

Investigación científica sobre tecnologías empleadas en quemadores de biomasa tipo pellets a pequeña escala, como potencial energético alternativo: una revisión bibliométrica

Scientific research on technologies used in small-scale pellet-type biomass burners as alternative energy potential: a literature review

Arly Darío **Rincón-Quintero**¹, Luis Alfonso **Del Portillo-Valdés**², Omar **Lengerke-Perez**³
Wilmar Leonardo **Rondón-Romero**⁴, Camilo Leonardo **Sandoval-Rodríguez**⁵
Brayan Eduardo **Tarazona-Romero**⁶

¹Unidades Tecnológicas de Santander, COLOMBIA | Universidad del País Vasco, ESPAÑA
<https://orcid.org/0000-0002-4479-5613> | arincon@correo.uts.edu.co

²Universidad del País Vasco, ESPAÑA
<https://orcid.org/0000-0001-9064-005X>

³Unidades Tecnológicas de Santander, COLOMBIA
<https://orcid.org/0000-0001-9360-7319>

⁴Unidades Tecnológicas de Santander, COLOMBIA
<https://orcid.org/0000-0001-9500-9531>

⁵Unidades Tecnológicas de Santander, COLOMBIA | Universidad del País Vasco, ESPAÑA
<https://orcid.org/0000-0001-8584-0137>

⁶Unidades Tecnológicas de Santander, COLOMBIA | Universidad del País Vasco, ESPAÑA
<https://orcid.org/0000-0001-6099-0921>

Recibido 08-11-2021, aceptado 13-01-2022

Resumen

La investigación se centra en la implementación de un software de visualización de redes bibliométrica denominada VOSviewer, donde se procesan los registros obtenidos en la literatura científica, identificando los recientes avances en calderas de biomasa (caso de estudio: pellets) a pequeña escala, aplicando una metodología en análisis de redes y vigilancia de bases de datos, desarrollando redes con palabras clave, coautoría y acoplamiento bibliográfico, graficas que permiten visualizar las tendencias y resaltan el comportamiento de la comunidad académica sobre una determinada temática.

Los autores con mayor relevancia, recomiendan la adición de caolín en biomasas, pudiéndose disminuir las emisiones contaminantes. También, destacan la implementación de tecnologías que controlen el flujo de aire primario y secundario en la combustión, repercutiendo en una mejora en la eficiencia, todo esto, con la extracción continua de cenizas sin tener que detener o afectar el proceso de combustión y el uso de filtros para material particulado.

Palabras clave: VOSviewer, calderas de pellets, revisión bibliográfica.

Abstract

The research focuses on the implementation of a bibliometric network visualization software called VOSviewer, where the records obtained in the scientific literature are processed, identifying the recent advances in small-scale biomass boilers (case study: pellets), applying a methodology in network analysis and monitoring of databases, developing networks with keywords, co-authorship and bibliographic coupling, graphs that allow trends to be visualized and highlight the behavior of the academic community on a given topic.

The most relevant authors recommend the addition of kaolin in biomass, being able to reduce polluting emissions. Also, they highlight the implementation of technologies that control the flow of primary and secondary air in combustion, resulting in an improvement in efficiency, all this, with the continuous extraction of ashes without having to stop or affect the combustion process and the use filters for particulate matter.

Index terms: VOSviewer, pellet boilers, literature review.

Otro mapa que puede ser analizado son las revistas científicas, identificando las más adecuadas para publicar futuros trabajos sobre quemadores de pellets; se destacan “energy & fuels”, “biomass & bioenergy” y “biomass conversión and biorefi”.

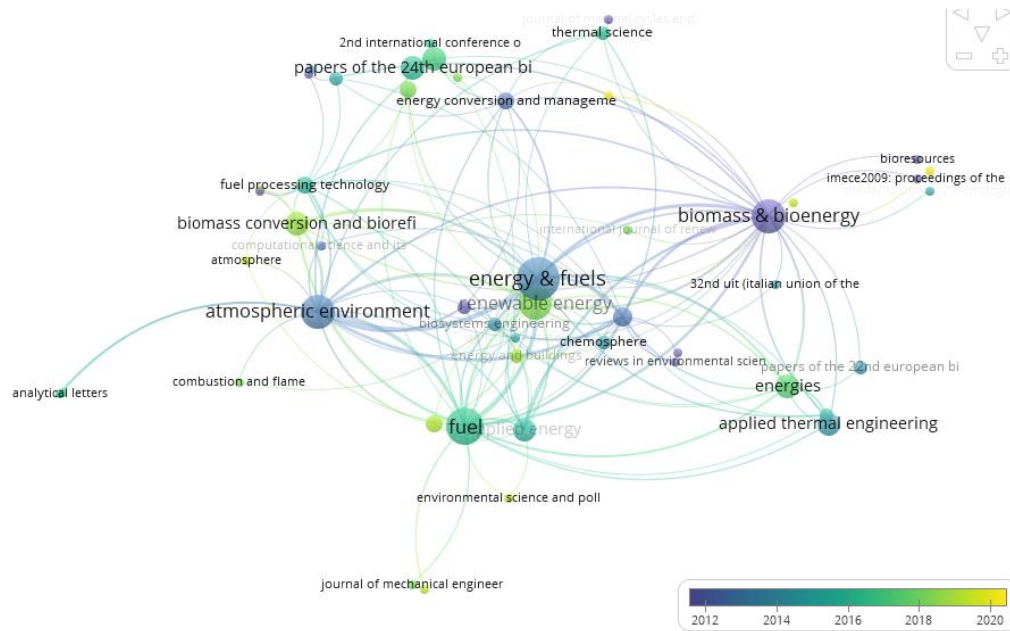


Fig. 2. Red de revistas científicas (50 nodos, 15 grupos, 150 links)

Referente a trabajo colaborativo, en la Fig. 3 se observan las autorías y coautorías más importantes.

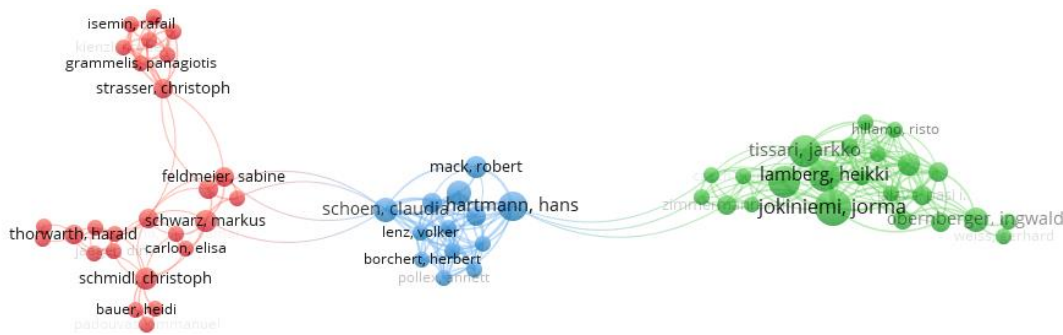


Fig. 3. Red de coautoría (62 nodos, 3 grupos, 284 links).

En esta red, es posible señalar la fortaleza que tienen autores como Jorma Jokiniemi con 11 publicaciones, siendo referente en la investigación de calderas de pellets a pequeña escala, al igual que Claudia Schön y Hans Hartmann.

En el trabajo de [2], se exponen las dificultades que tiene la astilla de madera para ser implementada en calderas para calefacción de hogares, debido a los niveles de emisiones de monóxido de carbono y las partículas emitidas. Sin embargo, En [4], se desarrollan pruebas con astillas de madera variando la calidad del secado y del cribado, con el propósito de cumplir los requerimientos de la norma ISO 17225-4, en la misma línea, en [5], se

analiza de forma detallada los procesos de secado y tamizado que afectan la combustión en una caldera automática a pequeña escala. Los autores coinciden en señalar que la reducción de humedad reduce las emisiones de CO y el tamizado, reduce la emisión de NO_x en al menos un 28%.

El trabajo en [6], demuestra que la adición de caolín a la biomasa, logra disminuir las emisiones de CO hasta un 77%, adicionalmente, en [7] se recomienda una proporción de caolín del 0.5% en peso, para una disminución de las emisiones en un 46%; siendo corroborado en el estudio de [8], donde se analizan diferentes aditivos, entre los cuales está la caolinita. La ceniza es otro factor importante en los quemadores de biomasa; en [9] se estudia este residuo basándose en el control de la temperatura y correlaciones empíricas, usando hasta 9 equipos diferentes a pequeña escala, mostrando que la composición química del combustible o la biomasa, repercute en la cantidad generada, debiéndose eliminar de manera continua, es decir, a una velocidad proporcional con la alimentación del combustible.

El acoplamiento bibliográfico, es otra aplicación del software, con esto, es posible observar los documentos, su relevancia obtenida por el número de citas que ha recibido y su fortaleza en vínculos debido a las referencias usadas.

TABLA 1
LISTA DE DOCUMENTOS ORDENADOS POR FUERZA DE ENLACE.

Autor	Citaciones	Fuerza de enlace	Documentos
Ozgen (2021)	9	529	[10]
Fournel (2015b)	73	516	[11]
Vicente (2020)	4	445	[12]
Zeng (2016)	54	393	[13]
Lim (2015)	26	347	[14]
Moran (2015)	14	335	[15]
Lamberg (2013)	56	324	[16]
Regueiro (2019)	4	322	[17]
Zeng (2019)	6	321	[5]
Lamberg (2017)	8	281	[18]

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al momento de analizar los documentos progresivamente se evidencia que las investigaciones realizadas sobre los quemadores de pellets, biomasa, astillas de madera, etcétera, se han enfocado principalmente en el análisis de las emisiones de gases contaminantes, lo que se convierte en un tema de gran relevancia debido al objetivo de reemplazar los combustibles actuales de la industria, como el carbón y derivados del petróleo. Con los ojos puestos en este objetivo, es indispensable que los nuevos biocombustibles no generen mayor daño que los combustibles convencionales actuales. Por ello, los investigadores analizan diferentes aspectos de los quemadores de biomasa, como la cámara de combustión, el control del flujo de aire, las combinaciones o los aditivos para la biomasa, los intercambiadores de calor a la salida de los gases de la combustión, entre otros temas relacionados, que se irán abordando a lo largo de esta sección.

A. Combustibles

Cuando se trata sobre los combustibles, se abordan los estudios que analizan la composición de la biomasa, al agregar diferentes tipos de material vegetal, aditivos químicos que favorezcan la combustión o estabilidad de la misma y en general estudios que tengan un enfoque en la combustión presente en las calderas o estufas a pequeña escala para aplicaciones rurales [15] [17] [19] [20] [21] [22].

B. Emisiones

Las emisiones generadas por las calderas y estufas en zonas residenciales se han convertido en la principal preocupación de los investigadores junto con las cenizas que dificultan la operación de los mismos, en esta sección se agrupan los estudios cuyo objetivo es analizar emisiones generadas [16] [23] [24] [25] [26] [27] [28] [29].

C. Diseño y eficiencias

En lo que a investigaciones sobre calderas y estufas de pellets a pequeña escala se refiere, las investigaciones se han centrado principalmente en el control de las emisiones como se ha establecido anteriormente, pero esto no deja exenta a la comunidad académica de generar diseño o propuestas que permitan aprovechar de forma eficiente el poder calorífico de la biomasa, por ello en esta sección se aborda el tema de la eficiencia y de los diseños que se encuentran en estudio para el mejoramiento continuo de estos equipos [30] [31] [32].

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación del software de visualización de redes VOSviewer permitió exponer de forma clara y precisa las tendencias en investigación sobre las calderas de pellets a pequeña escala, brindando información gráfica de fácil interpretación. Entre estas, se destaca una investigación centralizada en la disminución de emisiones contaminantes, desde diferentes perspectivas, como la incorporación de aditivos en los combustibles, mezclas de diferentes biomasa mejoramientos en la eficiencia de las calderas y regulaciones con base en el flujo de aire.

Teniendo en cuenta que el diseño de la caldera, el tipo de biomasa y las condiciones de la combustión afectan directamente a la generación de material particulado, es indispensable tener en cuenta para futuros diseños un mecanismo que permita extraer simultáneamente las cenizas sin detener el proceso de combustión.

Para la combustión es normal transformar la biomasa de tres formas: pajas, astillas y pellet. Siendo este último el más recomendado por los investigadores por permitir una combustión más eficiente y con menor cantidad de emisiones contaminantes. También se debe aplicar un debido tratamiento de secado, porque los niveles altos de humedad en el combustible generan mayores niveles de emisiones. El caolín representa una de las mayores oportunidades como aditivo para disminuir emisiones, tema que se observa de manera recurrente para aplicaciones en calderas de pequeña escala.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo institucional de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS).

REFERENCIAS

- [1] Z. S. Vásquez *et al.*, “Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review,” *Waste Manag.*, vol. 90, pp. 72-83, 2019.
- [2] C. Schön, D. Kuptz, R. Mack, V. Zelinski, A. Loewen, H. Hartmann, “Influence of wood chip quality on emission behaviour in small-scale wood chip boilers,” pp. 71–82, 2019.
- [3] E. D. Vicente *et al.*, “Emissions from residential pellet combustion of an invasive acacia species,” *Renew. Energy*, vol. 140, pp. 319–329, 2019.
- [4] D. Kuptz *et al.*, “Evaluation of combined screening and drying steps for the improvement of the fuel quality of forest residue wood chips—results from six case studies,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 9, no. 1, pp. 83–98, 2019.
- [5] T. Zeng *et al.*, “Impact of adhering soil and other extraneous impurities on the combustion and emission behavior of forest residue wood chips in an automatically stoked small-scale boiler,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 9, no. 1, pp. 99–116, 2019.
- [6] R. Mack, D. Kuptz, C. Schön, H. Hartmann, “Biomass and Bioenergy Combustion behavior and slagging tendencies of kaolin additivated agricultural pellets and of wood-straw pellet blends in a small-scale boiler,” *Biomass and Bioenergy*, vol. 125, no. April, pp. 50–62, 2019.
- [7] T. Huelsmann, R. Mack, M. Kaltschmitt, H. Hartmann, “Influence of kaolinite on the PM emissions from small-scale combustion,” *Biomass Convers. Biorefinery*, vol. 9, no. 1, pp. 55–70, 2019.
- [8] N. Dragutinovic, B. Nakomcic-Smaragdakis, S. Djuric, D. Djordjic, “Investigation of additives in combustion of wheat straw pellets in a small scale boiler,” *J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 11, no. 4, p. 43101, Jul. 2019.
- [9] S. Feldmeier, E. Wopienka, M. Schwarz, C. Schön, C. Pfeifer, “Applicability of Fuel Indexes for Small-Scale Biomass

- Combustion Technologies, Part 1: Slag Formation,” *Energy & Fuels*, vol. 33, no. 11, pp. 10969–10977, Nov. 2019.
- [10] S. Ozgen, S. Cernuschi, S. Caserini, “An overview of nitrogen oxides emissions from biomass combustion for domestic heat production,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 135, p. 110113, 2021.
- [11] S. Fournel *et al.*, “Influence of biomass properties on technical and environmental performance of a multi-fuel boiler during on-farm combustion of energy crops,” *Appl. Energy*, vol. 141, pp. 247–259, 2015.
- [12] E. D. Vicente, A. M. Vicente, M. Evtugina, L. A. C. Tarelho, S. M. Almeida, C. Alves, “Emissions from residential combustion of certified and uncertified pellets,” *Renew. Energy*, vol. 161, pp. 1059–1071, 2020.
- [13] T. Zeng, N. Weller, A. Pollex, V. Lenz, “Blended biomass pellets as fuel for small scale combustion appliances: Influence on gaseous and total particulate matter emissions and applicability of fuel indices,” *Fuel*, vol. 184, pp. 689–700, 2016.
- [14] M. T. Lim, A. Phan, D. Roddy, A. Harvey, “Technologies for measurement and mitigation of particulate emissions from domestic combustion of biomass: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 49, pp. 574–584, 2015.
- [15] J. C. Morán, J. L. Míguez, J. Porteiro, D. Patiño, E. Granada, “Low-Quality Fuels for Small-Scale Combustion Boilers: An Experimental Study,” *Energy & Fuels*, vol. 29, no. 5, pp. 3064–3081, May 2015.
- [16] H. Lamberg, J. Tissari, J. Jokiniemi, O. Sippula, “Fine Particle and Gaseous Emissions from a Small-Scale Boiler Fueled by Pellets of Various Raw Materials,” *Energy & Fuels*, vol. 27, no. 11, pp. 7044–7053, Nov. 2013.
- [17] A. Regueiro, L. Jezerská, R. Pérez-Orozco, D. Patiño, J. Zegzulka, J. Nečas, “Viability evaluation of three grass biofuels: Experimental study in a small-scale combustor,” *Energies*, vol. 12, no. 7, 2019.
- [18] H. Lamberg *et al.*, “Operation and Emissions of a Hybrid Stove Fueled by Pellets and Log Wood,” *Energy & Fuels*, vol. 31, no. 2, pp. 1961–1968, Feb. 2017.
- [19] A. Rincón-Quintero, L. Portillo-Valdés, A. Meneses-Jácome, J. Ascanio Villabona, B. Tarazona Romero, M. Durán-Sarmiento, “Performance Evaluation and Effectiveness of a Solar-Biomass Hybrid Dryer for Drying Homogeneous of Cocoa Beans Using LabView Software and Arduino Hardware,” *Recent Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, oct. 2020, pp. 238-252.
- [20] A. Regueiro, L. Jezerská, D. Patiño, R. Pérez-Orozco, J. Nečas, M. Židek, “Experimental study of the viability of low-grade biofuels in small-scale appliances,” *Sustain.*, vol. 9, no. 10, 2017.
- [21] S. Fournel, J. Palacios, S. Godbout, M. Heitz, “Effect of Additives and Fuel Blending on Emissions and Ash-Related Problems from Small-Scale Combustion of Reed Canary Grass,” *Agriculture*, vol. 5, no. 3, pp. 561–576, 2015.
- [22] G. Garrido-Silva, J. Maradey Lazaro, A. Rincón-Quintero, O. Lengerke Perez, C. Sandoval Rodriguez, C. Cardenas-Arias, “Estimation of the Energy Consumption of an Electric Utility Vehicle: A Case Study,” 2021, pp. 257–272.
- [23] J. Hrdlička, P. Skopec, T. Dlouhý, F. Hrdlička, “Emission factors of gaseous pollutants from small scale combustion of biofuels,” *Fuel*, vol. 165, pp. 68–74, 2016.
- [24] A. D. Rincón-Quintero *et al.*, “Manufacture of hybrid pieces using recycled R-PET, polypropylene PP and cocoa pod husks ash CPHA, by pneumatic injection controlled with LabVIEW Software and Arduino Hardware,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 844, no. 1, 2020.
- [25] M. Gehrig, D. Jaeger, S. K. Pelz, R. Kirchhof, H. Thorwarth, W. Haslinger, “Influence of a Direct Firebed Cooling in a Residential Wood Pellet Boiler with an Ash-Rich Fuel on the Combustion Process and Emissions,” *Energy & Fuels*, vol. 30, no. 11, pp. 9900–9907, Nov. 2016.
- [26] S. Kasurinen *et al.*, “Toxicological characterization of particulate emissions from straw, Miscanthus, and poplar pellet combustion in residential boilers,” *Aerosol Sci. Technol.*, vol. 50, no. 1, pp. 41–51, 2016.
- [27] A. T. Zosima, L. A. V Tsakanika, M. T. Ochsenskühn-Petropoulou, “Particulate matter emissions, and metals and toxic elements in airborne particulates emitted from biomass combustion: The importance of biomass type and combustion conditions,” *J. Environ. Sci. Heal. Part A*, vol. 52, no. 6, pp. 497–506, May 2017.
- [28] A. Rincón-Quintero, L. Portillo-Valdés, A. Meneses-Jácome, C. Sandoval Rodriguez, W. Rondón-Romero, J. Ascanio Villabona, “Trends in Technological Advances in Food Dehydration, Identifying the Potential Extrapolated to Cocoa Drying: A Bibliometric Study,” *Recent Advances in Electrical Eng., Electronics and Energy*, 2021, pp. 167-180.
- [29] G. Reichert *et al.*, “Impact of oxidizing honeycomb catalysts integrated in firewood stoves on emissions under real-life operating conditions,” *Fuel Process. Technol.*, vol. 177, no. Feb. 2018, pp. 109–118, 2018.
- [30] J. G. M. Lázaro, A. D. Rincón-Quintero, C. L. Sandoval-Rodríguez *et al.*, “Design and set up of a pulverized panela machine,” *Engineering and Natural Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 812–828, 2021.
- [31] D. Petrocelli, A. M. Lezzi, “Modeling operation mode of pellet boilers for residential heating,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 547, no. 1, 2014.
- [32] E. A. C. Quintana, B. E. Tarazona, “Characterization of mechanical vibrations in a metal structure using the transform Cepstrum,” *Engineering and Natural Sciences*, vol. 9, no. 4, pp. 767–777, 2021.