

Impacto de investigaciones sobre grafitización de antracitas durante los años 1960 – 2018

Impact of research on anthracite graphitization during the years 1960 - 2018

Marley Vanegas-Chamorro 1, M. Mercedes Cely-Bautista 2*, Jorge Piñeres-Mendoza3

1,2: Ph.D. Grupo de Investigación en Gestión Eficiente de Energía - kaí, Facultad de Ingeniería.

Universidad del Atlántico, Puerto Colombia – Colombia,

3: Ph.D. Grupo de Investigación en Simulación de Procesos y Transformación del Carbón. Facultad de Ingeniería.

Universidad del Atlántico, Puerto Colombia – Colombia.

Email: mariacely@mail.uniatlantico.edu.co

Cite this article as: M.M.Cely-Bautista, M.Vanegas-Chamorro, J.Piñeres-Mendoza "Impact of research on anthracite graphitization during the years 1960 - 2018", *Prospectiva*, Vol 18, N° 1, 32-39, 2020.

Recibido: 24/07/2019 / Aceptado: 19/11/2019

<https://doi.org/10.15665/rp.v18i1.2087>

RESUMEN

Este artículo describe la contribución de los investigadores de todo el mundo en el campo de la grafitización de antracitas en el período comprendido entre 1960 – 2018. Se desarrolló un análisis bibliométrico para examinar las publicaciones científicas en este campo utilizando las bases de datos Scopus Elsevier, Journal Citation Reports, Scimago Journal & Country Rank y herramientas informáticas. Se analizaron diferentes aspectos de las publicaciones tales como tipo de publicación, principales áreas de investigación, principales revistas, citas, entre muchos otros aspectos. Los artículos publicados provienen principalmente de China, Estados Unidos, Francia, España, Japón y Canadá con un número de publicaciones de 75, 37, 32, 27, 18 y 16 respectivamente. Los resultados ayudarán a los investigadores a comprender la situación actual de la investigación en el campo de la grafitización de antracitas.

Palabras clave: Antracitas; Grafitización; Carbono; Bibliometría

ABSTRACT

This paper shown the contribution of researchers from around the world in the field of anthracite graphitization in the period from 1960 - 2018. A bibliometric test was developed to examine scientific publications in this field using the Scopus Elsevier databases, Journal Citation Reports, Scimago Journal & Country Rank and computer tools. Different topics of the publications were analyzed such as type of publication, areas of research, main journals, citations among many other aspects. The articles published mainly come from China, the United States, France, Spain, Japan and Canada with several publications of 75, 37, 32, 27, 18 and 16, respectively. The results will help researchers to understand the situation of research in the anthracite graphitization.

Key words: Anthracites; Graphitization; Carbon; Bibliometric.

1. INTRODUCCIÓN

Las antracitas son el carbón mineral de más alto rango considerado como una fuente natural de energía abundante y de bajo costo, típicamente utilizada para calentamiento doméstico e industrial. Generalmente contienen entre un 92 y 98% en masa de carbono, que está distribuida en una estructura macromolecular de anillos aromáticos condensados formando grandes unidades enlazadas o entrecruzadas por grupos alifáticos, lo que le confiere un cierto grado de orden estructural [1], [2].

Las antracitas poseen una estructura rígida, planar, con un alto grado de orientación y con dominios locales altamente ordenados. Debido al alto contenido de carbono y baja proporción de cadenas alifáticas en las antracitas, éstas se pueden considerar como buenos candidatos para la producción de materiales de carbono de alto valor añadido en lugar de usarse casi exclusivamente como combustible tal como se viene haciendo en la actualidad. Algunos investigadores han explorado la forma de modificar su estructura carbonizándola y posteriormente sometiénola a calentamiento a altas temperaturas, para obtener productos con características gráficas [3], [4], [5], [6], [7], [8]. También se ha investigado sobre la obtención a partir de antracitas de productos comercializables tales como relleno de cátodos de aluminio para fundición [9] [10], ánodos para baterías de ión-litio [11], [12], carbones activados [13], [14], reductores para procesos metalúrgicos [15][16], [17], relleno en la producción de grafito [18], material aglutinante para la producción de coque formado, [19], [20], antracita exfoliada en reemplazo del grafito natural exfoliado [2], entre otras aplicaciones.

Dependiendo de su capacidad para transformarse en grafito por tratamiento térmico a 3000 °C bajo presión atmosférica o inferior a ésta, los materiales carbonosos se clasifican generalmente en grafitizables y no grafitizables. Como fuentes de carbono grafitizable se pueden mencionar los carbones bituminosos, algunas antracitas, los hidrocarburos poliaromáticos constituyentes de las breas de carbón y petróleo, ciertas fracciones del petróleo y polímeros orgánicos como el PVC y las poliimidas [21].

Las investigaciones referentes a la grafitización de antracitas datan de los años 50, donde se realizaron las primeras investigaciones con el trabajo de Franklin, R.[22], a partir de este momento varios investigadores han trabajado en este proceso con el fin de aprovechar esta fuente de carbono tan importante en muchas aplicaciones. Las diferentes teorías propuestas sobre el mecanismo de grafitización de antracitas también han sido confirmadas por muchos investigadores a través de los años lo que ha permitido un moderado crecimiento en las publicaciones alrededor de esta temática. Por tanto, es importante identificar los temas centrales que se

investigan, la contribución de los autores e institutos en el campo de la grafitización de antracitas.

El objetivo principal de este artículo es evaluar cuantitativa y cualitativamente la tendencia global de las actividades de investigación dentro del campo de la grafitización de antracitas, teniendo en cuenta los documentos científicos publicados en el período desde 1960 a 2018. Las estadísticas de publicación, distribución geográfica de los autores e instituciones, lista de autores, instituciones y revistas con contribuciones importantes en el campo de la grafitización de antracitas, citas y patrón de autoría se investigan en el presente estudio. Este es el primer documento de revisión sobre el proceso de grafitización de antracitas con un enfoque bibliométrico que proporciona una visión general muy útil para los investigadores activos en el campo.

2. METODOLOGÍA

La bibliometría es una parte de la cienciometría y según Pritchard (1969) es la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos para analizar el curso de la comunicación escrita de carácter científico [23]. Fue usado en otras áreas como la biblioteconomía y la información y se ha extendido en otras áreas para la evaluación cuantitativa de los resultados académicos con el objeto de evaluar el impacto de los investigadores, instituciones etc [24]. Se realizó una búsqueda completa en la base de datos de Scopus utilizando la palabra “*anthracites*” y “*graphitization*” en la barra de búsqueda en “*título del artículo, resumen y palabras clave*”, considerando el período 1960 - 2018. En los resultados de búsqueda se obtuvieron los datos completos de 238 documentos cuyos apartados (títulos, palabras clave y resúmenes) contienen las palabras “grafitización” y “antracitas” y 286 patentes en el campo de investigación. Finalmente, los datos refinados compuestos por 237 artículos y 286 patentes fueron considerados para el estudio cienciométrico del área relacionada con la grafitización de antracitas.

Los datos obtenidos fueron analizados mediante herramientas propias de la base de datos de Scopus, Journal Citation Reports, Scimago Journal & Country Rank and Scimago Journal & country Rank, y se emplearon herramientas informáticas tales como OpenRefine y VOSviewer para la organización de la información; además se analizó la tendencia en la productividad de las investigaciones, la contribución de los autores y los países más influyentes. Este artículo incluye varios indicadores como son el factor de impacto SciteScore, el índice h, el índice SJR, número de publicaciones, número de citas, número de autores e instituciones productivas, el número de artículos citados más de 10 y 50 veces, el número de artículos calientes (hot articles) y sus citaciones y las correlaciones entre ellos.

El factor de impacto de una revista en el n -ésimo año es el número de citas en el año n dividido por el número de publicaciones en el mismo año. El índice h mide tanto la productividad como impacto de la cita de las publicaciones. El índice $i-10$ es el número de publicaciones que tienen más de 10 citas. Los autores y las instituciones que tienen más de cinco publicaciones se denominan autores e instituciones productivas, respectivamente. Los artículos con más de 50 citas se titulan artículos calientes.

El grado de colaboración es una medida de la relación conectiva existente entre los autores, instituciones y países que investigan en un área determinada y que permite indagar respecto a su capacidad científica. En este artículo se analizarán tres niveles de colaboración: colaboración entre autores, instituciones y países. El cálculo se realiza utilizando las relaciones que se presenta a continuación [25]:

$$C_{Ai} = \frac{\sum_{j=1}^N \alpha_j}{N}; \quad C_{Ii} = \frac{\sum_{j=1}^N \beta_j}{N}; \quad C_{Ci} = \frac{\sum_{j=1}^N \gamma_j}{N} \quad (1)$$

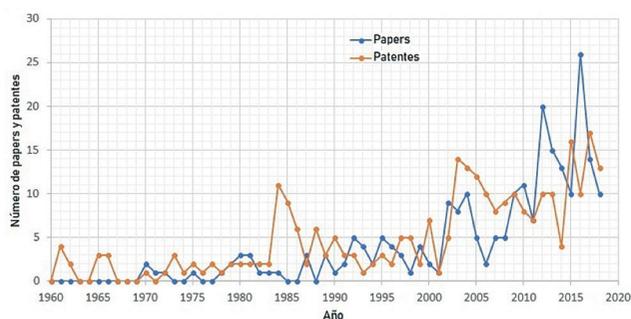
Donde: α_j , β_j y γ_j son el número de autores, instituciones y países para cada artículo, N es el número total anual de artículos publicados en el campo de investigación y C_{Ai} , C_{Ii} y C_{Ci} son el grado de colaboración de un año i de autores, instituciones y países.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Análisis de Artículos y Patentes

Se analizaron los artículos publicados en el período 1960 – 2018 relacionados con el proceso de grafitización de antracitas. El número total de publicaciones en revistas indexadas por Scopus y memorias de congresos fue de 237. La línea de tiempo de las publicaciones de grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018 se muestra en la figura 1.

Figura 1. Línea de tiempo de artículos y patentes desde 1960 a 2018.
Figure 1. Timeline of publications papers and patents from 1960 to 2018.

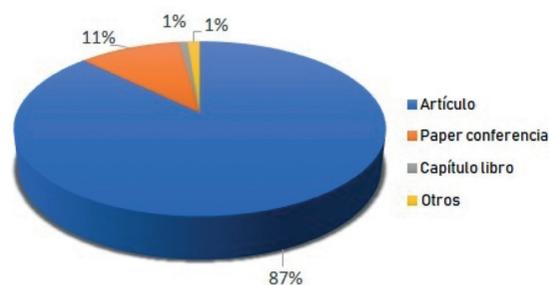


Las publicaciones de artículos y patentes tienen tendencias generales en aumento moderado hasta los años 80, posteriormente hubo un incremento súbito de patentes que volvió

a estabilizarse durante más de una década al igual que las publicaciones, para luego volver a incrementar a partir del año 2000; sin embargo, esta tendencia al aumento se ha caracterizado por presentar altibajos que posiblemente puedan atribuirse a la problemática mundial que ha atravesado el sector carbonífero[26]

Un análisis del tipo de publicaciones sugiere que los artículos representan la mayor parte de las publicaciones, alrededor del 87% son trabajos publicados en revistas mientras que los artículos presentados en conferencias representan el 11% tal como se observa en la figura 2.

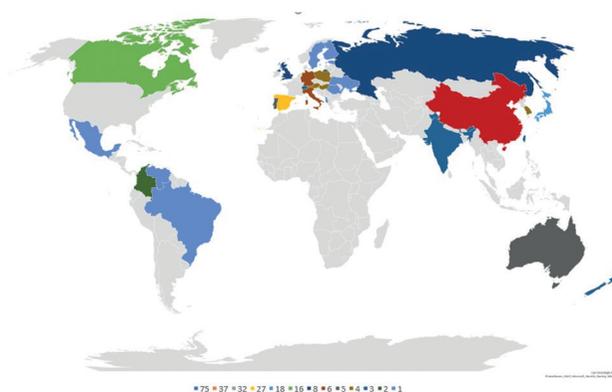
Figura 2. Tipos de artículos en el campo de la grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.
Figure 2. Types of publications within the anthracites graphitization field from 1960 to 2018.



3.2 Estadística de países

Los artículos publicados provienen de más de 34 países, pero la mayoría se origina en solo unos pocos países tal como se representa la figura 3.

Figura 3. Distribución geográfica de publicaciones en el campo de la grafitización de antracitas.
Figure 3. Geographical distribution of publications in the anthracites graphitization field.



Los países más productivos sobre la base del número de publicaciones se relacionan en la tabla 1. El 77.2% de las publicaciones son de los 10 primeros países que se presentan en esta tabla. Para este análisis estadístico se tuvieron en cuenta 302 publicaciones, ya que en varias de éstas colabora más de un autor de diferente país por lo cual la base de datos Scopus

cuenta la publicación para cada país. Las publicaciones de grafitización de antracitas se originan principalmente de China, Estados Unidos, Francia, España, Japón, Canadá, Rusia, Reino Unido, Alemania e Italia, siendo China el país líder cuyas publicaciones representan el 24.8% del número total de publicaciones de grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.

Tabla 1. Top 10 de países respecto a las publicaciones sobre grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.
Table 1. Top 10 countries of anthracites graphitization publications from 1960 to 2018.

País	Total		No. Productividad		Artículos Más Citados-HA		Índice h
	Artículos	Citaciones	Autores	Instituciones	No. HA	Citaciones CHA	
China	75	464	160	84	0	0	12
Estados Unidos	37	804	116	66	5	418	16
Francia	32	1892	85	57	11	1555	19
España	27	555	56	23	2	133	16
Japón	18	460	56	24	4	271	10
Canadá	16	471	32	18	3	224	11
Federación Rusa	8	29	28	20	0	0	3
Reino Unido	8	166	35	25	1	71	5
Alemania	6	219	28	25	2	135	6
Italia	6	150	31	15	1	54	5

*HA: artículos calientes, es decir con más de 50 citas.

Los resultados indican que se originan más publicaciones en China, Estados Unidos, Francia y España que en el resto de países juntos, estas publicaciones representan el 56.6%

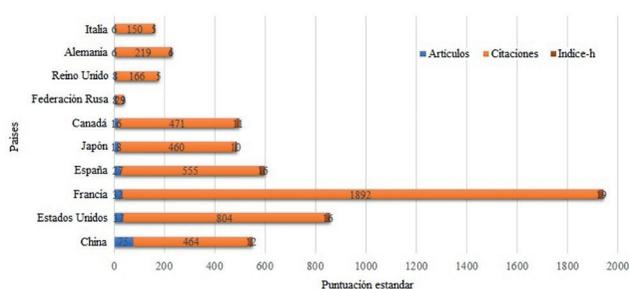
Tabla 2. Top 10 de las revistas más productivas en el campo de la grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.
Table 2. Top 10 productive journals in the anthracites graphitization field from 1960 to 2018.

Revista	Total		(%) Relativo		Calidad de la Revista				País Editorial
	Artículos	Citaciones	Artículos	Citaciones	Índice-h	SJR	Citaciones por documento*	Puntaje Citas 2017	
Carbon	23	676	9,7458	13,8383	229	2,23	7,02	6,76	Inglaterra
International Journal Of Coal Geology	17	480	7,2034	9,8260	102	2,19	4,47	5,14	Países Bajos
Energy And Fuels	16	283	6,7797	5,7932	146	1,16	3,29	3,55	Estados Unidos
Fuel	8	67	3,3898	1,3715	165	1,89	5,31	5,40	Inglaterra
Journal Of Fuel Chemistry And Technology	8	41	3,3898	0,8393	28	0,325	0,892	0,89	China
Solid Fuel Chemistry	7	0	2,9661	0,0000	10	0,227	0,439	0,48	Rusia
Contributions to Mineralogy and Petrology	6	545	2,5424	11,1566	125	2,75	3,33	3,39	Alemania
TMS Light Metals	6	29	2,5424	0,5937	24	0,159	0,285	0,31	Estados Unidos
Fuel Processing Technology	6	19	2,5424	0,3889	115	1,453	4,265	4,46	Países Bajos
Journal Of Power Sources	4	114	1,6949	2,3337	249	2,20	7,03	7,00	Países Bajos

de las publicaciones totales en la temática de grafitización de antracitas. Teniendo en cuenta solo la productividad de los 10 primeros países, Francia ha publicado el 38% de los artículos HA los cuales cuentan con 1555 citas.

En la figura 4 se presentan las publicaciones de los 10 primeros países, sus citas e índice h. China, aunque es el país con mayor número de publicaciones no es el más citado, razón por la cual cede el liderazgo en este aspecto a Francia seguido de Estados Unidos y en tercer lugar España. En cuanto al Índice- h, Francia posee el mayor (19), seguido de Estados Unidos y España cuyo Índice h es de 16 para ambos.

Figura 4. Top 10 de publicaciones en grafitización de antracitas, citas e índice H de 1960 a 2018.
Figure 4. Top 10 of anthracites graphitization Publications, citations e Índice H de 1960 a 2018.



3.3 Análisis de Revistas

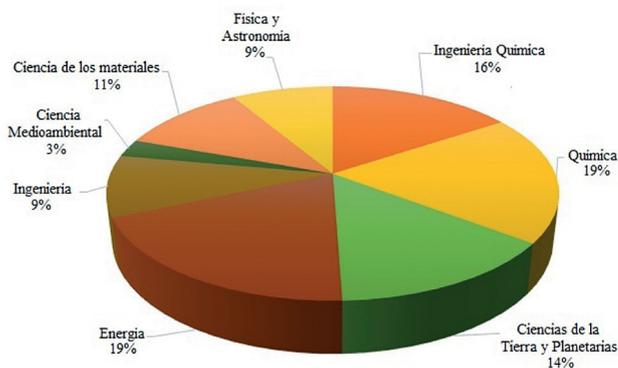
La fuente de las publicaciones fue analizada para identificar las revistas con la mayor cantidad de publicaciones. Las 10 revistas con mayor número de publicaciones en el campo de la grafitización de antracitas se muestran en la tabla 2.

La revista Carbon tiene el mayor número de publicaciones con el 9,7% del total de las publicaciones a nivel mundial. Las 10 mejores revistas han publicado el 43% del total de publicaciones en el área de grafitización de antracitas. Las revistas Carbon, Contributions to mineralogy and petrology e International Journal of Coal Geology tienen 676, 545 y 480 citas e índice h de 229, 125 y 102, respectivamente. Estas tres revistas representan el 34.8% del total de las citas en el área de la grafitización de antracitas. En cuanto a las citas por documento, el mayor número de citas por documentos las tienen las revistas Carbon, Fuel e International Journal of Coal Geology con 7.02, 5.31 y 4.47, respectivamente. Las editoriales de estas revistas provienen de dos países, a saber, Países bajos (Journal of Power Sources) y las otras dos revistas son de Inglaterra. El artículo con el mayor número de citas fue “Raman spectra of carbonaceous material in metasediments: a new geothermometer” publicado por O. Beyssac, B. Goffé, C. Chopin y J. N. Rouzaud en el año 2002 en la revista Journal of Metamorphic Geology 20 (9), pp. 859-871.

3.4 Distribución por temas

Los trabajos de investigación publicados en el campo de la grafitización de antracitas se enmarcan en ocho áreas principales de trabajo, entre las que se pueden mencionar como relevantes Energía, Química e Ingeniería Química. La distribución de las publicaciones en el campo de estudio teniendo en cuenta las principales áreas básicas de investigación se presentan en la figura 5.

Figura 5. Distribución de las publicaciones por áreas de investigación.
Figure 5. Distribution of subject categories by research area.

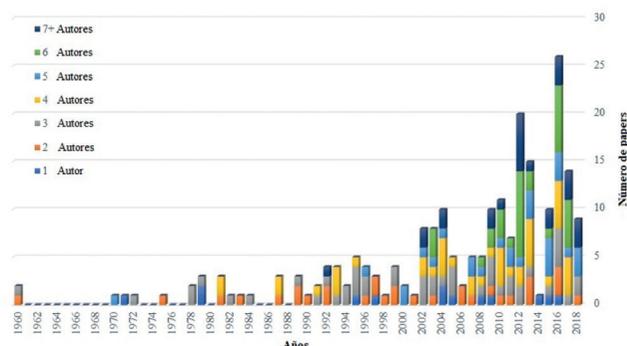


El 54% de las publicaciones se han presentado en las tres áreas mencionadas anteriormente como relevantes y en orden de importancia se encuentran Ciencias de la tierra y planetarias con 14%, Ciencia de materiales 11%, Física y astronomía e Ingeniería con 9% cada uno y Ciencias medioambientales con 3%.

3.5 Estadística de autores

Los resultados del análisis de autores sugieren que estos 237 artículos fueron publicados por 158 autores de más de 34 países. El análisis estadístico indica que 10 de estos autores son productivos ya que han publicado cinco o más artículos, lo cual corresponde al 36% del total de publicaciones de los autores. Las estadísticas de número de autores por publicación se presentan en la figura 6. Se observa que en el tiempo analizado (1960-2018), la colaboración entre autores, instituciones y países se ha ido incrementando lo cual se confirma con el aumento del número de autores que participan en las publicaciones. Se observa que en 2012 y en 2016 fueron los años donde se presentó el mayor grado de colaboración.

Figura 6. Patrón de autoría en el campo de la grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.
Figure 6. Authorship pattern in the field of anthracites graphitization from 1960 to 2018.



En la figura 6 se observa que los artículos con tres autores representan el 19.8% del total de las publicaciones en el área de estudio. El número total de artículos con 2, 3, 4 y 6 autores conforman la mayoría de los trabajos y corresponde al 65.4% del total de las publicaciones. En la tabla 3 se presentan los 10 autores más productivos en el área de grafitización de antracitas donde se observa que el autor más productivo es Jean Noël Rouzaud del CNRS Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France.

Las estadísticas generalizadas muestran que, de los 10 autores más productivos, seis son de Europa (Francia y España), tres son americanos (Estados Unidos y Canadá) y uno es de Japón. La influencia de los autores se ha investigado sobre la base del número total de publicaciones (TP), citas (TC), citas por publicación (PPC), artículos calientes (llamados así por ser los más citados) (HA), citas de artículos calientes (CHA) e índice h. La citación más alta por publicación es para Beyssac con 190.3 citas y el mayor número de artículos calientes han sido publicados por Rouzaud y colaboradores con un total de 7 y 1250 citas de estos artículos, seguido de Beyssac con 5 artículos calientes y 1127 citas.

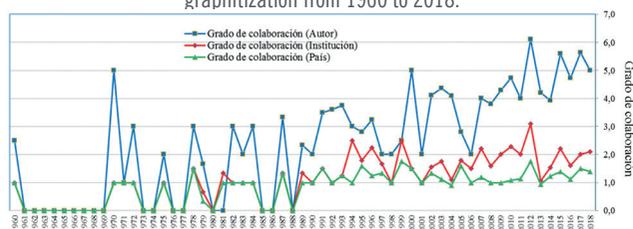
Tabla 3. Top 10 de autores en el campo de la grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.
 Tabla 3. Top 10 authors in the anthracites graphitization field during 1960-2018.

No	Autor	Instituciones	TP	TC	PPC	Artículos más citados (HA)	Citaciones de los artículos más citados (CHA)	Índice-h
1	Rouzaud, J.N.	Laboratoire de Geologie, Ecole Normal Superieure, France	19	1537	80,9	7	1250	44
2	Schobert, H.H.	Earth and Mineral Sciences (EMS) Energy Institute, Pennsylvania State University, U. S.	9	68	7,6	0	0	30
3	García, A.B.	Instituto Nacional del Carbón, CSIC, Oviedo, Spain	13	167	12,8	0	0	25
4	Oberlin, A.	CNRS, France	8	289	36,1	2	172	35
5	Bustin, R.M.	Department of Geological Sciences, The University of British Columbia, Canada	7	312	44,6	3	219	48
6	Ross, J.V.	Department of Geological Sciences, The University of British Columbia, Canada	7	312	44,6	3	219	20
7	Beysac, O.	Institut de Minéralogie et de Physique des Milieux Condensés, France	6	1142	190,3	5	1127	34
8	Cameán, I.	Instituto Nacional del Carbón, CSIC, Spain	6	106	17,7	0	0	13
9	Suárez-Ruiz, I.	Instituto Nacional del Carbón, (INCAR-CSIC), Spain	6	118	19,7	0	0	25
10	Inagaki, M.	Hokkaido University, Japan	5	105	21,0	0	0	58

3.6 Tendencia general de grado de colaboración entre autores, instituciones y países.

La literatura revisada desde 1960 hasta 2018 sobre grafitización de antracitas, arrojó un número significativo de artículos (237) que fueron publicados por 158 autores, 160 instituciones y más de 34 países de todo el mundo. Como se explicó en la parte metodológica de este artículo, se emplean las ecuaciones 1a, 1b y 1c para el cálculo de los grados de colaboración C_{Ap} , C_{Ii} y C_{Ci} entre autores, instituciones y países, respectivamente. En la figura 7 se presenta la tendencia que sigue el grado de colaboración existente entre los diferentes autores, instituciones y países que han publicado en este tema durante el intervalo de tiempo estudiado. En general, para los tres grados de colaboración, la evolución en el tiempo muestra que las relaciones entre ellos se han ido fortaleciendo. En comparación con la colaboración entre países e instituciones, el grado de colaboración entre autores muestra un mayor incremento en el tiempo después de 1990.

Figura 7. Grado de colaboración en el campo de la grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.
 Figure 7. Collaboration degree in the field of anthracites graphitization from 1960 to 2018.



En el año 2012 se alcanzó el mayor grado de colaboración entre los diferentes autores e instituciones que investigan en esta área. De acuerdo con el análisis se encontró un promedio de 6 autores, 3 instituciones y 2 países por publicación en este año y un total de 20 publicaciones.

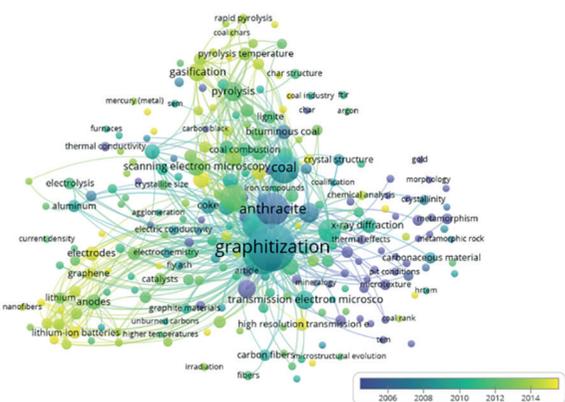
De acuerdo con la tendencia que se observa en la figura 7, en lo que respecta al grado de colaboración entre autores, instituciones y países, esta sugiere que los autores tienden a colaborar más con grupos pertenecientes a diferentes instituciones dentro del mismo país que con grupos internacionales lo cual se ve reflejado en el poco crecimiento del grado de colaboración entre los países (línea verde).

3.7 Ocurrencia de las palabras clave

También se analizaron las palabras clave más utilizadas entre las publicaciones en el campo de la grafitización de antracitas. Se utilizó la herramienta VOSviewer para analizar la relación existente entre las palabras clave empleadas en las publicaciones desde 1960 a 2018. Se encontraron alrededor de 2012 palabras clave en total, de las cuales 248 tienen una ocurrencia mínima de 3 veces. La herramienta informática VOSviewer calcula la fuerza total de los enlaces de ocurrencia con otras palabras clave utilizadas en las publicaciones. En la figura 8 se presentan las palabras clave que cumplen con los criterios de búsqueda planteados con anterioridad. La palabra graphitization presenta la mayor ocurrencia con

132 veces y una fuerza del enlace de 1103, seguidas de las palabras Graphite, X ray diffraction, anthracite y coal con ocurrencias de 95, 40, 61 y 51 respectivamente y fuerza de enlace de 883, 490, 476 y 473 respectivamente.

Figura 8. Ocurrencia de las palabras clave en el campo de la grafitización de antracitas desde 1960 hasta 2018.
Figure 8. Keywords occurrence in the anthracites graphitization field from 1960 to 2018.



En la figura 8 se observa que en los últimos años, las investigaciones en el campo de la grafitización de antracitas se centra, por un lado en la obtención de nuevos materiales con el fin de ser empleados en la elaboración de baterías de ion-litio, ánodos, electrodos, obtención de grafeno, nanofibras para diversas aplicaciones, entre muchos otros usos y por otro lado, en los procesos de transformación de los materiales carbonosos a través de pirólisis, gasificación, combustión, entre otros procesos como lo muestran las publicaciones de Hiltmann y colaboradores [9], y Belitskus [10].

4. CONCLUSIONES

Entre 1960 y 2018, se publicaron 237 artículos en el campo de la grafitización de antracitas en revistas indexadas en la base de datos de Scopus y actas de congresos de 158 autores provenientes de 160 institutos de investigación oriundos de más de 34 países de todo el mundo. Las publicaciones se originaron principalmente en China, Estados Unidos, Francia, España, Japón y Canadá.

La revista con mayor número de publicaciones y citas es Carbon con 23 y 676, respectivamente, lo cual representa el 9,7% y el 13,8% del total de publicaciones y citas a nivel mundial en el área de la grafitización de antracitas.

El autor más productivo es Jean Noël Rouzaud del CNRS Centre National de la Recherche Scientifique de France con 19 publicaciones y 1537 citas y un índice h de 44; entre las publicaciones de este autor se cuentan 7 artículos (HA) con un total de 1250 citas.

La institución más productiva es el Instituto Nacional del

Carbón (INCAR) perteneciente al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España, con 22 publicaciones, 444 citas y un índice h de 14; dentro de estas publicaciones y citas se contempla un artículo (HA) con 55 citas.

Según el análisis de la frecuencia de palabras clave, se encontraron 2012 de éstas en las 237 publicaciones analizadas en este artículo y se encontró que las palabras con mayor peso en esta investigación son Graphitization, Graphito, X ray diffraction, Anthracite y Coal.

A partir del análisis de estos resultados, la comunidad científica puede ver claramente la importancia de las investigaciones en el área de grafitización de antracitas a nivel internacional. Este combustible fósil con alto poder calorífico por su elevado contenido de carbono debería investigarse más en Colombia con miras a la obtención de nuevos materiales de amplio uso en diferentes procesos de transformación ya que en la actualidad, este material se utiliza más que todo en mezclas para mejorar otros carbones con baja calidad, entre otros usos, desaprovechando el enorme potencial que este carbón posee. Para trabajar en esta interesante área, los investigadores deben revisar la literatura científica generada en países como Francia, Estados Unidos y España, que de acuerdo con el análisis presentado en este artículo, son los países que se encuentran más adelantados en esta área de investigación.

REFERENCIAS

- [1] J. V. Atria, S. Zeng, F. Rusinko, and H. H. Schobert, "Novel Approach to the Production of Graphite from Anthracite.," *American Chemical Society, Washington, DC (United States)*, 1994.
- [2] J. M. Andrésén, C. E. Burgess, P. J. Pappano, and H. H. Schobert, "New directions for non-fuel uses of anthracites," *Fuel Process. Technol.*, 2004.
- [3] J. V. Atria, F. Rusinko, and H. H. Schobert, "Structural ordering of Pennsylvania anthracites on heat treatment to 2000-2900°C," *Energy and Fuels*, vol. 16, no. 6, pp. 1343-1347, 2002.
- [4] S. Rodríguez, I. Suárez-Ruiz, M. Marques, D. Flores, I. Camean, and A. B. García, "Development of graphite-like particles from the high temperature treatment of carbonized anthracites," *Int. J. Coal Geol.*, 2011.
- [5] G. B. Skripchenko, "Transformation of the structure and properties of Donets Basin anthracites during thermal treatment," *Solid Fuel Chem.*, 2010.
- [6] R. M. Bustin, J. N. Rouzaud, and J. V. Ross, "Natural graphitization of anthracite: Experimental considerations," *Carbon N. Y.*, 1995.
- [7] S. Duber, S. Pusz, B. K. Kwieci ska, and J. N. Rouzaud, "On the optically biaxial character and heterogeneity of anthracites," *Int. J. Coal Geol.*, 2000.
- [8] D. González, M. A. Montes-Morán, and A. B. Garcia, "Influence of inherent coal mineral matter on the structural characteristics of graphite materials prepared from anthracites," *Energy and Fuels*, 2005.

- [9] F. Hiltmann, M. Bojkowski, B. Jesionek, M. Mikoda, and J. Tomala, "Anthracite evaluation for amorphous cathodes," in *Light Metals: Proceedings of Sessions, TMS Annual Meeting (Warrendale, Pennsylvania)*, 2002, pp. 399–403.
- [10] D. Belitskus, "Effects of anthracite calcination and formulation variables on properties of bench scale aluminum smelting cell cathodes," *Metall. Trans. B*, vol. 8, no. 4, pp. 591–596, 1977.
- [11] I. Cameán, P. Lavela, J. L. Tirado, and A. B. García, "On the electrochemical performance of anthracite-based graphite materials as anodes in lithium-ion batteries," *Fuel*, vol. 89, no. 5, pp. 986–991, 2010.
- [12] Y.-J. Kim, H. Yang, S.-H. Yoon, Y. Korai, I. Mochida, and C.-H. Ku, "Anthracite as a candidate for lithium ion battery anode."
- [13] M. Nakamizo, R. Kammereck, and P. L. Walker, "Laser raman studies on carbons," *Carbon N. Y.*, 1974.
- [14] P. L. Walker Jr. and A. Almagro, "Activation of pre-chlorinated anthracite in carbon dioxide and steam," *Carbon N. Y.*, vol. 33, no. 2, pp. 239–241, 1995.
- [15] M. Vanegas, "Estudio del mecanismo de grafitización de antracitas sudafricanas," Universidad de Oviedo, 2012.
- [16] R. Falcon, V. Cann, D. Comins, R. Erasmus, P. Den Hoed, and A. Luckos, "the Characterisation of Carbon Reductants in the Metallurgical Industry – a Case Study," no. February, pp. 363–380, 2004.
- [17] Y. Yang, Y. Xiao, and M. A. Reuter, "Analysis of transport phenomena in submerged arc furnace for ferrochrome production.," *South Africa ISBN*, vol. 1, 2004.
- [18] P. J. Pappano, F. Rusinko, H. H. Schobert, and D. P. Struble, "Dependence of physical properties of isostatically molded graphites on crystallite height," *Carbon N. Y.*, 2004.
- [19] A. Benk and A. Coban, "Molasses and air blown coal tar pitch binders for the production of metallurgical quality formed coke from anthracite fines or coke breeze," *Fuel Process. Technol.*, 2011.
- [20] J. M. Andrésen, Y. Zhang, C. E. Burgess, and H. H. Schobert, "Synthesis of pitch materials from hydrogenation of anthracite," *Fuel Process. Technol.*, 2004.
- [21] H. Pearson, *Handbook of carbon, graphite, diamond and fullerenes: Properties, Processing and Applications*. New Jersey: Noyes Publications, 1993.
- [22] R. Franklin, "Crystallite growth in graphitizing and non-graphitizing carbons," *R. Soc.*, pp. 196–218, 1951.
- [23] T. A. Escorcía, "El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado [tesis]. Pontificia Universidad Javeriana.," *Director*, pp. 1–61, 2008.
- [24] G. Mao, X. Liu, H. Du, J. Zuo, and L. Wang, "Way forward for alternative energy research : A bibliometric analysis during 1994 – 2013," vol. 48, pp. 276–286, 2015.
- [25] K. Zhang, Q. Wang, Q. Liang, and H. Chen, "A bibliometric analysis of research on carbon tax from 1989 to 2014," vol. 58, pp. 297–310, 2016.
- [26] B. qiang Lin and J. hua Liu, "Estimating coal production peak and trends of coal imports in China," *Energy Policy*, vol. 38, no. 1, pp. 512–519, 2010.