

# Aprovechamiento energético de la biomasa del sorgo y valorización de subproductos

## Energy use of sorghum biomass and recovery of by-products

Presentación: 4 y 5 de Octubre de 2022

### Doctorando:

#### **Carlos E. Poncio**

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET) - Argentina  
cponcio@frc.utn.edu.ar

### Director/es:

#### **Horacio Falcon**

### Co-director/es:

#### **María Soledad Renzini**

#### **José Antonio Alonso**

## Resumen

En el presente trabajo se exponen los principales avances obtenidos hasta el momento de la presentación a estas Jornadas Doctorales. El objetivo de la tesis es estudiar la pirólisis catalítica de la biomasa proveniente del proceso de industrialización del sorgo (cáscara), usando como catalizadores compuestos de la familia de los pirocloros en especial los de estructura tipo  $(\text{H}_3\text{O})\text{SbTeO}_6$ , como así también las zeolitas tipo Y y, ZSM-11. El propósito fundamental es obtener altos rendimientos en la fracción líquida, ya sea para ser empleado como potencial combustible o como fuente de otros compuestos de interés para química fina. Todo este proceso se lleva a cabo en un horno pirolítico horizontal, empleando temperaturas en un rango comprendido entre los 300 °C y los 450 °C durante un máximo de 20 minutos.

Asimismo, se analizarán los productos gaseosos no condensables para su utilización como otra fuente de energía y del mismo modo se estudiará la potencialidad de usar al bio-carbón residual como mejorador de suelo o agente filtrante.

**Palabras clave** Biomasa, Pirólisis, Pirocloros, Catálisis, Biocombustibles.

## Abstract

In the present work the main advances obtained until the moment of the presentation to these Doctoral Conferences are exposed. The objective of the thesis is to study the catalytic pyrolysis of biomass from the industrialization process of sorghum (husk), using as catalysts compounds of the family of pyrochlores, especially those with a structure type  $(\text{H}_3\text{O})\text{SbTeO}_6$ , as well as zeolites. type Y and, ZSM-11. The fundamental purpose is to obtain high yields in the liquid fraction, either to be used as a potential fuel or as a source of other compounds of interest for fine chemicals. This entire process is carried out in a horizontal pyrolytic oven, using temperatures in a range between 300 °C and 450 °C for a maximum of 20 minutes.

Likewise, non-condensable gaseous products will be analyzed for their use as another source of energy and in the same way the potential of using residual bio-char as a soil improver or filtering agent will be studied.

**Keywords:** Biomass, Pyrolysis, Pyrchloros, Catalysis, Biofuels.

## Introducción

En la actualidad tenemos varios problemas acuciantes a nivel mundial y regional y también nacional, entre ellos el procesamiento de residuos y la matriz energética dependiente de combustibles fósiles. En este escenario surge la Química Verde o Química Sustentable, como búsqueda de alternativas que prevengan la contaminación, sin dejar de producir los materiales necesarios para mantener la calidad de vida de los seres humanos.

Atento a esto, hay un gran cambio de paradigma que se viene dando a todo nivel en lo referente a la apreciación de los residuos como tal, hoy se los considera como materia prima para la generación de compuestos de alto valor agregado o simplemente como fuente de combustible. Es por eso por lo que la biomasa proveniente de residuos de la agroindustria es una valorable fuente de materia prima para los procesos como los que se quiere estudiar en esta tesis.

Al hablar desde el punto de vista químico, la pirólisis es un proceso complejo. Generalmente, se lleva a cabo a través de una serie de reacciones en las que influyen muchos factores: la estructura y composición de la materia prima, la tecnología utilizada, la velocidad de calentamiento, el tiempo de residencia, la velocidad de enfriamiento y la temperatura del proceso.

La propuesta de esta tesis es estudiar la pirólisis de la biomasa procedente del procesamiento de las semillas de sorgo con la finalidad de obtener una fracción sólida (denominada bio-carbón), otra fracción líquida (denominada bio-aceite) y finalmente otra gaseosa (denominada gas pobre). Para lo cual se analizará el beneficio de la utilización de catalizadores ácidos termoestables del tipo pirocloro  $(H_3O)_xSb_xTe_{(2-x)}O_6$  ( $x= 1, 1,1$  and  $1,25$ ).

## Desarrollo

En esta etapa se ha buscado las normas que permiten caracterizar la composición de la biomasa, y así determinar la presencia de material soluble, tanto en agua como en etanol, mientras que se determinó la lignina, celulosa y por diferencia la hemicelulosa; para lo cual se utilizaron las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industries).

Además, aprovechando el convenio con el Instituto de Ciencias de Materiales de Madrid, se determinó la composición elemental de la biomasa y por último se determinó la humedad de la misma, los valores encontrados se detallan a continuación:

Biomasa: Sorgo Rojo

Composición Elemental

%C	45,37
%H	6,02
%N	1,23
%S	0,12
Cenizas (TAPPI 212)	9,64%
Humedad (TAPPI210)	12%

Extraíbles	32,47%
Lignina (TAPPI 222)	9,20%
Celulosa (Kurschner-Hoffer)	44,09%
Hemicelulosa (por diferencia)	2,24%

### Sistema de pirolítico

El sistema pirolítico consta de un horno horizontal de cuarzo donde por dentro se encuentra el reactor donde se coloca la biomasa y el catalizador en caso de usarse.



Figura 1. Fotografía del equipo de pirólisis rápida

Las condiciones de operación del equipo van desde los 350 °C hasta los 450 °C, con un tiempo de residencia que va hasta los 20min. Además de estas condiciones, el sistema se encuentra bajo condiciones de vacío a unos 40mmHg y con un flujo de gas inerte (N<sub>2</sub>) que se encuentra entre los 20 y 30 ml/min.

Los productos obtenidos de la pirólisis se condensan en una primera trampa que se encuentra refrigerada por debajo de los -20°C y con el fin de controlar que productos condensables no lleguen a la bomba que realiza el vacío se colocó otra trampa.

La trampa de líquido se lava con acetona y se pasa por un rotoevaporador para eliminar a la acetona y el agua condensada al mismo tiempo. Logrado esto se disuelve con acetona calidad HPLC y se acondiciona para su análisis por medio de cromatografía gaseosa.

El equipo se utiliza para el análisis es un cromatógrafo Varian 3800 acoplado con un detector de espectrómetro de masas con una columna capilar HP-5 de 30m x 0,250 mm Agilent de un centro de investigación de la UNC. El análisis de la cromatografía obtenida se realizará por comparación con la biblioteca NIST considerando un match superior a 80 %. Actualmente y aprovechando la existencia de cromatógrafo en este centro se desarrolló un método cromatográfico tratando de reproducir las cromatografías obtenidas con el Varian y por supuesto evitar la dependencia de un equipo que no pertenece al centro.

## Resultados

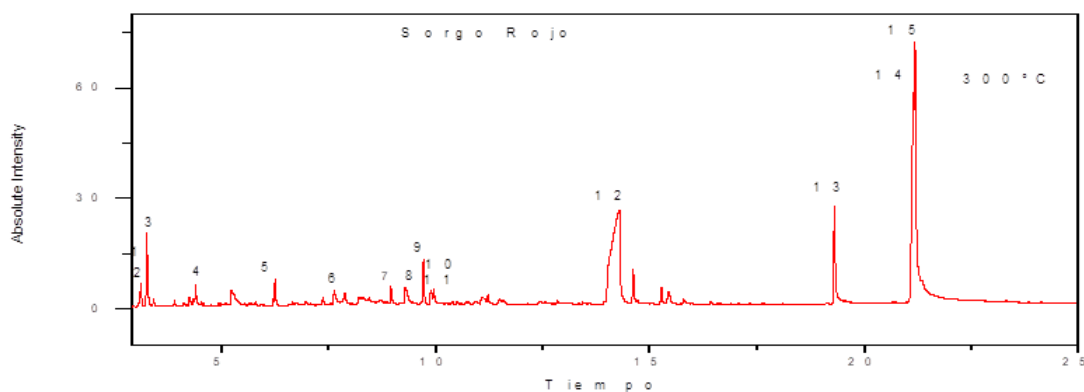


Figura 2 – Cromatograma con el cromatógrafo Varian

Pico	Tiempo	Compuesto	Match
1	3,077	Furfural	90
2	3,113	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	88
3	3,250	2-Furanmethanol	93
4	4,385	6-Oxa-bicyclo[3.1.0]hexan-3-one	87
5	6,240	D-Limonene	90
6	7,619	Glutaraldehyde	85
7	8,944	Xanthosine	88
8	9,272	Hydroquinone	79
9	9,704	1,4:3,6-Dianhydro-.alpha.-d-glucopyranose	91
10	9,881	3,4-Anhydro-d-galactosan	84
11	9,947	2,3-Anhydro-d-mannosan	91
12	14,272	1,6-Anhydro-.beta.-D-glucopyranose (levoglucosan)	94
13	19,294	n-Hexadecanoic acid	93
14	21,125	Linoelaidic acid	94
15	21,173	9-Eicosenoic acid, (Z)-	92

Tabla 1 – Composición del biooil obtenido a 300°C

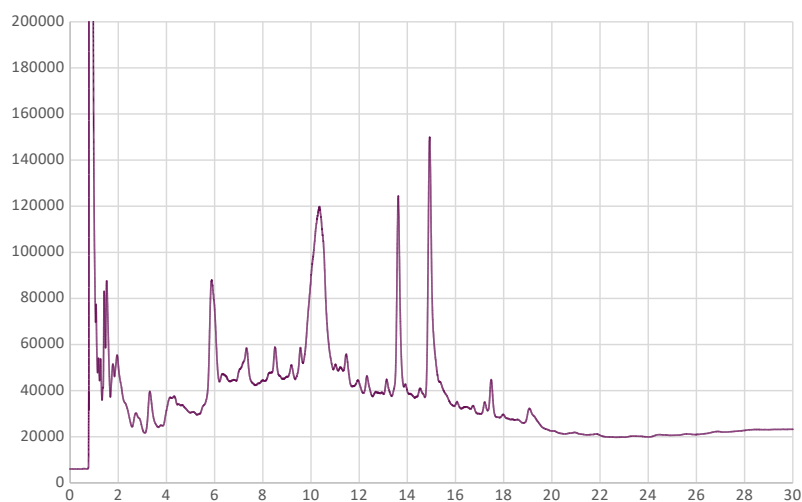


Figura 3 – Cromatograma obtenido con un HP5890 – Serie II - Plus

En la figura 3 se puede apreciar una cromatografía obtenida con el cromatógrafo que se encuentra en nuestro Centro. Si bien a simple vista parece reproducir la obtenida con el Varian falta resolver el tema de los livianos salen con poca definición.

### **Próximas acciones a ejecutar**

Instalar el sistema de captura del gas generado durante la pirólisis para su posterior análisis mediante el GC con detector TCD y FID.

Analizar la diferencia entre la pirólisis con biomasa seca y con biomasa natural.

Mejorar la cromatografía del biooil.

Armar el sistema de captación del gas de pirólisis y su posterior análisis.

Obtener una cantidad considerable para realizar una destilación del biooil y poder obtener distintos cortes con el fin de poder tener una separación más precisa con las cromatografías.

Analizar el efecto de los distintos catalizadores y encontrar las pautas que permitan una mejor selectividad a productos de alto interés como el levoglucosan.

## **Conclusiones**

Para poder entender el comportamiento de la biomasa frente a la pirólisis rápida resulta imprescindible conocer la composición de la misma para estudiar los posibles mecanismos de formación de los distintos compuestos encontrados en el biooil. Que si bien resulta indispensable realizar un GC-MS para determinar los compuestos que se forman se puede utilizar equipos convencionales y replicar las cromatografías obtenidas con el GC-MS.

## **Referencias**

Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M., Wagner, N., Gorini, R. (2019). The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*, 24, 38-50. doi.org/10.1016/j.esr.2019.01.006

Dufour, Anthony (2016), *Thermochemical Conversion of Biomass for the Production of Energy and Chemicals* (1ª ed). ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.

Asveld, L. (2019). Towards including social sustainability in green and sustainable chemistry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 19, 61–65. doi.org/10.1016/j.cogsc.2019.06.001

Clark, J.H. (2017). From waste to wealth using green chemistry: The way to long term stability. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 8, 10–13. doi.org/10.1016/j.cogsc.2017.07.008

Romero-Uscanga Erick, Montero-Alpírez Gisela, Toscano-Palomar Lydia, Pérez-Pelayo Laura, Torres-Ramos Ricardo, Beleño-Cabarcas Mary Triny. (2014). Determinación de los principales componentes de la biomasa lignocelulósica; celulosa, hemicelulosa y lignina de la paja de trigo para su posterior pretratamiento biológico. XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas Agricultura sustentable: Uso eficiente del agua, suelo y fertilizantes (2014)

Akubo, K., Anas Nahil, M., Williams, P.T. (2019). Pyrolysis-catalytic steam reforming of agricultural biomass wastes and biomass components for production of hydrogen/syngas. *Journal of the Energy Institute*, 92, 1987-1996. doi.org/10.1016/j.joei.2018.10.013.

Zabanioutou, A., Ioannidou, O., Antonakou, E., Lappas, L. (2008). Experimental study of pyrolysis for potential energy, hydrogen, and carbon material production from lignocellulosic biomass. *International Journal of Hydrogen Energy*, 33, 2433-2444. doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.02.080.