

Circularidad y sostenibilidad con residuos biomásicos de poda de árboles ornamentales mediante procesos térmicos de pirólisis

L. Taboada-Ruiz¹, R. Pardo¹, B. Ruiz¹, M. Díaz-Somoano¹, L.F. Calvo², S. Paniagua^{3,4}, E. Fuente¹

¹Biocarbon, Circularity & Sustainability (BC&S), Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR), CSIC. C/Francisco Pintado Fe, 26. 33011, Oviedo, España

²Universidad de León, Departamento de Química y Física Aplicada, Área de Ingeniería Química, IMARENABIO. Avda. Portugal 41, 24071, León, España

³Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid., Paseo Belén 7, 47011, Valladolid, España

⁴Instituto de Procesos Sostenibles, Universidad de Valladolid, Dr. Mergelina s/n, 47011, Valladolid, España

l.taboada@incar.csic.es

Palabras clave: pirólisis flash, pirólisis convencional, biomasa, biocombustible.

Introducción

La escasez de recursos energéticos y el calentamiento global de la tierra, ha suscitado la búsqueda de nuevas fuentes de energía que sean renovables, adquiriendo interés el aprovechamiento energético de residuos lignocelulósicos como posibles fuentes de energía renovables y como materias primas capaces de sustituir a los combustibles fósiles.

El objetivo de este trabajo fue estudiar diferentes estrategias con procesos de pirólisis como un método eficiente y sostenible del aprovechamiento energético de residuos de poda de árboles y, alternativo a su incineración o acumulación en vertedero.

Experimental

En el estudio se utilizaron dos residuos biomásicos de poda de árboles ornamentales de la cornisa cantábrica: Castaño de Indias (CI) y Falsa Acacia (FA). Los residuos de poda, ramas sin hojas, se recogieron aleatoriamente para garantizar su representatividad. Se secaron al aire dos días y en secadero a 40°C. Se prepararon con una desmenuzadora eléctrica (astillas) y con un molino de disco para obtener el tamaño adecuado (<1 mm).

La humedad y las cenizas de los residuos se determinaron en un analizador termogravimétrico LECO TGA 701. El análisis elemental (C-H-N-S) se realizó en un analizador automático LECO CHN-2000 y en un LECO Sulphur Determination S-144-DR. El contenido de oxígeno se calculó por diferencia. El poder calorífico de los residuos de biomasa se estudió en un calorímetro adiabático IKA C4000. El análisis cromatográfico del gas y el bioaceite se hizo en un cromatógrafo de gases Agilent 7890A.

La metodología de pirólisis está basada en la utilizada en trabajos previos del grupo de investigación [1]. La pirólisis convencional y flash de los residuos se realizó en un sistema experimental constituido por: a) horno eléctrico tubular horizontal b) medidor de flujo de gas c) reactor de cuarzo tubular con dispositivo para introducir la navicilla y la muestra a pirolizar d) condensadores para recoger el bioaceite y e) bolsa Tedlar para recoger gas.

Resultado y discusión

Los resultados de la caracterización química de los residuos forestales (CI-FA), Tabla 1, muestran que tienen una composición química parecida. El contenido de ceniza es bajo (<2,85%) lo que los hace adecuados como materia prima para procesos de pirólisis (esta variable se concentra en el bio-char). El contenido de carbono (≈49%) es elevado, lo que posibilita una buena conversión energética. El contenido de nitrógeno y azufre es bajo.

Tabla 1. Análisis elemental de los residuos lignocelulósicos (CI-FA)

Residuo Forestal	Cz %, bs	C %, bs	N %, bs	S %, bs	PCS MJ/kg	PCI MJ/kg
CI	2,85	49,09	0,79	0,06	19,5	18,3
FA	1,81	49,07	1,05	0,09	19,3	18,1

El análisis termogravimétrico de los residuos, realizado en termobalanza, permite seleccionar las variables experimentales óptimas a utilizar en la pirólisis. Pirólisis convencional (PC): flujo de N₂ de 100ml/min, rampa de calentamiento de 25°C/min, temperatura máxima de 750°C y tiempo de permanencia de una hora. Pirólisis flash (PF): temperaturas máximas de 750°C y 850°C. Finalizada la pirólisis se obtienen tres fracciones: biocarbón o bio-char, bioaceite o bio-oil y gas.

La caracterización química de los biochars mostró que son muy similares entre si independientemente del residuo o del tipo de pirólisis; tienen un alto contenido en carbono (82-85%) y bajo contenido en nitrógeno (<1,9%) y azufre (<0,15%). Pueden ser utilizados como aditivos para el suelo, biocombustibles o como precursores de carbones activados.

Los bioaceites son de naturaleza orgánica y tienen una composición química muy diferente en función del tipo de pirólisis. Los bioaceites obtenidos por PC están constituidos en su mayoría por hidrocarburos aromáticos de un solo anillo de benceno (≈80%) y por compuestos no aromáticos; los bioaceites de PF contienen hasta un 95% de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), como antraceno fenantreno, pireno etc. Los bioaceites tienen un gran potencial para la síntesis de compuestos orgánicos.

La composición de los gases de pirólisis varía mucho con el tipo de pirólisis. Los gases de PC presentan un elevado contenido de CO₂ (52-60%) mientras que en los gases de PF disminuye el CO₂ (20-24%) y aumenta el contenido de gases combustibles (H₂, CH₄, C₂H₄). La diferente composición de los gases hace que el poder calorífico de los gases flash (15,8-18 MJ/kg) triplique al de los gases convencionales (5,1-6,1 MJ/kg).

Conclusiones

La pirólisis convencional y flash destacaron como procesos sostenibles de aprovechamiento energético de residuos lignocelulósicos de poda de árboles, evitando los problemas ambientales derivados de los residuos y utilizándolos como materia prima en la obtención de productos de alto valor añadido (biocombustibles y biomateriales). Todo ello enmarcado en un escenario respetuoso con el medio ambiente.

Agradecimientos

L. Taboada-Ruiz agradece al CSIC la Beca JAE INTRO ICU 2021 [Ref. JAEIntro2021-INCAR-3]. Los autores agradecen al Principado de Asturias (FICYT, ayudas a grupos de investigación, AYUD/2021/51379) y al Ministerio de Ciencia e Innovación de España ("Proyectos Transición Ecológica y Transición Digital, 2021", TED2021-131713B-I00) el apoyo económico.

Referencias

[1] A. Pérez, B. Ruiz, E. Fuente, L. Fernando Calvo, S. Paniagua. Pyrolysis technology for Cortaderia selloana invasive species. Prospects in the biomass energy sector, Renew. Energ. 169 (2021) 178-190. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.015>