

# Energía renovable con residuos de biomasa de la industria alimentaria asturiana. Gestión sostenible con procesos térmicos de pirólisis

E. Ciurcina<sup>1</sup>, E. Fuente<sup>1</sup>, S. Paniagua<sup>2,3</sup>, L. Taboada-Ruiz<sup>1</sup>, L.F. Calvo<sup>4</sup>, M. Díaz Somoano<sup>1</sup>, B. Ruiz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR), CSIC. C/ Francisco Pintado Fe, 26. 33011, Oviedo, España

<sup>2</sup>Departamento de Física Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad de Valladolid, Paseo Belén 7, 47011, Valladolid, España

<sup>3</sup>Instituto de Procesos Sostenibles, Universidad de Valladolid, Dr. Mergelina s/n, 47011, Valladolid, España

<sup>4</sup>Universidad de León, Departamento de Química y Física Aplicada, Área de Ingeniería Química, IMARENABIO. Avda. Portugal 41, 24071, León, España

leonora.c@incar.csic.es

Palabras clave: Residuos biomásicos, pirólisis, biocombustible, bioenergía.

## Introducción

La escasez de recursos energéticos y el calentamiento global de la tierra, causado por el incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera debido a la utilización de combustible fósiles, han propiciado la necesidad de buscar alternativas para la obtención de energía y materias primas. El objetivo principal de este trabajo de investigación es estudiar el aprovechamiento energético, mediante pirólisis convencional (PC) y pirólisis flash (PF), de dos residuos biomásicos de la industria asturiana: mazorca de maíz, sin granos, (CC) y residuo de macroalga "Gelidium corneum" (AM) utilizada para obtener industrialmente agar-agar. Cada residuo de biomasa sometido al proceso de pirólisis generó tres fracciones: una sólida (biocarbón o *bio-char*), una líquida (bioaceite o *bio-oil*) y una gaseosa (gas). Estas fracciones se cuantificaron y caracterizaron para evaluar su posible aplicación como biocombustibles o como precursores de biomateriales.

## Experimental

La metodología utilizada en la pirólisis se basó en otros trabajos previos del grupo de investigación relacionados con pirólisis de biomasa [1,2]. Los experimentos de PC y PF se llevaron a cabo en un horno tubular horizontal. Para la PC se usó un flujo de N<sub>2</sub> de 100ml/min, una rampa de calentamiento de 25°C/min, y una temperatura final de 750°C durante 1h. Para la PF la muestra se introdujo instantáneamente cuando el horno llegó a la temperatura objetivo (750°C y 850°C). Las fracciones generadas en el proceso de pirólisis y la biomasa de partida se caracterizaron mediante diferentes técnicas de análisis químico y morfológico. Los contenidos de C, H, N de las muestras se determinaron en un equipo automático LECO CHN-2000, mientras que para el S se utilizó un equipo LECO S-144-DR. El contenido en O se calculó por diferencia. El análisis cromatográfico, tanto de la fracción gaseosa como de la fracción condensable o líquida (gas y bio-aceite), se realizó en un cromatógrafo de gases Agilent 7890A.

## Resultado y discusión

Los resultados del análisis químico del CC y AM se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición elemental de los residuos de biomasa y poder calorífico

Muestra	Ceniza (%, bs)	C (%, bs)	H (%, bs)	N (%, bs)	PCS (MJ/kg)
CC	1,16	48,19	5,91	0,4	17,01
AM	10,58	43,15	5,43	4,27	16,28

bs=base seca.

Ambos residuos poseen un alto contenido en C (43-48%), lo que puede ser indicativo de una buena conversión energética; el contenido en cenizas es moderado en AM (10,58%) y muy bajo en CC (1,16%) lo que indica una presencia reducida de materia mineral, lo cual podría ser beneficioso para ciertas aplicaciones.

Los resultados obtenidos del rendimiento (%) están en línea con lo obtenido previamente en otros trabajos del grupo de investigación, donde los procesos de pirólisis flash parecen estar relacionados con una mayor formación de gas. El poder calorífico de los gases originados en las PF es del orden de tres veces superior a los de la PC, debido principalmente al incremento de gases combustibles (CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>).

En las muestras de bio-aceites se detectaron, en cada una de ellas, entre 40 y 50 compuestos orgánicos diferentes; en los bioaceites de la PC predominaron los hidrocarburos aromáticos de un solo anillo (74%) mientras que en los de las pirólisis flash (PF750 y PF850) predominaron los HAPs (hidrocarburos aromáticos policíclicos). Las muestras de bio-char presentan un contenido elevado de carbono (89-91% y 62% en los biocarbones de CC y AM, respectivamente). Cuanto mayor es el contenido en C, mayor es el poder calorífico del bio-char.

## Conclusiones

La pirólisis flash es el método más fácilmente escalable a nivel industrial. En general, las PF a 750°C y 850°C presentan resultados muy similares, por lo que en aplicaciones industriales sería preferible trabajar a temperaturas más bajas ya que implicaría un importante ahorro energético. Las muestras de bio-char, especialmente los derivados de CC, presentan un alto contenido en carbono y muy bajo contenido en materia mineral, por lo que serían buenos precursores de materiales adsorbentes carbonosos y una alternativa a su posible uso energético. En general, los procesos térmicos de pirólisis aplicados a los residuos biomásicos de la industria agroalimentaria asturiana nos permiten proponer las estrategias más adecuadas para un aprovechamiento energético óptimo.

## Agradecimientos

Eleonora Ciurcina agradece al Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) la Beca JAE INTRO ICU 2021 [Ref: JAEICU21-INCAR-9], Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia. Principado de Asturias, Programa Investigo. (Referencia: 032022004265). Los autores agradecen el apoyo económico 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). Los autores agradecen a la empresa Roko S.A. y Molinos de la Veiga, Asturias-España, por facilitar el residuo industrial, residuo de macroalgas y de mazorcas de maíz, respectivamente.

## Referencias

- [1] W. Saadi, S. Rodríguez-Sánchez, B. Ruiz, S. Souissi-Najar, A. Ouederni, E. Fuente. Pyrolysis technologies for pomegranate (*Punica granatum* L.) peel wastes. Prospects in the bioenergy sector. Renew. Energy 136 (2019) 373–382. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.017>
- [2] N. Ferrera-Lorenzo, E. Fuente, J.M. Bermúdez, I. Suárez-Ruiz, B. Ruiz. Conventional and microwave pyrolysis of a macroalgae waste from the Agar-Agar industry. Prospects for bio-fuel production. Bioresour. Technol. 151 (2014) 199–206. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.10.047>