



los valores más altos se registran en Desarrollo y Conclusiones y en la localización Integral. Esto muestra que la presencia más extendida de los ODS dentro del manuscrito se asocia a una integración más profunda y conceptualmente significativa. En conjunto, los patrones observados indican que la profundidad con que los ODS se integran en los Trabajos Finales Integradores depende de manera estrecha del alcance y la ubicación de las menciones dentro del documento.

Si bien los resultados muestran que los estudiantes perciben la importancia del tema e intentan enmarcar sus trabajos en la sostenibilidad, también ponen en evidencia una ausencia de formación integral sobre la temática a lo largo de la carrera, lo que conduce a abordajes generalmente superficiales o forzados. La estrategia actual de exigir la incorporación de los ODS en los planes, que algunos docentes procuran reforzar desde otras asignaturas, debería permear de manera orgánica toda la currícula para consolidar una integración consistente.

Una estrategia bottom-up basada únicamente en esfuerzos individuales presenta limitaciones claras, por lo que debería complementarse con una estrategia top-down que institucionalice el enfoque de sostenibilidad dentro del plan de estudios. A partir de los hallazgos obtenidos, se propone como nueva acción bottom-up solicitar explícitamente que los estudiantes incorporen los ODS no solo en los planes de trabajo, sino también en las conclusiones del Trabajo Final Integrador. Esta incorporación final favorecería una reflexión más profunda sobre la relación entre el proyecto realizado y la Agenda 2030, evitando que la sostenibilidad quede restringida a una mención inicial o tangencial.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), y a la UTN – Facultad Regional Córdoba, Argentina donde realizamos nuestro trabajo.

REFERENCIAS

- [1] DiTullio, P., y Rea, M. (2025). Institutionalisation of sustainability in universities: Insights from strategic planning and sustainability reporting practices in Italian universities. *Journal of Cleaner Production*, 420, 137844. <https://doi.org/10.1108/MEDAR-05-2024-2467>.
- [2] Adams, C. (2013). Sustainability reporting and performance management in universities, sustainability accounting. *Management and Policy Journal*, Vol 4 N° 3, pp 384-392.
- [3] Gomes, L., Brasileiro, T., y Caeiro, S. (2022). Sustainability in Higher Education Institutions in the Amazon Region: A case study in a federal public university in Western Pará, Brazil. *Environmental Education Research*, 14(6):3155 [doi:10.3390/su14063155](https://doi.org/10.3390/su14063155)
- [4] Zúñiga Sánchez, O., Marúm Espinosa, E., & Rodríguez Armenta, C. (2022). La educación para el desarrollo sostenible en la educación superior: El efecto de las áreas del conocimiento en las concepciones del profesorado universitario. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 24(2), 1-18.
- [5] Di Nauta, P., Iannuzzi, E., Milone, M. (2020). The impact of the sustainability principles on the strategic planning and reporting of universities: An exploratory study on a qualified Italian sample. *Sustainability*, 12(18), 7269. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su12187269>.
- [6] Vilches, A., y Gil Pérez, D. (2013). La educación para la sostenibilidad en la universidad: El Reto de la formación del profesorado. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 16(2), 45-61. Disponible en : <http://www.ugr.es/~recfpro/rev162ART2.pdf>.
- [7] Nuñez Paula, I. (2019). Educación para el desarrollo sostenible: Hacia una visión sociopedagógica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 79(1), 15-34. Disponible en : <https://www.redalyc.org/journal/5886/588661549016>.
- [8] Lozano, R., Lukman, R., Lozano, F. J., Huisinigh, D., y Lambrechts, W. (2013). Declarations for sustainability in higher education: Becoming better leaders, through addressing the university system. *Journal of Cleaner Production*, 48, 10-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.006>.

- [9] Cortese, A. D. (2003). The critical role of higher education in creating a sustainable future. *Planning for Higher Education*, 31(3), 15-22.

- [10] Filho, W. L., Shiel, C., y Paço, A. (2015). Integrating sustainability in higher education: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 106, 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/1943815X.2014.988273>.

- [11] Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisinigh, D., Lozano, F. J., Waas, T., y Lambrechts, W. (2015). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: Results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1-18. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048>.

- [12] Cebrián, G. y Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' perspectives. *Sustainability*, 7, 2768-2786. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su7032768>.

- [13] Barth, M., Godemann, J., Rieckmann, M., y Stoltenberg, U. (2007). Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 8(4), 416-430. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/14676370710823582>.

- [14] Aisberg, University of Bergamo. (2025). The role of sustainability awards in institutionalising sustainability: Case study evidence. *The British Accounting Review*. Disponible en: <https://aisberg.unibg.it/retrieve/3abd84ab-0838-4ae4-bda8-da482a408c08/1-s2.0-S0890838925001854-main.pdf>

- [15] Filho, W. L., Azeiteiro, U., Alvares, F., Paced, P., Mifsudd, M., Brandlie, L., Caeiro, S., Disterheft, A. (2017) Reinvigorating the sustainable development research agenda: role of sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Volume 25. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504509.2017.1342103?journalCode=tsdw20>

- [16] Hedefalk, M., Almqvist, J., & Östman, L. (2015). Education for sustainable development in early childhood education: a review of the research literature. *Environmental Education Research*, 21(7), 975-990. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.971716>.

- [17] Battaglia, M. (2008). Nonprobability Sampling. *Encyclopedia of Survey Research Methods*. Sage.

- [18] Creswell, J. W., y Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage.



Recibido 05/12/2025
Aceptado 15/09/2026

PRODUCCIÓN DE PELLETS A PARTIR DE RESIDUOS DE BIOMASA LIGNOCELULÓSICA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOENERGÍA EN LA COMUNIDAD RURAL DE TÓCUARO, MICHOACÁN, MÉXICO

PRODUCTION OF PELLETS FROM LIGNOCELLULOSIC BIOMASS WASTE FOR OBTAINING BIOENERGY IN THE RURAL COMMUNITY OF TÓCUARO, MICHOACÁN, MEXICO

Castillo-Tera Octavio-Alejandro ¹, López-Sosa Luis-Bernardo ¹, Rutiaga-Quñones José-Guadalupe ^{2,3}, Morales-Máximo Mario ^{1,2*}

¹ Doctorado en ciencias para la sostenibilidad e interculturalidad, Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, Carretera Pátzcuaro-Huecorio Km 3, Pátzcuaro 61614, Michoacán, México.

² Maestría en Educación Ambiental, Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, Carretera Pátzcuaro-Huecorio Km 3, Pátzcuaro 61614, Michoacán, México.

³ Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, Universidad Michoacana de Nicolás de Hidalgo, Francisco J. Mújica SN, Ciudad Universitaria, Morelia, 58040, Michoacán, México

RESUMEN

Esta investigación se centra en el aprovechamiento de biomasa lignocelulósica para la producción de biocombustibles de tipo sólido. En comunidades rurales indígenas como es el caso de Tócuaro, Michoacán, México existe la generación de residuos de copalillo (*Bursera cuneata*) producto de la actividad económica artesanal, su aprovechamiento resulta nulo pese a contar con propiedades adecuadas para su aprovechamiento como biocombustibles de tipo sólido (pellets). El presente estudio evaluó las características físico-proximal y química de este residuo, así como su comportamiento durante el proceso de densificación, donde fueron empleadas distintas concentraciones de aglutinante orgánico (fécula de maíz). Dentro de las características primordiales se reporta humedad (5.84 %), cenizas (7.05 %), materia volátil (75.99 %) y carbono fijo (16.93 %), estos valores están dentro de los rangos reportados en biomases adecuadas para la obtención de bioenergía. Por otro lado, la composición química de los polímeros fue de celulosa (45.58 %), hemicelulosa (13.8 %), lignina (10.98 %) y extraíbles (29.51 %), los cuales también coincide con los criterios energéticos reportados para biomasa lignocelulósica para su aprovechamiento energético. En la fase de densificación, las formulaciones con 10 % y 5 % de aglutinante generaron obstrucciones en la matriz y una baja eficiencia en la densificación, mientras que la concentración del 2 % permitió obtener pellets de mayor calidad, sin complicaciones en su producción. Los resultados muestran que el residuo de *Bursera cuneata* puede ser aprovechado y producir biocombustibles sólidos de tipo pellet así mismo contribuye al fortalecimiento de la matriz energética local.

PALABRAS CLAVE

(Biomasa lignocelulósica, Bioenergía, Biocombustible sólido)

ABSTRACT

This research focuses on the use of lignocellulosic biomass to produce solid-type biofuels. In rural communities and indigenous communities such as Tócuaro, Michoacán, Mexico, there is the generation of copalillo (*Bursera cuneata*) waste because of artisanal economic activity, its use is null despite having adequate properties for its use as solid biofuels (pellets). The present study evaluated the physical-proximal and chemical characteristics of this residue, as well as its behavior during the densification process, where different concentrations of organic binder (corn starch) were used. Among the main characteristics, moisture (5.84%), ash (7.05%), volatile matter (75.99%) and fixed carbon (16.93%) are reported, these values are within the ranges reported in biomasses suitable for obtaining bioenergy. On the other hand, the chemical composition of the polymers was cellulose (45.58%), hemicellulose (13.8%), lignin (10.98%) and extractables (29.51%), which also coincides with the energy criteria reported for lignocellulosic biomass for energy use. In the densification phase, formulations with 10% and 5% binder generated clogs in the matrix and low densification efficiency, while the 2% concentration allowed for higher quality pellets, without complications in their production. The results show that the waste of *Bursera cuneata* can be used and produce solid pellet biofuels also contributes to the strengthening of the local energy matrix.

KEYWORDS

(Lignocellulosic Biomass, Bioenergy, Solid Biofuel)

1. INTRODUCCIÓN

La matriz energética a nivel nacional depende principalmente del aprovechamiento de combustibles fósiles, sin embargo, la creciente demanda hace necesaria la diversificación de fuentes energéticas, donde podemos encontrar energías alternativas [1]. En este contexto la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, establece una visión hacia el desarrollo sustentable [2], donde el uso de la biomasa lignocelulósica resulta interesante para la producción de bioenergía [3]

En México, la obtención de energía a través de fuentes alternativas ha aumentado, de modo que el aprovechamiento de biomasa lignocelulósica residual ha adquirido mayor relevancia, para avanzar hacia el desarrollo sostenible [4]. Sin embargo, en comunidades como lo es Tócuaro, Michoacán, aún no es aprovechada la biomasa residual para su integración en el sistema

energético local. Diversos estudios han demostrado que los residuos lignocelulósicos generados en sectores agrícolas y forestales poseen características energéticas relevantes para su uso como biocombustibles sólidos densificados [5], las características primordiales son: poder calorífico superior (MJ/kg), contenido de humedad (%), carbono fijo (%), cenizas (%), y lignina (%) [6].

La biomasa lignocelulósica resulta ser una alternativa viable, al poseer distintas bondades es omnipresente, abundante y cuenta con un potencial para, contribuir en la diversificación de fuentes de energía [7]. En la comunidad de Tócuaro se generan residuos lignocelulósicos de copalillo (*Bursera cuneata*) derivados del trabajo del artesano, que actualmente no se aprovechan. Las características



de este residuo son (baja densidad, humedades muy variables y tamaños también variables) esto impide que sea aprovechado energéticamente. La densificación mediante una peletizadora rescata este material valorizándolo en un biocombustible sólido, de tal forma que el biocombustible generado permitiría captarla energía calórica necesaria para su uso doméstico, beneficiando a esa comunidad por cuanto se reduciría el consumo de leña y del gas LP. El objetivo de este trabajo es determinar la concentración de aglutinante necesaria para lograr la producción exitosa del biocombustible sólido.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la comunidad de Tócuaro, Michoacán, México, con una ubicación geográfica de 19° 34' 00" N y 101° 24' 00" O, con una altitud de 2048 m sobre el nivel del mar [8], para llevar a cabo esta investigación se tomaron muestras del residuo de copalillo (*Bursera cuneata*) este trabajo siguió los procedimientos establecidos en las metodologías propuestas de densificación [9]. La recolección de muestras fue aleatoria, sin corteza y madera original; sin tratamiento químico, debido a que la madera se transporta directamente del bosque al taller, y estas muestras se usaron para la caracterización en laboratorio, estas fueron recolectadas y se dejaron secar al aire libre durante 4 semanas. Se destaca que las muestras recogidas provienen del proceso local de fabricación artesanal. La metodología realizada se presenta en Figura 1. Se recolectaron muestras homogéneas y se molieron usando un molino Wiley, resultando en harina de madera absolutamente seca y deshidratada, que luego se tamizó a través de una malla 40 (425 μ m) para realizar lo análisis correspondientes.

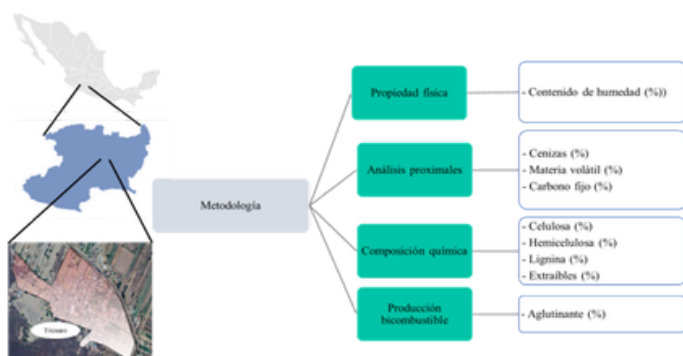


Figura 1. Diagrama metodológico de la investigación

2.1 ANÁLISIS FÍSICO-PROXIMAL

El contenido de humedad se realizó por triplicado y fue determinado mediante la Norma UNE-EN 14774-1 (2010)[10], contenido de cenizas mediante la norma UNE-EN 14775[11], material volátil de acuerdo con el estándar ASTM D7582-12 [12], el carbono fijo se obtuvo por diferencia, restando el contenido de cenizas y volátiles (García et al., 2012).

2.2 ANÁLISIS QUÍMICO ELEMENTAL

Para el cálculo de la composición química se realizó con 0.5 g del residuo de biomasa lignocelulósica en peso anhidro, para determinar los principales componentes poliméricos (celulosa, hemicelulosa y lignina) mediante análisis de fibras utilizando el método gravimétrico de Van Soest, utilizando α -amilasa en un analizador de fibras ANKOM-200 [15], este se determinó una única vez. Mientras para el cálculo de extractivos se determinó por diferencia.

2.3 PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE

Finalmente, se generaron pellets a (75°C) utilizando distintas concentraciones de aglutinante para determinar la formulación óptima en la producción de pellets con una peletizadora Cipres 150-MG. Las concentraciones de aglutinante en diferentes proporciones fueron 1kg de residuo por 100gr de fécula de maíz, 1kg de residuo por 50gr de aglutinante y 1kg residuo por 20gr de aglutinante.

3. RESULTADOS

3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICO PROXIMAL

La caracterización físico-proximal mostro un contenido de humedad de 5.84% (± 0.67), cenizas 7.05% (± 0.27), materia volátil 75.99% (± 1.08), carbono fijo 16.93% (± 1.15), valores similares a los reportados para la generación de bioenergía mediante biocombustibles de tipo sólido [16].

Para el contenido de humedad encontrado es adecuado ya que este debe ser inferior a 15% [17], condición favorable en las muestras, lo que contribuiría al poder calorífico superior calorífico [18], en comparación con otro estudio de residuos de *Bursera* donde encontraron valores de 13.54 a 14.22% [19], asu vez comparable con material de biomasa lignocelulósica usada reportados valores de 4.3 a 12.4% [20].

El contenido de cenizas puede variar depende la especie forestal, tal como se reporta en la combustión de biomasa de madera en hornos domésticos de leña donde se reportan rangos de 2.6 a 18.3% [21], también comparables con valores de 0.3 a 8.2% de especies locales de biomasa [22], para el caso de biocombustibles densificados han reportado 0.26 a 6.5% [23]. Por lo cual el residuo de biomasa lignocelulósica de *Bursera cuneta* está dentro de rangos reportados para usos bioenergéticos.

Par el caso de materia volátil estudios han analizado distintos tipos de biomasa que van de 57.2 a 90.6 % [24], a su vez comparables con estudios de biomasa leñosa sin tratamiento donde encontraron valores de 58.1 a 86.2% [25], esto nos indica que a partir del residuo de *Bursera Cuneata* se esperaría una buena combustión, ya que estos valores contribuirían a una buena combustión [26].

Por último, el análisis proximal de carbono fijo es importante ya que esta es la parte que se quema en estado sólido y será la combustión completa y estable, estudios han reportado rangos entre 9.2 a 32.79% [24], en el caso de biomasa valorada para el uso de pellets se reportó rangos de 7.22 a 15.96% [27], por lo tanto, el residuo de biomasa lignocelulósica está dentro de rangos reportados.

3.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química se encontró: Celulosa 45.58 %, Hemicelulosa 13.8%, lignina 10.98% y Extraíbles 29.51%. un estudio mostro que la *Bursera cuenata* posee compuestos formados por carbono y oxígeno que, al ser un material orgánico con características forestales, corresponden a compuestos poliméricos como celulosa, hemicelulosa y lignina [28], en el caso de biomasa lignocelulósica se han encontrado celulosa 20.21% a 58,83%, hemicelulosas 8.81% a 23.71%, lignina 12.88% a 26.53% y extraíbles 11.68% a 36.17% [29]. Celulosa 43 a 52%, hemicelulosa 18 a 28%, lignina de 16 a 28% y extraíbles entre 5 a 19% [30], otro estudio muestra rangos para la celulosa son: 40-50 %; hemicelulosa: 20-30 % y lignina: 20-30 % [31], valores dentro de los rangos en la producción de bioenergía, estos valores de celulosa, hemicelulosa, lignina y extractivos están dentro de los rangos reportados en otras investigaciones.



3.3 PRODUCCIÓN DE PELLETS

Para el caso de la producción de pellets la Figura 2 muestra el proceso de producción, las concentraciones fueron aglutinante (10%, 5% y 2%), para el primer caso la paletización no resulta optima ya que la matriz peletizadora suele taparse, en el caso 2 el tamiz también se vio afectado, el mejor de los casos es cuando se utilizó la concentración al 2% Figura 3.



Figura 2. Producción de pellets a partir de residuos de biomasa lignocelulósica para la obtención de bioenergía en la comunidad rural de Tócuaro, Michoacán, México



Figura 3. Producción de pellets con aglutinante; a) aglutinante, b) pellets concentración aglutinante 10%, c) pellets concentración 5%, d) pellets concentración 2%.

De acuerdo con estudios de aplicación de aglutinantes orgánicos para la producción de pellets se recomienda para mejorar la durabilidad y la aglomeración a recomendado entre 1 a 5% [32], otro estudio de influencia de aglutinante en la fabricación de pellets señala que debe de ser inferior al 10% esto debido a que un porcentaje mayor afecta su producción [33], otro estudio de optimización del proceso de pellets ha mostrado que para cada tipo de biomasa lignocelulósica se requieren distintas concentraciones de aglutinante los rangos más óptimos reportados están entre 0 a 10% [34]. De acuerdo con los resultados obtenidos para esta investigación para mejorar la calidad de los pellets es necesario agregar aglutinante para mejorar su durabilidad. Además de acuerdo con datos previos en otras investigaciones, se recomienda el uso de la *Bursera cuneata* para diversificar la matriz energética al ser un residuo Biomasa lignocelulósica con propiedades adecuadas para su aprovechamiento bioenergético [18], [28].

3. RESULTADOS

De acuerdo con la investigación realizada el residuo lignocelulósico de copalillo (*Bursera cuneata*) generado en la comunidad de Tócuaro, Michoacán, México representa opción viable para la producción de biocombustibles sólidos densificados pellets, al presentar características físico-químicas propias de biocombustibles sólidos para, su aprovechamiento energético. Los análisis demuestran que mediante la incorporación de aglutinante se logra la

cohesión estructural para pellets, con una concentración del 2 % aglutinante, este porcentaje ofrece la mejor practica productiva, al evitar obstrucciones en la matriz y permitir una formación homogénea del biocombustible. Los resultados evidencian el potencial del material para ser integrado en la matriz energética comunitaria para la obtención de bioenergía, de esta manera se podría reducir la dependencia de combustibles fósiles tradicionales y avanzar hacia el desarrollo sustentable. Para futuras investigaciones deberán profundizar en calidad de combustibles densificado tipo pellet, como son las características de durabilidad mecánica, comportamiento en combustión y emisiones con el fin de consolidar su adopción en sistemas locales para la cocción de alimentos y calefacción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Intercultural Indígena de Michoacán igualmente a la SECITHI por la beca estudios de doctorado Número de apoyo 4014378.

REFERENCIAS

- [1] D. Kindzera, V. Kochubei, and R. Hosovskyi, "Sustainable utilization of post-extraction residual biomass for solid biofuel production," *S Afr J Chem Eng*, vol. 54, pp. 70–78, Oct. 2025, doi: 10.1016/J.SAJCE.2025.07.008.
- [2] P. Pablo-Romero et al., "A Global Assessment: Can Renewable Energy Replace Fossil Fuels by 2050?," *Sustainability* 2022, Vol. 14, Page 4792, vol. 14, no. 8, p. 4792, Apr. 2022, doi: 10.3390/SU14084792.
- [3] B. Segers et al., "Lignocellulosic biomass valorisation: a review of feedstocks, processes and potential value chains and their implications for the decision-making process," *RSC sustainability*, vol. 2, no. 12, pp. 3730–3749, 2024.
- [4] D. C. Makepa and C. H. Chihobo, "Sustainable pathways for biomass production and utilization in carbon capture and storage—a review," *Biomass Conversion and Biorefinery* 2024 15:8, vol. 15, no. 8, pp. 11397–11419, Aug. 2024, doi: 10.1007/S13399-024-06010-5.
- [5] H. Tambunan and M. Fahmi, "Characteristics of Agricultural and Plantation Wastes as Solid Biomass Energy Feedstock: A Systematic Review," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 10, no. 2, pp. 150–161, 2025.
- [6] M. Morales-Máximo and J. G. Rutiaga-Quiñones, "Analysis and utilization of lignocellulosic materials for the generation of solid biofuels from the Purépecha Plateau in the state of Michoacán, Mexico," *Results in Engineering*, vol. 26, p. 105230, Jun. 2025, doi: 10.1016/J.RINENG.2025.105230.
- [7] M. Kashif, M. A. Sabri, M. Aresta, A. Dibenedetto, and F. Dumeignil, "Sustainable synergy: unleashing the potential of biomass in integrated biorefineries," *Sustain Energy Fuels*, vol. 9, no. 2, pp. 338–400, Jan. 2025, doi: 10.1039/D4SE01293C.
- [8] INEGI, "Censo de Población y Vivienda 2020." Accessed: Dec. 06, 2022. [Online]. Available: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/?ps=micrdatos>
- [9] L. B. López-Sosa, M. Morales-Máximo, J. Rutiaga-Quiñones, and A. Aguilera-Mandujano, "Methodology for the evaluation of the potential of solid biofuels, their environmental impacts, and applications in end-use technologies in developing countries," *Biofuels and Sustainability: Life Cycle Assessments, System Biology, Policies, and Emerging Technologies*, pp. 105–118, Jan. 2025, doi: 10.1016/B978-0-443-21433-2.00011-6.
- [10] UNE-EN 14774-1, "Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido de humedad," in Parte 1: Humedad total, AENOR., Madrid, España, 2010, p. 10.
- [11] UNE-EN 14775, "Biocombustibles sólidos," in Método para la determinación del contenido de cenizas, AENOR., Asociación Española de Normalización y Certificación, Ed., Madrid, España, 2010, p. 10.
- [12] A. Standard, "Standard Test Methods for Proximate Analysis of Coal and Coke by Macro Thermogravimetric Analysis," 2013, ASTM International West Conshohocken, Pa, USA.
- [13] R. García, C. Pizarro, A. G. Lavín, and J. L. Bueno, "Bioresource Technology Characterization of Spanish biomass wastes for energy use," *Bioresource Technology*, vol. 103, pp. 249–258, 2012, doi: 10.1016/j.biortech.2011.10.004.