

Estudio preliminar de la caracterización energética de la poda de limón en la provincia de Tucumán

Gisela F. Diaz*, Gimena Zamora Rueda*, Marina G. Mistretta*, Cynthia E. Gutiérrez*,
Florencia L. Peralta*, Marcos Golato* y Dora Paz*

RESUMEN

La industria cítrica en Tucumán ocupa los primeros puestos a nivel mundial; actualmente el suministro de gas natural a la industria sufre de cortes en época de zafra, pudiendo esto ser solucionado con el aprovechamiento energético de los residuos del cultivo. El objetivo de este trabajo fue caracterizar energéticamente muestras de poda verde y poda seca de limoneros de Tucumán. Los resultados para poda verde fueron: 40,64% de humedad; 2,68% de cenizas; 79,52% de sólidos volátiles; 17,80% de carbono fijo; 0,08% de cloro total; 0,15% de azufre total; y 18.329 kJ/kg de poder calorífico superior. Las temperaturas iniciales de fusibilidad fueron mayores a 1.500°C. En conclusión, se obtuvieron resultados similares en comparación con estudios de poda de limoneros de España, con excepción del contenido de azufre y carbono fijo y un punto de fusión de cenizas superior. Estos resultados clasifican la poda de limoneros de Tucumán como apta para su uso como combustible.

Palabras clave: biomasa residual, poda verde - poda seca.

ABSTRACT

Preliminary study of the energetic characterization of lemon pruning in the province of Tucumán

The citrus industry in Tucumán holds leading positions worldwide. Currently the supply of natural gas to industry comes into deficit in harvest season; this can be solved with the use of crop residues. The aim of this work was to characterize energetically samples of fresh pruning and dry pruning from lemon cultivation in Tucumán. The results for green pruning were: 40.64% moisture; 2.68% ash; 79.52% volatile solids; 17.80% fixed carbon; 0.08% of total chlorine; 0.15% total sulfur; 18.329kJ / kg of high calorific value, and initial fusibility temperatures were higher than 1,500 °C. In conclusion, similar results were obtained compared to studies of pruning lemon trees of Spain, with the exception of sulfur and fixed carbon content and a higher melting point of ash. The results classify this biomass as suitable to be used as fuel.

Key words: residual biomass, fresh pruning - dry pruning.

Artículo recibido: 12/07/17 y Aceptado: 02/10/17.

* Sección Ingeniería y Proyectos Agroindustriales, EEAOC. gdiaz@eeaoc.org.ar

INTRODUCCIÓN

Desde comienzos del actual siglo, Argentina viene impulsando el desarrollo de fuentes de energía renovables, en concordancia con el orden internacional, para el abastecimiento energético del país. Entre otras medidas y con el fin de bajar el gran consumo de combustibles de origen fósil, el gobierno planteó como objetivo para finales del año 2017 una participación del 8% de las energías renovables en la matriz energética.

Durante el año 2013 Argentina fue el principal país productor e industrializador y el tercer exportador de limón (Paredes et al., 2014), como viene ocurriendo desde hace unos años. Tucumán concentra anualmente alrededor del 87% de la producción y el 86% de la superficie total de la Argentina destinada al cultivo de limón, lo que posiciona a la provincia como el centro productor más importante de este cítrico (Paredes et al., 2013). Uno de los principales consumos de energía del procesamiento del limón tiene lugar en el secado de cáscara empleando gas natural. Este combustible entra en déficit en época de zafra, ocasionando cortes en el suministro a las industrias. Una solución a esta problemática es el aprovechamiento de la biomasa residual generada por el propio cultivo del limón a través de las actividades de poda y renovación de plantaciones. Esta biomasa de origen leñosa se genera en grandes cantidades y actualmente se quema a cielo abierto, pudiendo ser aprovechada mediante la combustión directa o la gasificación: un proceso termoquímico de conversión de un sólido o líquido en gas combustible mediante combustión incompleta; este gas puede ser empleado para generar energía eléctrica o bien como energía térmica.

La caracterización de la biomasa es útil para predecir el comportamiento o las dificultades que pueden presentarse en las diferentes etapas por las que debe atravesar para poder ser aprovechada energéticamente. El análisis inmediato, la composición de cenizas y la fusibilidad de estas, entre otros parámetros químicos, determinan el comportamiento de la biomasa durante los procesos termoquímicos. Mediante el análisis inmediato se obtienen los contenidos de humedad, cenizas volátiles y carbono fijo. Estos últimos componentes representan la fracción de la biomasa en la cual la energía química se almacena, de vital importancia para su uso como combustible. Las cenizas están compuestas principalmente por elementos inorgánicos en forma de minerales (carbonatos, silicatos, aluminosilicatos, etc.) o en formas vítreas con estructura amorfa. El empleo de biomasa como combustible genera cenizas que pueden depositarse obstruyendo el paso de los gases o fundirse

en paredes y sistemas de evacuación de cenizas, pudiendo perjudicar el proceso de transferencia de calor, la fluido-dinámica y las partes móviles del sistema. La humedad, como parámetro físico, influye en el diseño de los equipos y en la necesidad de un pre-tratamiento. La poda de los residuos forestales frescos suele presentar humedades elevadas, superiores al 40%, en base húmeda. Esto influye en el costo de transporte (representa un peso no útil), dificulta la molienda y disminuye la energía disponible, ya que se requiere de más energía para evaporar el agua. Por todo esto se recomienda utilizar biomasa seca como combustible. Finalmente, la determinación del poder calorífico como parámetro energético permite calcular la cantidad de energía química disponible que puede ser transformada en energía térmica de manera directa. (Nogués et al., 2010).

Debido al auge que experimentaron las energías renovables en los últimos tiempos, existen notables y numerosos estudios concernientes a la caracterización de biomasa residual para uso energético en el mundo, aunque poco se sabe específicamente en el caso de la poda de limoneros. En España, por ejemplo, la biomasa como combustible juega un importante rol en las políticas del país. García et al. (2012) analizaron muestras de biomasa de diferentes regiones de España y Austria con el fin de obtener una base de datos completa. Entre las muestras caracterizadas se encontraban las de árboles de limón que fueron seccionadas en hojas y ramas. La caracterización consistió en análisis elemental, análisis próximo y calorimetría. El análisis elemental para los árboles de limón arrojó contenidos de carbono y oxígeno de alrededor de 55% y 39% respectivamente, que inciden positivamente en el poder calorífico inferior del gas; además, el valor de nitrógeno encontrado de 0,54% fue inferior al promedio de las otras muestras de 3%, concluyendo que la emisión de NOx de la biomasa es irrelevante. Asimismo, el contenido de hidrógeno fue cercano al valor esperado de 6%. Se encontró un contenido de azufre de 0,33%, requisito para un buen combustible, ya que el azufre forma sulfatos que pueden generar cenizas o condensar en los sistemas de refrigeración del gas provocando corrosión.

El análisis próximo en ramas reveló un contenido de humedad inferior a 10%, cenizas inferior a 5%, volátiles superior a 75% (mayor que los combustibles fósiles) y carbón fijo inferior a 20%, todo esto adecuado para su uso como combustible. El poder calorífico superior resultó entre el promedio de las demás biomasa.

Melissari (2012), de la Universidad de Uruguay, analiza el comportamiento de las cenizas, y el impacto de

estas en sistemas de combustión de biomasa, con muestras de cenizas de chips de madera, corteza y cereales. El estudio se concentra en las características de la ceniza derivada de la combustión de biomasa, con particular atención en la química de transformaciones a alta temperatura y su efecto sobre las instalaciones. Se hace énfasis en los posibles problemas que ocurren cuando se adecuan las tecnologías de quemado de madera a cultivos energéticos, por ejemplo, de manera de evitar fallas catastróficas. Se concluye con recomendaciones sobre el manejo, control y prevención de problemas asociados a cenizas. Para chips de madera el contenido de cloro informado fue inferior a 0,05%, mientras que la temperatura de fusión de cenizas fue de 1500°C.

El objetivo de este trabajo es caracterizar energéticamente la biomasa residual proveniente de la actividad de poda del cultivo del limón en la provincia de Tucumán, tanto recién cortada como seca, para poder evaluar en estudios posteriores su empleo como combustible de calderas o como materia prima de gasificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionó un diseño de tipo cuantitativo, de investigación pura y descriptiva. Se analizaron muestras de poda verde (recién obtenida) y poda seca con aproximadamente dos meses de secado natural en suelo, provenientes de limoneros de fincas privadas de variedad Eureka en la provincia de Tucumán. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Ensayos y Mediciones Industriales (LEMI), de la Sección Ingeniería y Proyectos Agroindustriales de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC).

Las ramas obtenidas inicialmente fueron desprovistas de sus hojas y reducidas en su tamaño de manera manual. Luego se procedió a la determinación del

contenido de humedad en estufa marca ORL, con circulación de aire forzado y posterior molienda en molino de cuchilla tipo fresa marca Fritcher, hasta alcanzar la granulometría adecuada (aproximadamente 1 mm).

Para la determinación del análisis inmediato se procesaron muestras de 1 g con el equipo TGA 701, según norma ASTM D5142-02 modificada, obteniendo sólidos volátiles y cenizas en base seca, e infiriendo el contenido de carbono fijo por diferencia (ASTM D 5142-02, 2002). Luego se determinó el contenido de azufre y cloro según las técnicas especificadas por las normas ASTM D3177-02 modificada y ASTM D776-87 modificada, respectivamente (ASTM D 3177-02, 2002; ASTM E 776-87, 1987); el poder calorífico superior según la norma ASTM D 2015-96 con bomba calorimétrica automatizada marca IKA, modelo C5000, con operación adiabática (ASTM D 2015-96, 1996); y por último la temperatura de fusión de las cenizas según norma ASTM D1857-03 con el equipo analizador de fusibilidad de cenizas, marca LECO, modelo AF700, en atmósferas controladas: oxidante (CO₂ y O₂) y reductora (CO₂ y CO) (ASTM D 1857-03, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de los análisis de caracterización de las muestras.

El contenido de humedad de la poda seca es similar al encontrado en bibliografía (García et al., 2012), mientras que la humedad de las muestras de poda verde resultó en valores esperados (Nogués et al., 2010).

Se obtuvieron valores levemente inferiores de cenizas y ligeramente superiores en cuanto al contenido de volátiles, tanto para las muestras de poda verde como para las de poda seca con respecto a los encontrados en bibliografía de 4,7% y 76,7%, respectivamente (García et al., 2012).

El contenido de azufre fue menor al encontrado en

Tabla 1. Resultados de la caracterización de poda de limoneros de Tucumán.

Parámetro	Unidad	Poda verde	Poda seca
Humedad	% b.h.	40,64	9,16
Ceniza	% b.s.	2,68	3,77
Volátiles	% b.s.	79,52	81,02
Carbono Fijo	% b.s.	17,80	15,21
Azufre	% b.s.	0,15	0,18
Cloro	% b.s.	0,08	0,06
Poder calorífico superior	kJ/Kg	18.329	17.671

bibliografía para muestras de ramas de limoneros de 0,33% (García et al., 2012). Por otro lado, el contenido de cloro resultó del mismo orden de magnitud pero levemente superior a valores informados en estudios de astillas de madera, inferiores a 0,05% (Melissari, 2012).

El análisis del poder calorífico superior arrojó resultados congruentes con los encontrados en otras investigaciones de 17.564 J/g (García et al., 2012).

En cuanto al análisis de termofusibilidad de cenizas no se logró fundir las cenizas; es decir, resultó en temperaturas de fusión mayores al alcance del equipo de 1500°C, mientras que en estudios de chips de madera se observó una temperatura de fusión de 1500 °C (Melissari, 2012).

CONCLUSIONES

En conclusión se obtuvieron resultados similares en comparación con estudios de poda de limoneros de España, con excepción del contenido inferior de azufre y del contenido de carbono fijo levemente inferior, y un punto de fusión de cenizas mayor a 1500 °C. Estos valores clasifican la poda de limoneros de Tucumán como apta para ser empleada como combustible. Asimismo, el poder calorífico superior fue del orden esperado y en concordancia con valores de biomasa de origen leñoso. Por otro lado, el contenido de humedad de la biomasa recién cortada es demasiado elevado para poder hacer uso de esta como combustible en esas condiciones, ya que se debe gastar parte de la energía en el secado. Sin embargo, puede observarse que con solo dos meses de secado natural al aire libre es posible obtener una biomasa con humedad menor a la aceptable para su uso en calderas o gasificadores. Finalmente, el contenido de cloro supera los valores encontrados en bibliografía para chips de madera, aunque se encuentra en el mismo orden, no representando esto impedimento alguno para su empleo como combustible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan un especial agradecimiento al personal de las secciones Ingeniería (LEMI), Fruticultura y Mantenimiento de la EEAOC por su colaboración en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ASTM E 776-87. 1987.** Standard Test Method for Forms of Chlorine in Refuse-Derived Fuel.
- ASTM D 2015-96. 1996.** Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke by the Adiabatic Bomb Calorimeter. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- ASTM D 5142-02. 2002.** Standard Test Methods for Proximate Analysis of the Analysis Sample of Coal and Coke by Instrumental Procedures. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- ASTM D 3177-02. 2002.** Standard Test Methods for Total Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke.
- ASTM D 1857-03. 2003.** Standard Test Method for Fusibility of Coal and Coke Ash. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- García, R.; C. Pizarro; A. G. Lavín y J. L. Bueno. 2012.** Characterization of Spanish biomass wastes for energy use. *Bioresource Technology* 103: 249-258.
- Melissari, B. 2012.** Memoria de Trabajos de Difusión Científica y Técnica. Recuperado el 22 de Diciembre de 2015, de Comportamiento de cenizas y su impacto en sistemas de combustión de biomasa: http://www.um.edu.uy/docs/6_comportamiento_de_cenizas_y_suimpacto_en_sistemas_de_%20combustion_de_biomasa.pdf (consultado agosto de 2012).
- Nogués, S.; D. García-Galindo; A. Rezeau. 2010.** *Energía de la Biomasa (Volumen I)*, 1° edición, Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, pp 41-47.
- Paredes, V.; D. Pérez; G. Rodríguez; D. Figueroa y H. Salas. 2013.** Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. Producción y comercialización del limón de Tucumán en el año 2012. *Reporte Agroindustrial* 82.
- Paredes, V.; D. Pérez; H. Salas; G. Rodríguez y D. Figueroa. 2014.** Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. Producción, comercialización, gastos de implantación y producción del limón en Tucumán en las campañas 2013 y 2014. *Reporte Agroindustrial* 95.