DISEÑO DE PRODUCTOS Y PROCESOS	Oriente
82	PROCESOS & SOLUCIONES ENERGETICAS (GP&SE)	Oriente
83	DETECAL	Oriente
84	LABORATORIO DE INVESTIGACION EN FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA (LIFAE)	Oriente
85	VOLTA - GMCDP	Oriente
86	APROVECHAMIENTO ENERGETICO DE RECURSOS NATURALES	Oriente
87	GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION	Oriente
88	UCIB- GRUPO DE BIOINGENIERIA UNIVERSIDAD CENTRAL	Oriente

Anexo D. Clasificación áreas científicas y disciplinas según la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA
1. Ciencias Naturales	1.A Matemática	1A01 Matemáticas Puras
		1A02 Matemáticas aplicadas
		1A03 Estadísticas y probabilidades (investigación en metodologías)
	1.B Computación y ciencias de la información	1B01 Ciencias de la computación
		1B02 Ciencias de la información y bioinformática (hardware en 2.B y aspectos sociales en 5.8)
	1.C Ciencias físicas	1C01 Física atómica, molecular y química
		1C02 Física de la materia
		1C03 Física de partículas y campos
		1C04 Física nuclear
		1C05 Física de plasmas y fluidos
		1C06 Óptica
		1C07 Acústica
		1C08 Astronomía
	1.D Ciencias químicas	1D01 Química orgánica
		1D02 Química inorgánica y nuclear
		1D03 Química física
		1D04 Ciencias de los polímeros
		1D05 Electroquímica
		1D06 Química de los coloides
		1D07 Química analítica
	1.E Ciencias de la tierra y medioambientales	1E01 Geociencias (multidisciplinario)
		1E02 Mineralogía
		1E03 Paleontología
		1E04 Geoquímica y geofísica
		1E05 Geografía física
		1E06 Geología
		1E07 Vulcanología
		1E08 Ciencias del medio ambiente (aspectos sociales en 5.G)
		1E09 Meteorología y ciencias atmosféricas
		1E10 Investigación del clima

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA
	1.F Ciencias biológicas	1E11 Oceanografía, hidrología y recursos del agua
		1F01 Biología celular y microbiología
		1F02 Virología
		1F03 Bioquímica y biología molecular
		1F04 Métodos de investigación en bioquímica
		1F05 Micología
		1F06 Biofísica
		1F07 Genética y herencia (aspectos médicos en 3)
		1F08 Biología reproductiva (aspectos médicos en 3)
		1F09 Biología del desarrollo
		1F10 Botánica y ciencias de las plantas
		1F11 Zoología, Ornitología, entomología, ciencias biológicas del comportamiento
		1F12 Biología marina y del agua
		1F13 Ecología
		1F14 Conservación de la biodiversidad
		1F15 biología (Teórica, matemática, criobiología, evolutiva...)
	1F16 Otras biológicas	
	1.G Otras Ciencias naturales	1G01 Otras ciencias naturales
	2.A Ingeniería civil	2A01 Ingeniería civil
2A02 Ingeniería arquitectónica		
2A03 Ingeniería de la construcción		
2A04 Ingeniería estructural y municipal		
2A05 Ingeniería del transporte		
2. Ingeniería y tecnología	2.B Ingeniería eléctrica, electrónica e	2B01 Ingeniería eléctrica y electrónica
		2B02 Robótica y control automático

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA
	informática	2B03 Automatización y sistemas de control
		2B04 Ingenierías de sistemas y comunicaciones
		2B05 Telecomunicaciones
		2B06 Hardware y arquitectura de computadores
	2.C Ingeniería mecánica	2C01 Ingeniería mecánica
		2C02 Mecánica aplicada
		2C03 Termodinámica
		2C04 Ingeniería aeroespacial
		2C05 Ingeniería nuclear (física nuclear en 1.C)
		2C06 Ingeniería del audio
	2.D Ingeniería química	2D01 Ingeniería química (plantas y productos)
		2D02 Ingeniería de procesos
	2.E Ingeniería de los materiales	2E01 Ingeniería mecánica
		2E02 Cerámicos
		2E03 Recubrimientos y películas
		2E04 Compuestos (laminados, plásticos reforzados, fibra sintéticas y naturales, etc)
		2E05 Papel y madera
		2E06 Textiles (Nanomateriales en 2. J y biomateriales en 2.1)
	2.F Ingeniería médica	2F01 Ingeniería médica
		2F02 Tecnología médica de laboratorio (análisis de muestras, tecnologías para el diagnóstico)
	2.G Ingeniería ambiental	2G01 Ingeniería ambiental y geológica
		2G02 Geotécnicas
		2G03 Ingeniería del petróleo (combustibles, aceites), energía y combustibles
		2G04 Sensores remotos
2G05 Minería y procesamiento de minerales		
2G06 Ingeniería marina, naves		

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA
	2.H Biotecnología	2G07 Ingeniería oceanográfica
		2H01 Biotecnología ambiental
		2H02 Bioremediación, biotecnología para el diagnóstico (Chips ADN y biosensores) en manejo ambiental
		2H03 Ética relacionada con biotecnología ambiental
	2.I biotecnología Industrial	2I01 Biotecnología industrial
		2I02 Tecnologías de bioprocesamiento, biocatálisis, fermentación
		2I03 Bioproductos (productos que se manufacturen usando biotecnología), biomateriales, bioplásticos, biocombustibles, materiales nuevos bioderivados, químicos finos bioderivados
	2.J Nanotecnología	2J01 Nanomateriales (producción y propiedades)
		2J02 Nanoprosesos (aplicaciones a nanoescala) (biomateriales en 2.1)
	2.K Otras ingenierías y Tecnologías	2K01 Alimentos y bebidas
		2K02 Otras ingenierías y tecnologías
		2K03 Ingeniería de producción
		2K04 Ingeniería Industrial
	3 Ciencias médicas y de la salud	3.A Medicina básica
3A02 Genética humana		
3A03 Inmunología		
3A04 Neurociencias		
3A05 Farmacología y farmacia		
3A06 Medicina química		
3A07 Toxicología		
3A08 Fisiología (Incluye citología)		
3A09 Patología		
3.B Medicina clínica		3B01 Andrología
		3B02 Obstetricia y ginecología
		3B03 Pediatría
		3B04 Cardiovascular

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA
		3B05 Vascular periférico
		3B06 Hematología
		3B07 Respiratoria
		3B08 Cuidado crítico y de emergencia
		3B09 Anestesiología
		3B10 Ortopédica
		3B11 Cirugía
		3B12 Radiología, medicina nuclear y de imágenes
		3B13 Trasplantes
		3B14 Odontología, cirugía oral y medicina oral
		3B15 Dermatología y enfermedades venéreas
		3B16 Alergia
		3B17 Reumatología
		3B18 Endocrinología y metabolismo (incluye diabetes y trastornos hormonales)
		3B19 Gastroenterología y hepatología
		3B20 Urología y nefrología
		3B21 Oncología
		3B22 Oftalmología
		3B23 Otorrinolaringología
		3B24 Psiquiatría
		3B25 Neurología clínica
		3B26 Geriatria
		3B27 Medicina general e interna
		3B28 Otros temas de medicina clínica
		3B29 Medicina complementaria (sistemas alternativos)
	3.C. Ciencias de la Salud	3C01 Ciencias del cuidado de la salud y servicios (administración de hospitales, financiamiento)
		3C02 Políticas de salud y servicios
		3C03 Enfermería

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA	
		3C04 Nutrición y dietas	
		3C05 Salud pública	
		3C06 Medicina tropical	
		3C07 parasitología	
		3C08 Enfermedades infecciosas	
		3C09 Epidemiología	
		3C10 Salud ocupacional	
		3C11 Ciencias del deporte	
		3C12 Ciencias socio biomédicas (planificación familiar, salud sexual, efectos políticos y sociales de la investigación biomédica)	
		3C13 Ética	
		3C14 Abuso de sustancias	
		3.D Biotecnología en Salud	3D01 Biotecnología relacionada con la salud
			3D02 Tecnologías para la manipulación de células, tejidos, órganos o el organismo (reproducción asistida)
			3D03 Tecnología para la identificación y funcionamiento del ADN (proteínas y enzimas y como influyen la enfermedad)
3D04 Biomateriales (relacionados con implantes, dispositivos, sensores)			
3D05 Ética relacionada con la biomedicina			
3.E Otras Ciencias Médicas	3E01 Forénsicas		
	3E02 Otras ciencias médicas		
	3E03 Fonoaudiología		
4 Ciencias Agrícolas	4.A Agricultura, Silvicultura y Pesca	4A01 Agricultura	
		4A02 Forestal	
		4A03 Pesca	
		4A04 Ciencia del suelo	
		4A05 Horticultura y viticultura	
		4A06 Agronomía	
		4A07 Protección y nutrición de las plantas (biotecnología agrícola en	

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA
		4.D)
	4.B Ciencias animales y lechería	4B01 Ciencias animales y lechería (biotecnología animal en 4.D)
		4B02 Crías y mascotas
	4. C Ciencias Veterinarias	4C01 Ciencias Veterinarias
	4.D Biotecnología Agrícola	4D01 Biotecnología agrícola y de alimentos
		4D02 Tecnología MG (Sembrados y ganado), clonamiento de ganado, selección asistida, diagnóstico (con chips ADN, biosensores)
4D03 Ética relacionada a biotecnología agrícola		
4.E Otras ciencias agrícolas	4E01 Otras ciencias agrícolas	
5. Ciencias sociales	5.A Psicología	5A01 Psicología (incluye relaciones hombre-máquina)
		5A02 Psicología (incluye terapias de aprendizaje, habla visual y otras discapacidades físicas y mentales)
	5.B Economía y negocios	5B01 Economía
		5B02 Econometría
		5B03 Relaciones industriales
		5B04 Negocios y management
	5.C Ciencias de la educación	5C01 Educación general (incluye capacitación, pedagogía)
		5C02 Educación especial (para estudiantes dotados y aquellos con dificultades del aprendizaje)
	5.D Sociología	5D01 Sociología
		5D02 Demografía
		5D03 Antropología
		5D04 Etnografía
		5D05 Temas especiales (estudios de género, temas sociales, estudios de la familia, trabajo social)
	5.E Derecho	5E01 Derecho
		5E02 Penal

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA	
	5.F Ciencias Políticas	5F01 Ciencias políticas	
		5F02 Administración pública	
		5F03 Teoría organizacional	
	5.G Geografía social y económica	5G01 Ciencias ambientales (aspectos sociales)	
		5G02 Geografía económica y cultural	
		5G03 Estudios urbanos (planificación y desarrollo)	
		5G04 Planificación del transporte y aspectos sociales del transporte (Ingeniería del transporte en 2.A)	
	5.H Periodismo y comunicaciones	5H01 Periodismo	
		5H02 Ciencias de la información (aspectos sociales)	
		5H03 Bibliotecología	
		5H04 Medios y comunicación social	
	5.I Otras ciencias sociales	5I01 Ciencias sociales, interdisciplinaria	
		5I02 Otras ciencias sociales	
	6 Humanidades	6.A Historia y arqueología	6A01 Historia (historia de la ciencia y tecnología en 6.C)
			6A02 Arqueología
			6A03 Historia de Colombia
6.B Idiomas y Literatura		6B01 Estudios generales del lenguaje	
		6B02 Idiomas específicos	
		6B03 Estudios literarios	
		6B04 Teoría literaria	
		6B05 Literatura específica	
		6B06 Lingüística	
6.C Otras historias		6C01 Historias de la ciencia y la tecnología	
		6C02 Otras ciencias especializadas	
6.D Arte		6D01 Arte	
		6D02 Historia del arte	
		6D03 Diseño arquitectónico	
		6D04 Artes de la representación (musicología, ciencias del teatro, dramaturgia)	

GRAN ÁREA	ÁREA	DISCIPLINA
		6D05 Estudios del folclor
		6D06 Estudios en cine, radio y televisión
		6D07 Arquitectura y urbanismo
		6D08 Diseño industrial y otros diseños
	6.E Otras Humanidades	6E01 Otras humanidades
		6E02 Filosofía
		6E03 Teología

Anexo E. Método de Pareto para Instituciones de procedencia de los grupos de investigación

Número	Universidad	Grupos	%	% Acumulado	Carácter
1	Univ. Nacional De Colombia	10	11,36	11,36	Pública
2	Univ. Nacional De Colombia	8	9,09	20,45	Pública
3	Univ. De Antioquia	5	5,68	26,14	Pública
4	Univ. Industrial de Santander	4	4,55	30,68	Pública
5	Univ. Tecnológica De Pereira	4	4,55	35,23	Pública
6	Univ. De Pamplona	3	3,41	38,64	Pública
7	Univ. Del Atlántico	3	3,41	42,05	Pública
8	Univ. del Valle	3	3,41	45,45	Pública
9	Fund. Universidad Central	3	3,41	48,86	Privada
10	Univ. Distrital "Francisco José De Caldas"	3	3,41	52,27	Pública
11	Univ. Del Norte	2	2,27	54,55	Privada
12	Inst. Tecnológico Metropolitano De Medellín	2	2,27	56,82	Pública
13	Univ. Autónoma De Occidente	2	2,27	59,09	Privada
14	Univ. Cooperativa De Colombia	2	2,27	61,36	Privada
15	Univ. De Los Andes	2	2,27	63,64	Privada
16	Corp. Univ. De La Costa CUC	1	1,14	64,77	Privada
17	Inst. Colombiano Del Petroleo "Juan Jose Turbay"	1	1,14	65,91	Privada
18	Univ. Autónoma De Bucaramanga	1	1,14	67,05	Privada
19	Univ. Autónoma Del Caribe	1	1,14	68,18	Privada
20	Univ. de Cartagena	1	1,14	69,32	Pública
21	Univ. De La Guajira	1	1,14	70,45	Pública
22	Univ. Pontificia	1	1,14	71,59	Privada

Número	Universidad	Grupos	%	% Acumulado	Carácter
	Bolivariana				
23	Univ. Popular Del Cesar	1	1,14	72,73	Pública
24	Corp. Centro de Inv. y Desarrollo Tecnológico del Sector Eléc.	1	1,14	73,86	Privada
25	Corp. De Centro De Inv. Carbono & Bosques	1	1,14	75,00	Privada
26	Fund. Centro Para La Inv. en Sist. Sostenibles De Producción Agropecuaria	1	1,14	76,14	ONG
27	Fund. Jardin Botánico De Medellín	1	1,14	77,27	Privada
28	Inst. Universitaria Pascual Bravo	1	1,14	78,41	Pública
29	Univ. de Ibagué	1	1,14	79,55	Privada
30	Univ. Del Cauca - Unicauca	1	1,14	80,68	Pública

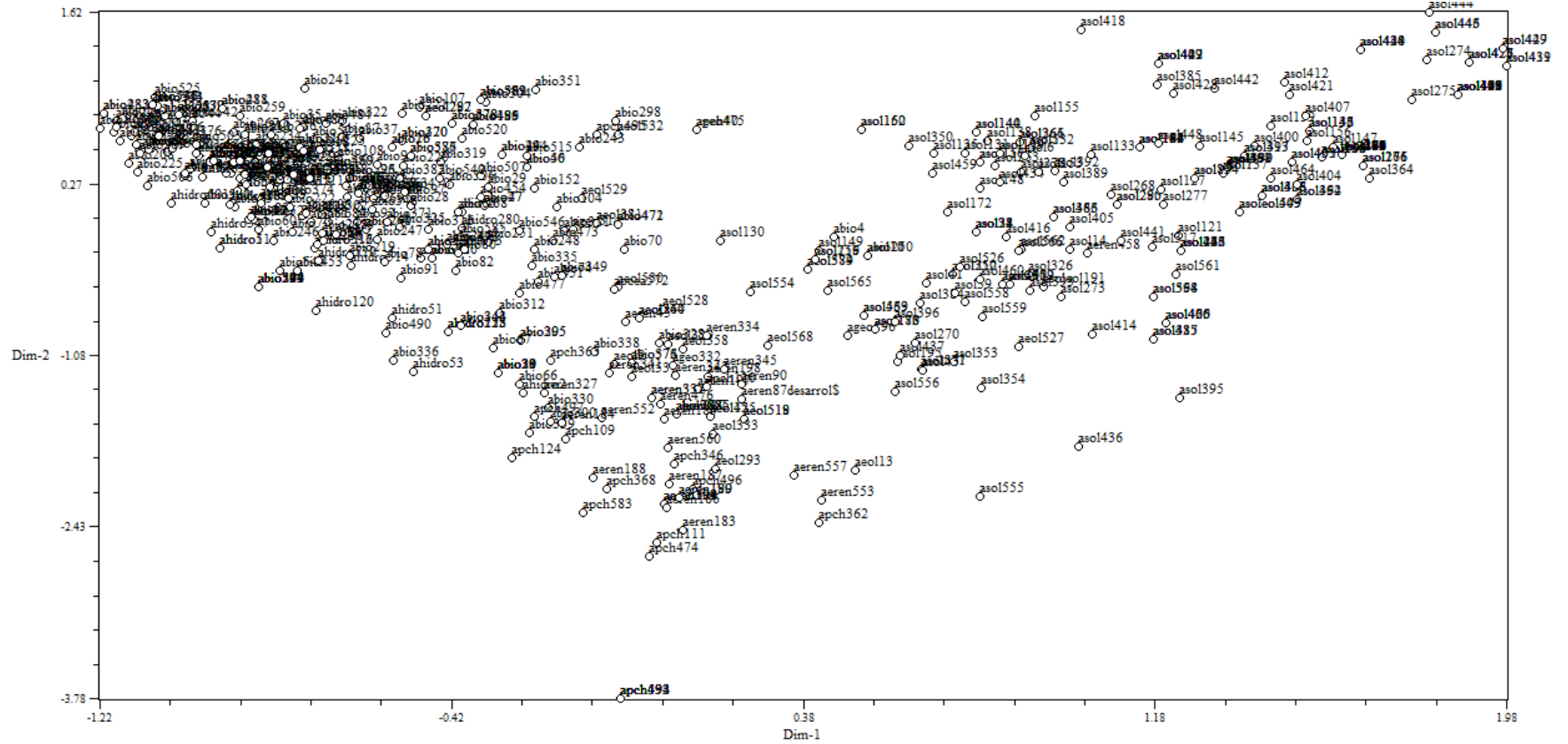
Anexo F. Relación de los artículos publicados relacionados con FNCE-R a partir del total de publicaciones realizadas

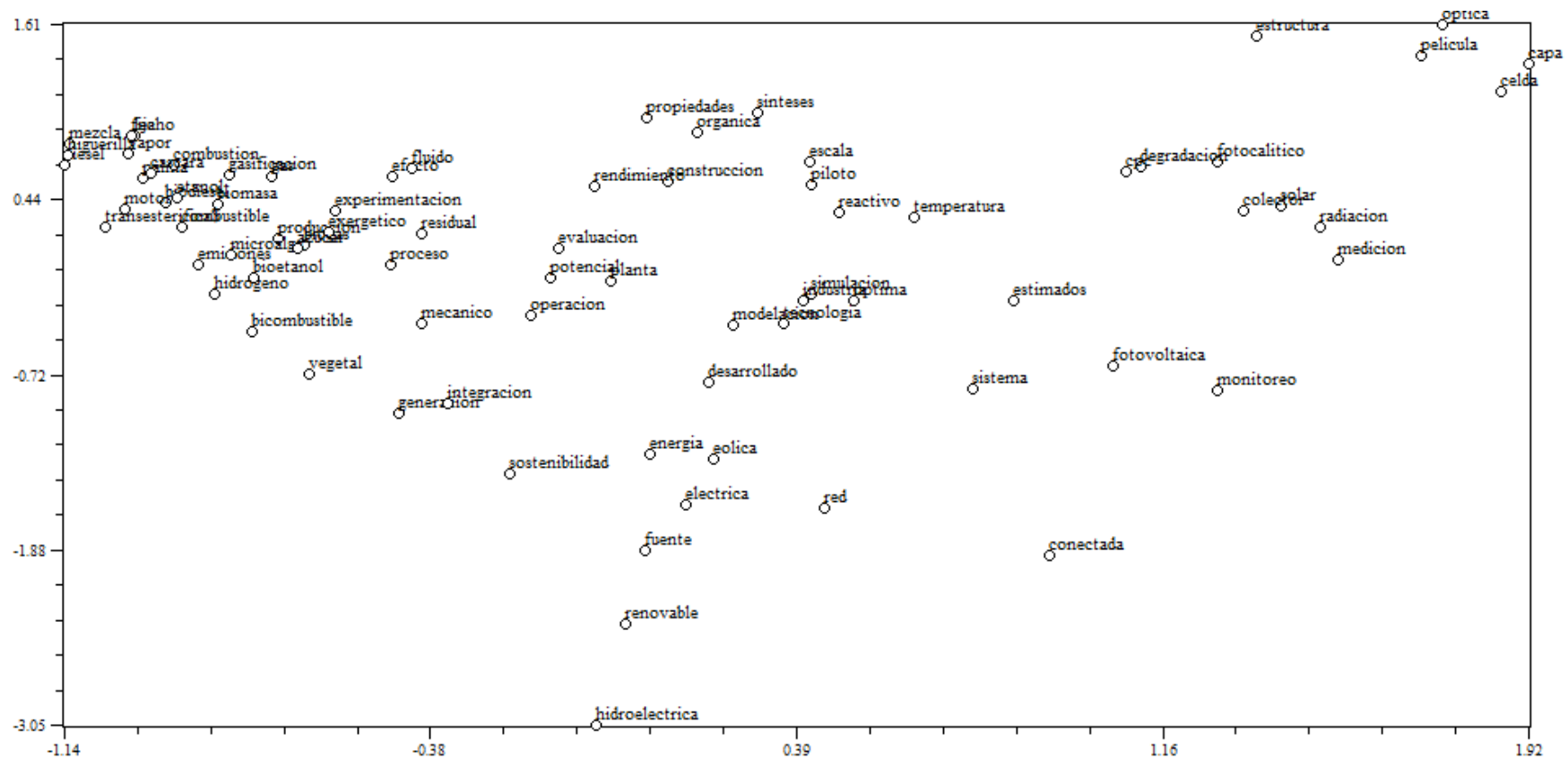
Grupo de Investigación	Total artículos	Artículos en FNCE-R	% de Artículos en FNCE-R
1	243	4	2%
2	5	0	0%
3	59	8	14%
4	120	1	1%
5	11	0	0%
6	16	0	0%
7	73	16	22%
8	20	9	45%
9	9	0	0%
10	18	3	17%
11	10	3	30%
12	12	5	42%
13	40	4	10%
14	38	8	21%
15	9	1	11%
16	66	41	62%
17	28	1	4%
18	19	1	5%
19	123	0	0%
20	35	2	6%
21	44	1	2%
22	26	2	8%
23	3	1	33%
24	92	1	1%
25	120	2	2%
26	20	12	60%
27	4	1	25%
28	109	17	16%
29	175	22	13%
30	93	6	6%
31	63	10	16%
32	11	0	0%
33	56	8	14%

Grupo de Investigación	Total artículos	Artículos en FNCE-R	% de Artículos en FNCE-R
34	43	5	12%
35	327	1	0,3%
36	211	28	13%
37	118	24	20%
38	30	6	20%
39	155	9	6%
40	112	7	6%
41	37	8	22%
42	112	2	2%
43	132	7	5%
44	128	5	4%
45	23	1	4%
46	26	14	54%
47	19	6	32%
48	8	3	38%
49	6	1	17%
50	35	9	26%
51	33	16	48%
52	126	2	2%
53	24	1	4%
54	107	2	2%
55	449	0	0%
56	13	4	31%
57	97	3	3%
58	55	0	0%
59	29	0	0%
60	12	3	25%
61	51	1	2%
62	38	6	16%
63	37	19	51%
64	7	1	14%
65	268	65	24%
66	221	4	2%
67	5	2	40%
68	19	12	63%
69	34	1	3%

Grupo de Investigación	Total artículos	Artículos en FNCE-R	% de Artículos en FNCE-R
70	19	5	26%
71	11	3	27%
72	6	0	0%
73	39	15	38%
74	32	7	22%
75	30	10	33%
76	22	1	5%
77	27	10	37%
78	93	5	5%
79	68	20	29%
80	22	0	0%
81	78	4	5%
82	5	1	20%
83	60	2	3%
84	36	15	42%
85	145	7	5%
86	34	14	41%
87	2	0	0%
88	30	0	0%
TOTAL	5676	587	
	% TOTAL DE ARTÍCULOS EN FNCE-R	10%	

Anexo G. Mapas tecnológicos Artículos, Temática y temática con vectores.





Anexo H. Artículo publicable

EVALUACIÓN DEL COMPONENTE DE INTERDISCIPLINARIEDAD EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS CON EL CAMPO DE LAS FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA RENOVABLE EN COLOMBIA.

Yésica Fernanda Contreras Mejía⁵⁵,
María Teresa Navas Torres⁵⁶,
Viatcheslav Kafarov⁵⁷, María Carolina
Acevedo Martínez⁵⁸ y Juan David
Sepúlveda⁵⁹.

⁵⁵ Estudiante de Ingeniería Industrial X Semestre, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, correo: yesica041990@hotmail.com

⁵⁶ Estudiante de Ingeniería Industrial X Semestre, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, correo: navitasmariat@hotmail.com

⁵⁷ Doctor en Ciencias Técnicas, Director Centro de Investigación para el desarrollo sostenible en industria y energía, Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander, correo: vkafarov@gmail.com

⁵⁸ Magister en Gestión Sostenible de los Recursos, Profesional de Vicerrectoría Administrativa, Universidad Industrial de Santander, correo: m.carolina.acevedo@gmail.com

⁵⁹ Estudiante de Doctorado en Desarrollo Sostenible, Consultor Escuela de Ingeniería Química, Universidad Industrial de Santander, correo: juankarenium@gmail.com

RESUMEN ANALÍTICO

Este artículo presenta una caracterización de los grupos de investigación relacionados con el campo de las FNCE-R en Colombia, analizando tanto su producción como su composición para finalmente evaluar el componente de la interdisciplinariedad y su influencia en el desarrollo de nuevo conocimiento en cada uno de los actores identificados. Los resultados de la investigación evidenciaron, que el aporte de la investigación en este campo es relativamente bajo y que si bien es cierto la interdisciplinariedad dentro de su concepto favorece la fecundidad de la ciencia, se encuentra presente en la mayoría de los grupos de investigación influenciando las características de la producción.

PALABRAS

Interdisciplinariedad, Grupos de investigación, Fuentes No convencionales de Energía Renovable, Colombia, Conocimiento.

CLAVES:

ABSTRACT: This article presents a characterization of research groups related to the field of FNCE-R in Colombia, analyzing both its production and its composition to finally evaluate the Component of interdisciplinarity and its influence on the development of new knowledge in each of the actors identified. The

results of the investigation showed that the contribution of research in this area is relatively low, but nevertheless interdisciplinarity itself promotes scientific production and is present in most research groups, influencing production characteristics.

KEY WORDS: Interdisciplinarity, Research teams, Unconventional renewable energy sources, Colombia, Knowledge.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento y la investigación son la clave para impulsar el avance de una región y el logro de una mejor calidad de vida; los principales entes generadores de conocimiento en un país están representados por los grupos y centros de investigación, quienes a través de su trabajo proporcionan la mayor fuente de riqueza y reflejan el potencial del talento humano con el que se cuenta para el desarrollo de la ciencia y la tecnología [7]. En los últimos años, uno de los temas de mayor auge que motivan la investigación y el desarrollo, no sólo en Colombia sino a nivel internacional, ha sido las Fuentes no convencionales de Energía renovable, como respuesta a la preocupación de las distintas consecuencias que se han generado por la utilización de combustibles fósiles para la generación de energía así como también la disponibilidad de

estos. Partiendo de estas reflexiones, se reconoce que los grupos de investigación son los principales creadores y gestores del conocimiento para las soluciones en el campo de las FNCE-R, identificando el potencial de cada una de ellas como sustitutas de las fuentes convencionales.

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) es uno de los interesados en la Identificación de retos y oportunidades de energías renovables en Colombia, sin embargo, para alcanzar esos objetivos es necesario conocer cuáles son los actores de los diferentes ámbitos. Uno de esos ámbitos corresponde al investigativo y la falta de conocimiento de la realidad actual de esos actores dan origen a la investigación mostrada en este documento, enfocando este estudio a la evaluación del componente de interdisciplinaria y su relación con la producción en Energía Renovable.

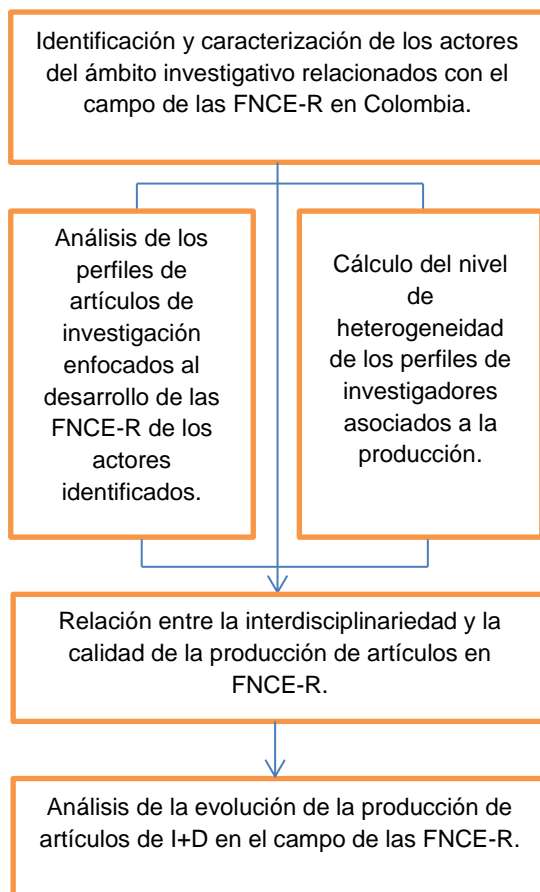
El artículo se estructura en 3 partes fundamentales: desarrollo metodológico, en la que se da a conocer las etapas seguidas en la investigación; resultados, donde se describe las características principales de los grupos de investigación relacionados con FNCE-R en Colombia y se analiza la relación entre la interdisciplinaria y la calidad de la producción de los mismo grupos; y conclusiones, donde

se evidencian los aspectos más importantes identificados en el estudio.

1. DESARROLLO METODOLÓGICO

Para realizar un análisis de la composición y producción de los grupos de investigación relacionados en el campo de las Energías Renovables, se desarrolló una metodología estructurada en cinco fases fundamentales (Ver figura 1).

Figura 8 Fases para la evaluación de la interdisciplinariedad en los grupos de investigación relacionados con el campo de las FNCE-R en Colombia.



1.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ACTORES DEL ÁMBITO INVESTIGATIVO RELACIONADOS CON EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA.

Esta primera etapa implicó una búsqueda exhaustiva de los grupos de investigación de Colombia que tuvieran relación con el campo de las FNCE-R. La plataforma de Colciencias, ScienTI, a través de la herramienta “Ciencia y Tecnología para todos”, permitió obtener por medio de palabras claves y búsquedas avanzadas, un listado de grupos de investigación que luego de un proceso de depuración y comprobación, se convirtieron en objeto de estudio para este proyecto.

De esta manera, se identificaron 88 grupos de investigación que se clasificaron en zonas definidas por el proyecto raíz: Zona Norte, Zona Oriente y Zona Occidente; al mismo tiempo fueron caracterizados de acuerdo a los aspectos básicos que ofrece el Gruplac de cada grupo, tales como: año de formación, departamento, clasificación, área de conocimiento, programa nacional de ciencia y tecnología, instituciones de procedencia, e integrantes.

Es importante mencionar, que con la utilización de software de análisis estadístico, Minitab 16 y Microsoft Excel, se logró identificar la

distribución geográfica, las universidades relacionadas, entre otras características principales de los grupos de investigación.

1.2 ANÁLISIS DE LOS PERFILES DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN ENFOCADOS AL DESARROLLO DE LAS FNCE-R DE LOS ACTORES IDENTIFICADOS.

Esta etapa se compone de subetapas que fueron necesarias para la obtención y tratamiento de datos a analizar. En un principio, mediante macros programadas en lenguaje Visual Basic, se descargó la totalidad de los artículos de cada grupo de investigación que fueron posteriormente depurados de forma manual para seleccionar los artículos que si tuvieran relación con el campo de las Energías Renovables, este paso fue realizado con el soporte del equipo de investigadores del grupo "CIDES".

Con el listado de los artículos seleccionados se realizó un estudio bibliométrico aplicando índices enfocados al análisis de aspectos como evolución, crecimiento, distribución por fuente de energía renovable, calidad y coautoría.

Para finalizar esta etapa, se llevó a cabo un estudio de palabras comunes de los artículos con el fin de identificar las tendencias de

investigación en el campo de las FNCE-R en el país.

1.3 CÁLCULO DEL NIVEL DE HETEROGENEIDAD DE LOS PERFILES DE INVESTIGADORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN.

Para la realización de esta fase, la herramienta CvLAC de la plataforma ScienTI de Colciencias ofrece información sobre las hojas de vida de los investigadores y es a partir de ella que se pudo extraer el nivel de formación de cada uno de los autores relacionados. Teniendo el perfil de los investigadores, se aplicó el índice de Shannon el cual permite conocer el grado de variabilidad o riqueza contenida en un sistema [5], que adoptado a este estudio permitiría conocer la variabilidad de disciplinas dentro de un grupo de investigación. La ecuación aplicada fue:

$$H = f(p_i(L)) = - \sum p_i * \log(p_i)$$

Donde p_i es la proporción de cada profesión dentro del total de profesiones de los grupos. Es importante aclarar, que para este cálculo se tomó en cuenta el último nivel de estudio de cada autor.

1.4 RELACIÓN ENTRE LA INTERDISCIPLINARIEDAD Y LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS EN FNCE-R.

Establecer la relación entre la interdisciplinariedad y la calidad de la producción, constituyó uno de los resultados más esperados en este estudio. Para ello fue necesario estimar por grupo la calidad de su producción a través de las categorías de las revistas en que fueron publicados los artículos y comparar con el índice de Shannon calculado en la anterior fase; para este análisis se utilizó el gráfico de dispersión.

1.5 ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DE I+D EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R.

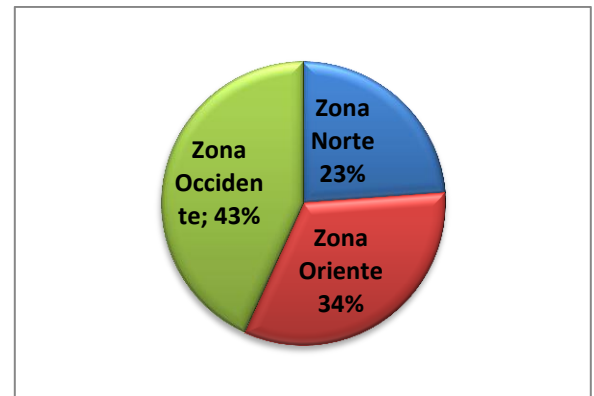
En el análisis de la evolución de la producción de artículos se tomó como línea de tiempo desde el primer año en que se escribió el primer artículo hasta la fecha última relacionada en la descarga de los datos. Así pues, se pudo conocer el comportamiento de la producción por fuente de energía renovable y la participación de los investigadores en este campo.

2. CARACTERÍSTICAS DE LOS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS CON EL CAMPO DE LAS FNCE-R EN COLOMBIA.

La búsqueda de los actores en Colciencias, permitió identificar 88 grupos de investigación que destinan cierta parte de su producción a la generación de nuevo conocimiento en el campo de las FNCE-R distribuidos

geográficamente en la zona Occidente con el 43%, la zona Oriente con el 34% y la zona Norte con el 23% (Ver figura 2).

Figura 9 Distribución por zonas de los grupos de investigación relacionados con las FNCE-R en Colombia



2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTORES DE LA ZONA OCCIDENTE.

En relación con la zona Occidente en la cual se encuentra concentrado el mayor porcentaje de grupos de investigación con 38 actores, se encontró que en la ciudad de Medellín están ubicados 20 de ellos y que 10 pertenecen a la Universidad Nacional de Colombia.

En esta caracterización se logró identificar que las áreas de conocimiento que tienen relación con el campo de Energías Renovables corresponden a Ingeniería eléctrica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería química.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTORES DE LA ZONA ORIENTE.

En la zona Oriente, el Distrito Capital Bogotá, se convierte en la ciudad que concentra el mayor número de grupos de investigación, con un total de 29 actores pertenecientes a distintas universidades dentro las que se destacan la Universidad Nacional, Universidad Distrital y la Universidad Central; en este sentido, en Bogotá se encuentra los mayores aportes en conocimiento sobre el campo de las FNCE-R, convirtiéndose en un fuerte potencial de conocimiento que ayudará al desarrollo económico y social del país.

Los grupos de investigación de esta zona, se caracterizan porque sus áreas de conocimiento son en su mayoría Ingeniería eléctrica, Ingeniería mecánica y las ciencias físicas y químicas.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTORES DE LA ZONA NORTE.

La zona Norte concentra el menor porcentaje de grupos de investigación con un total de 19 actores distribuidos principalmente en ciudades como Barranquilla (7 grupos), Bucaramanga (5 grupos) y Pamplona (3 grupos). En esta zona, se destacan la Universidad Industrial de Santander, la Universidad del Atlántico y la Universidad del Norte, las cuales cuentan con más de un

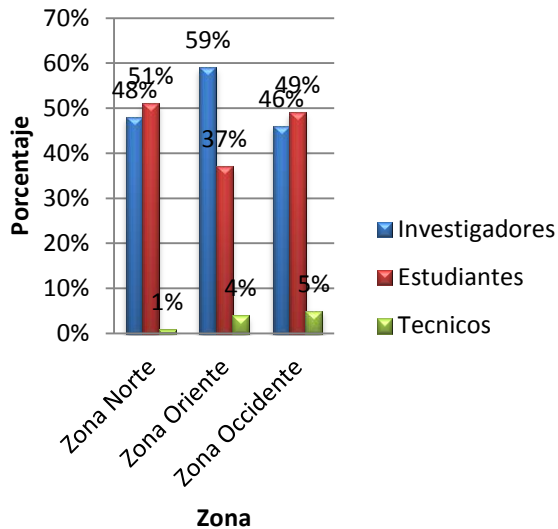
grupo de investigación relacionados con el campo de las Energías Renovables.

Al igual que la zona Occidente, los grupos de investigación de esta zona tienen como área de conocimiento, las Ingenierías eléctrica, química y mecánica.

2.4 COMPOSICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN

Si bien es cierto, que el talento humano que compone un equipo de trabajo es una de las piezas claves sobre el desarrollo y crecimiento del mismo, en este estudio se quiso conocer cómo se encontraban conformados los grupos de investigación. Así pues, se identificó que los grupos están conformados en su mayoría por investigadores y vinculación de estudiantes; los técnicos tienen un porcentaje mucho más pequeño de participación (Ver figura 3).

Figura 10 Conformación de los grupos de investigación por zonas



3. ANÁLISIS DE LOS PERFILES DE ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN ENFOCADOS AL DESARROLLO DE LAS FNCE-R DE LOS ACTORES IDENTIFICADOS.

El análisis de los perfiles de la producción permitió establecer que 13 grupos de investigación de los 88, tenían relación con este campo en el desarrollo de capítulos de libros, eventos, productos tecnológicos, proyectos, entre otros, pero no tenían artículos, por lo cual no se pudo estudiar la producción y análisis de perfiles de investigadores a dichos grupos.

Con los grupos finales, se encontraron 585 artículos los cuales fueron objeto de estudio a través de índices bibliométricos.

3.1 VOLUMEN DE PRODUCCIÓN EN FNCE-R

Con este indicador se lograron identificar varios grupos los cuales del total de su producción destinan gran parte de su esfuerzo, entre estos encontramos el grupo “Física del medio ambiente y energía solar” de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas con el 63% del total de su producción, seguida del grupo “CIDES” de la Universidad industrial de Santander y el grupo “Grupo de energía alternativa” con el 62% y 60 % del total de su producción.

A su vez se analizó el aporte de cada grupo con respecto al total de la producción de todos los grupos analizados, logrando calcular que en el país solo el 10 % de la producción de nuevo conocimiento por medio de artículos de investigación están enfocados al desarrollo de las FNCE-R.

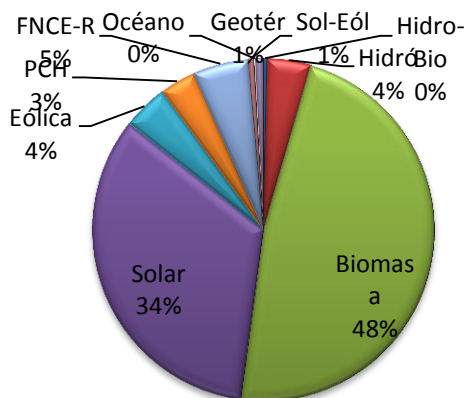
3.2 DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN POR FUENTE DE ENERGÍA.

Se identificó por medio de este indicador, las fuentes de energías que son más investigadas en Colombia (Ver figura 4).

La energía obtenida a partir de Biomasa constituye la fuente en la que más se han enfocado los grupos de investigación, seguido de la Energía solar con un 34%. En esta

se evaluación se identificaron artículos que tratan de manera general, el tema de Fuentes no convencionales de Energía.

Figura 11 Distribución de la producción por FNCE-R



3.3 CALIDAD DE LOS MEDIOS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS PUBLICACIONES EN FNCE-R

Este indicador reveló que el 32% de los artículos se encontraban publicados en revistas que no han sido clasificados en categorías por Publindex. Por su parte el 24.6% pertenecen a la categoría A1, considerada la de mejor calidad, el 21.7% en la categoría C, el 17.3 en la categoría A2 y el 4.4% en la B. Estos porcentajes revelan que a pesar de que se encuentran una gran parte en categorías altas, se debe seguir trabajando en mejorar la calidad de investigaciones; consecuentemente se puede percibir que en Colombia, las investigaciones en este campo

corresponden a una mínima parte y que se necesita incentivar y fomentar la producción en este tema que está en vanguardia y que cada día va cobrando más importancia.

3.4 PAISES DE PUBLICACIÓN

Colombia por supuesto constituye el país en el que más se ha publicado, pero además de éste, en Estados Unidos, Holanda e Inglaterra se han publicado 73, 23 y 22 artículos respectivamente. Se relacionaron otros países pero con poca participación.

3.5 INDICE DE COAUTORÍA

En la tabla 1, se puede observar cómo el grado de colaboración, porcentaje de trabajos firmados por más de un autor, es igual al 76,41%, mientras que el porcentaje de trabajos en los que sólo participa un autor es igual al 23,59%. Esto demuestra la fuerte tendencia de los investigadores pertenecientes a los grupos de investigación de estudio por realizar sus investigaciones en colaboración.

Tabla 14 Índice de coautoría

No de Trabajos	No de autores por documento	% de Trabajos
2	7	0,34%

13	6	2,22%
39	5	6,67%
68	4	11,62%
224	3	38,29%
101	2	17,26%
138	1	23,59%
585		100,00%

3.6 ANÁLISIS DE PALABRAS COMUNES

El análisis de palabras comunes es el indicador bilbiométrico que ayudó a identificar las tendencias de las investigaciones de al tipo de energía. Por medio de análisis de correspondencia, se elaboraron mapas tecnológicos los cuales arrojaron fueron analizados por clusters.

- Tendencia Central: Se observó una nube de puntos que orientaban la investigación en Biomasa relacionando conceptos como biocombustibles, bioetanol, biodiesel, microalgas, entre otras.
- Tendencia 1: Se observó que las investigaciones se encuentran orientadas en la generación de energía

eléctrica a partir de la fuente eólica.

- Tendencia 2: Esta tendencia es una prolongación de la nube central encaminados a pruebas, simulaciones a pequeña escala o evaluaciones de potencialidades de las diferentes fuentes de energía renovable.
- Tendencia 3: Muestra conceptos de energía solar encaminados a investigaciones en medición o evaluación de potencial para el desarrollo de esta energía
- Tendencia 4: Finalmente esta tendencia representa investigaciones en equipos necesarios para la obtención de energía solar.

4. NIVEL DE HETEROGENEIDAD DE LOS PERFILES DE INVESTIGADORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN.

Al investigar los perfiles de los autores, se evidenció que en los niveles de pregrado, maestría y doctorado, predominan las mismas áreas de formación como Ingeniería química, Ingeniería mecánica e Ingeniería eléctrica y electrónica.

A partir del último perfil de cada autor, se calcularon los índices de Shannon, los cuales el 68% de los grupos de investigación tienen un índice igual o

mayor a 0.7, por lo que se puede concluir que los grupos de investigación tienden a unir fuerzas de diferentes disciplinas para la conformación de equipo de trabajo y generación de nuevo conocimiento.

5. RELACIÓN ENTRE LA INTERDISCIPLINARIEDAD Y LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS EN FNCE-R.

Al analizar estas dos variables no se pudo establecer con claridad una tendencia central. Es así como se analizó por conjuntos de grupos ubicados en cuadrantes donde se encontraron características comunes.

- Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [0-3,5). Se encuentran ubicados el 20% de los grupos de investigación analizados. La totalidad de grupos tiene un índice de Shannon igual a cero, esto se debe en gran parte, a que la cantidad de autores que componen dichos grupos es muy baja (1 ó 2 autores) y por tanto la heterogeneidad de los perfiles estaría basada en esa proporción.
- Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [0-3,5): En este cuadrante se encuentran ubicados el 35% de los grupos analizados, caracterizados por

tener una interdisciplinariedad alta, superior a 0,7; En este conjunto de grupos se destacan dos grupos que tienen una calidad estimada cercana a 3,5 como es el caso del “Grupo de investigación en eficiencia energética y energías alternativas – GEAL” y el grupo “GIRES: Recursos - Energía – Sostenibilidad”, para estos grupos se puede detectar cierta relación entre las variables que podría mejorar con la producción de más artículos de investigación en FNCE-R. Para el resto de los grupos, en los que no se puede detectar una relación directa y proporcional de la interdisciplinariedad con la calidad, se podría entrar a evaluar el tipo de interdisciplinariedad teniendo en cuenta la clasificación propuesta por Erich Jantsch (1996) [8].

- Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0-0,5) y calidad [3,5-10]: Para este cuadrante, tenemos solo 7 grupos de investigación (9%), los cuales demuestran que no existe relación directamente proporcional entre la interdisciplinariedad y calidad estimada de los artículos. Del grupo 16 “Centro de Investigación para el desarrollo

sostenible en Industria y Energía” de la Universidad Industrial de Santander, podemos destacar su elevada producción en artículos relacionados en el campo de las Energías Renovables con una calidad estimada por encima de 6, los cuales tienen asociados un gran número de investigadores pero que tienen perfiles similares, así lo demuestra su índice de 0,2.

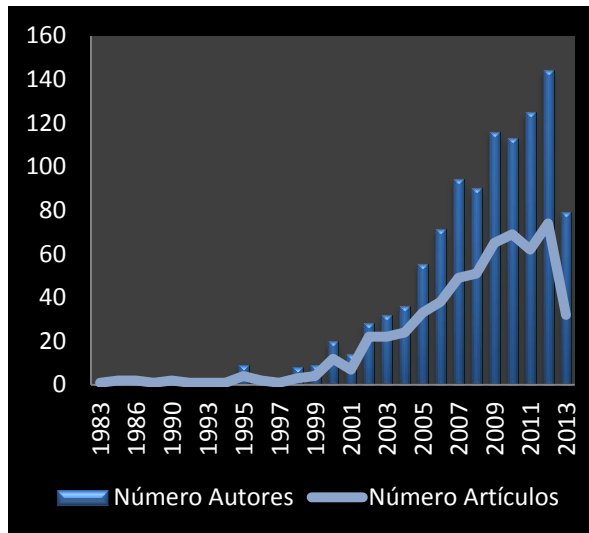
- Grupos dentro del intervalo de interdisciplinariedad [0,5-1] y calidad [3,5-10]: Como se puede notar, en este último cuadrante, podemos encontrar el 35% de los grupos a los cuales, su elevada interdisciplinariedad ha influido en la calidad de los artículos que producen y por consiguiente pertenecen a una muy buena categoría asignada por Colciencias. En este sentido, el grupo 40 “Termodinámica aplicada y Energías alternativas” de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín y el grupo 28 “Grupo de investigación en procesos avanzados para tratamientos Biológicos y químicos- GAOX” perteneciente a la Universidad del Valle, cuenta con una interdisciplinariedad de 0.8 calculado en base a 16 autores

y con una calidad de 8.6 y 8.3 de sus artículos respectivamente, por lo cual se puede asumir, que la calidad de éstos artículos han contribuido a que los grupos sean categorizados en el nivel más alto como lo es A1.

6. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ARTÍCULOS DE I+D EN EL CAMPO DE LAS FNCE-R.

El año 1983 se identifica como el comienzo de la dinámica de producción de artículos relacionados con el campo de las energías renovables. A partir de este año, se observa un crecimiento con tendencia de aumento, tanto del número de artículos como de autores asociados a la producción. Existe un crecimiento enmarcado desde el año 2000 hasta el 2012, teniendo como años clave 2009, 2010 y 2012 (Ver figura 5).

Figura 12 Evolución de artículos y autores relacionados con el campo de las FNCE-R



En el año 2013 se observa una disminución debido a que para la fecha de descarga de datos, los grupos de investigación estaban dentro del plazo que da Colciencias para la actualización de información.

En cuanto a Biomasa, el mayor incremento ocurre entre 2004 y 2012, relacionando este hecho con el fomento del estado para realizar tanto investigaciones como producción en el campo de los biocombustibles, otorgando subsidios o promoviendo metas de sustitución fijadas en la legislación desde el año 2001, buscando disminuir la dependencia de los combustibles fósiles, afianzar la seguridad energética, reducir la contaminación e impulsar el desarrollo socioeconómico de las zonas rurales [4].

La energía solar cuenta con una historia desde mediados del siglo pasado, cuando por primera vez en el país se instalaron calentadores solares en Santa Marta en las casas de empleados perteneciente a las bananeras de esa ciudad. Así mismo, entidades universitarias y fundaciones a lo largo de los años, han aumentado sus investigaciones en este tipo de energía y sentado las bases para instalar calentadores solares y grandes sistemas de calentamiento de agua para uso comunitario [8].

Las publicaciones realizadas a lo largo de los años estudiados que tienen relación con energía eólica, presentan un comportamiento bastante equilibrado del año 1985 a 2010, presentando un pico en el 2011.

7. CONCLUSIONES

En Colombia, Bogotá y Medellín constituyen las ciudades con mayor potencial de desarrollo e investigación en el campo de las FNCE-R al contar con un gran número de grupos de investigación pertenecientes a la Universidad Nacional en áreas como Ingeniería química, mecánica y eléctrica y electrónica.

A pesar de que existen 88 grupos de investigación relacionados en este campo, solo el 10 % de la producción

de artículos se encuentra enfocado a la generación de conocimiento sobre Energías Renovables, pero si se evalúa el comportamiento de ese 10% a lo largo de los últimos años, se observa un crecimiento exponencial, el cual evidencia un importante potencial para el aumento de este porcentaje. En otras palabras, los grupos de investigación de Colombia demuestran un potencial aumento del esfuerzo en investigación y producción relacionado con FNCE-R.

El análisis de tendencias demostró que la biomasa, corresponde a la fuente en la que más se ha trabajado en Colombia, en la obtención de biocombustibles como bioetanol y biodiesel; además se observan importantes conceptos como microalgas, motores, emisiones, combustión, los cuales representan hacia donde se están direccionando las investigaciones. La energía solar constituye otra fuente de energía estudiada con la creación de paneles solares a gran y pequeña escala. de igual forma ese pueden ver palabras como radiación, medición, estimados, fotovoltaica, sistema, temperatura, entre otros, los cuales representan la tendencia de medir potencialidades de esta fuente de energía. Las otras fuentes de energía, aunque si han sido tratadas por los grupos de investigación, la proporción de investigación ha sido baja.

La evaluación de la interdisciplinariedad es uno de los aspectos más cuestionados en la literatura y a pesar de que existen esfuerzos de la ciencia por establecer criterios adecuados se han identificado obstáculos cognitivos [2]. Los indicadores bibliométricos han demostrado ser útiles para proporcionar una evaluación de este concepto tan importante pero debido a la diversidad de clasificaciones utilizadas en los diferentes estudios sobre el concepto y niveles de interdisciplinariedad, los indicadores muchas veces se quedan cortos. En este estudio, se evidenció la necesidad de evaluar la interdisciplinariedad desde otros puntos de vistas, como la relación entre los investigadores y las fuentes referenciados y la relación entre las revistas de publicación con las revistas referenciadas.

El concepto de interdisciplinariedad está inmerso en muchos de los grupos de investigación del país, los cuales cuentan con un equipo de trabajo con perfiles diferentes, oscilando principalmente entre ingenieros químicos, ingenieros mecánicos, ingenieros eléctricos y electrónicos y entre ciencias como la física y la química. Esta interdisciplinariedad evidencia las sinergias que se encuentran presentes en los actores foco.

Si bien es cierto que la interdisciplinariedad favorece la fecundidad de la ciencia por cuanto facilita la superación de las limitaciones, en este estudio no se evidenció inicialmente una tendencia central entre la calidad de la producción y el índice de Shannon, por tanto se hizo necesario el análisis por grupos de puntos que demostraron la existencia de diferentes grados y niveles de interdisciplinariedad que influyen en la calidad de la producción de diferente forma, y es de esta manera como si se logró identificar cierta relación entre las mismas variables. Se encontró que existe interdisciplinariedad de tipo espacial con respecto a los investigadores que conforman los grupos y aunque no se pudieron tener en cuenta los investigadores que no tenían información de su perfil, esto podría dar indicios de una interdisciplinariedad de tipo temporal. Por otra parte, se puede concluir que la interdisciplinariedad debe ser mejor orientada e interiorizada para que se traduzca y se aproveche en la generación de nuevo conocimiento.

La evolución cronológica, muestra un panorama optimista, pues se evidencia el crecimiento en la investigación en este tema emergente y que poco a poco va cobrando impulso en nuestro país y en el mundo entero. Para facilitar y

fomentar estos desarrollos investigativos, es necesario que se sigan dando incentivos de tipo económico y social por parte del Gobierno.

REFERENCIAS

- [1] BARBOSA, María del Pilar; ESCALONA FERNANDEZ, María Isabel. Análisis de la interdisciplinariedad en la ingeniería química universitaria española. En: Revista Española de documentación Científica. Enero- Marzo (2014). 37 (1).
- [2] BORDONS, María; MORILLO, Fernanda; GÓMEZ, Isabel. Analysis of cross-disciplinary research through bibliometric tools. En: Handbook of Quantitative Science and Technology Research. (2005).
- [3] BORDONS, María y ZULUETA, M. Ángeles. La interdisciplinariedad en los grupos españoles de investigación en el área cardiovascular. En: Revista Española de Cardiología. [En línea]. Vol. 55. No. 09. (2002). [Consultado 1 de agosto de 2013]. Disponible en: <http://www.revespcardiol.org/es/la-interdisciplinariedad-los-grupos-espanoles/articulo/13036115/>
- [4] CÁRDENAS D, Helena. La sustentabilidad en el uso de biocombustibles Un reto de análisis, decisiones y equilibrio. Colombia. Agosto de 2007. Recuperado (2014, marzo) de

<http://www.ceda.org.ec/descargas/La%20Sustentabilidad%20en%20el%20Uso%20de%20Biocombustibles.%20Un%20Reto%20de%20Análisis,%20Decisiones%20y%20Equilibrio.pdf>

[5] IRIBARREN, I. (2006). Producción científica y visibilidad de los investigadores de la Universidad Carlos III de Madrid en las bases de datos del ISI, 1997-2003. Recuperado 2013, Noviembre) de <http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/1088/TESIS%20IIM.pdf;jsessionid=656D3C54CC4C77D600A27F6A37212375?sequence=1>

[6] JANTSCH, Erich. Hacia la interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en la enseñanza y la innovación. Citado por: TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996. P. 72-76.

[7] POLITECNICO COLOMBIANO JAIME ISAZA CADAVID. Investigación-Grupos de Investigación. Disponible (2013, Agosto) de http://www.politecnicojic.edu.co/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=314

[8] RODRÍGUEZ MURCIA, Humberto. Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. En: Revista de Ingeniería-Universidad de los Andes. Bogotá. 2008. Recuperado (2014, marzo) de <http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12>

[9] SANZ, Elías; GARCÍA, José; MAURA, Mariano; RODRÍGUEZ, Beatriz y MARTÍN, Carmen. Análisis de la interdisciplinariedad de los investigadores puertorriqueños en ciencias químicas durante el período 1992-1999. En: Revista española de documentación científica [En línea]. Vol. 25, No. 4, (2002). [Consultado 1 de agosto de 2013]. Disponible en: <http://redc.revistas.csic.es/index.php/redc/article/view/276/332>

[10] TORRES, Jurgo. Globalización e interdisciplinariedad: el curriculum integrado. Segunda Edición. Madrid. España: Ediciones Morata, S. L., 1996.

Anexo I. Listado de Grupos que no tienen artículos en FNCE-R.

Grupos que no tienen Relacionado artículos científicos en FNCE-R	Zona
BIEMARC	Norte
BIOPROCESOS	Norte
GRUPO DE INVESTIGACION EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA - GISEL	Norte
GESTION EFICIENTE DE ENERGIA, KAI	Norte
GRUPO DE INVESTIGACION EN CONSTRUCCION	Occidente
GRUPO CIPAV	Occidente
GRUPO DE INVESTIGACION EN INGENIERIAS SISMICA, EOLICA, GEOTECNICA Y ESTRUCTURAL (G-7)	Occidente
SERVICIOS ECOSISTEMICOS Y CAMBIO CLIMATICO - SECC	Occidente
CENTRO DE DESARROLLO INDUSTRIAL TECSOL - CORPOEMA	Oriente
GRUPO DE INVESTIGACION EN REGULACION DE MERCADOS ENERGETICOS	Oriente
GRUPO BIOCALORIMETRIA	Oriente
GRUPO DE INVESTIGACION EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACION	Oriente
UCIB- GRUPO DE BIOINGENIERIA UNIVERSIDAD CENTRAL	Oriente

Anexo J. Ranking de los Resultados relevantes de la Investigación

Característica	Resultado Relevante
Zona con más grupos de investigación relacionados con FNCE-R	Zona Occidente
Ciudad con mayor número de grupos de investigación relacionados con FNCE-R	Bogotá
Ciudad con mayor número de grupos de investigación relacionados con FNCE-R por Zona	Zona Norte: Barranquilla Zona Oriente: Bogotá Zona Occidente: Medellín
Universidad con mayor número de grupos de investigación relacionados con FNCE-R	Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá)
Universidad con mayor número de grupos de investigación relacionados con FNCE-R por Zona	Zona Norte: Universidad Industrial de Santander Zona Oriente: Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá) Zona Occidente: Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín)
Grupo más antiguo relacionado con FNCE-R	Laboratorio de investigación en combustibles y energía
Grupo que destina mayor porcentaje de su producción a la investigación en el campo de las FNCE-R	Grupo de investigación Física del medio ambiente y energía solar
Grupo que tiene más producción en FNCE-R en comparación con el Total de grupos	Grupo de materiales semiconductores y energía solar
Fuente en la que más se investiga por Zona	Zona Norte: Biomasa Zona Oriente: Solar Zona Occidente: Biomasa
Año en que más se publicó sobre FNCE-R	2012

Año en que más se publicó sobre FNCE-R por fuente	Biomasa: 2012 Solar: 2010 Eólica: 2011 PCH: 2011 Hidrógeno: 2009
Perfil de investigadores más común por nivel	Pregrado: Ingeniería Mecánica Maestría: Ingeniería Química Doctorado: Ciencias Químicas
Autor que más ha publicado en FNCE-R	Gerardo Gordillo Guzmán pertenece al grupo 65 "Grupo de materiales semiconductores y Energía solar"