

Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis

Seminario Bioeconomía y Energías Renovables en el Crecimiento Verde

Cali, ICESI, 26 septiembre 2017

Natalia Afanasjeva, Química, M.Sc., Ph.D.
Profesora Asociada U. del Valle
Laboratorio de Química de fracciones pesadas

Mario Alvarez Cifuentes, Ing.Quim., M.Sc., Ph.D.
Consultor



Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis

Trabajos de investigación realizados en el
Laboratorio de Fracciones Pesadas
Dpto. de Química
Universidad del Valle



Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis

Líneas de investigación

- Descomposición térmica (Pirólisis)
- Biocombustibles y termoquímica de transformación de biomasa
- Caracterización f/q de fracciones livianas y pesadas
- Evaluación integral (GC, GCMS, HLPC, DTG, RMN) de fracciones
- Caracterización de coques y biochar
- Determinación de propiedades antioxidantes de fracciones livianas tipo biooil
- Valor agregado de fracciones de procesos térmicos (obtención de biopolímeros)

Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis

Trabajos realizados

Conversión pirolítica de los concentrados resino asfálticos de los crudos pesados colombianos (Tesis de maestría). Andrea González Córdoba

Conversión pirolítica a baja temperatura de bagazo de caña.
Tatiana González

Obtención de combustible a partir de borra de café
Denis Mauricio Ocampo

Obtención de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes vía pirólisis. Luis Castillo

Obtención de compuestos fenólicos via pirólisis como materia prima para la obtención de resinas fenol-formaldehido

Robinson Aristizábal

Propiedades termoquímicas de *saccarum officinarum*

Juan Manuel Pantoja

Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis

Trabajos en desarrollo

Caracterización de biochar o biocoque de pirólisis de bagazo de caña para cultivos hidropónicos.

Erika Romero

Extracción de polifenoles del bio-oil de la pirólisis del bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) mediante Retención en Fase Líquida asistida por Polímeros (RFLP)

Sebastian Viveros

Extracción de compuestos aniónicos del bio-oil de la pirólisis de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*) mediante Retención en Fase Líquida asistida por Polímeros

Katherine Mina Balanta

Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis



Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis



Sin tratar

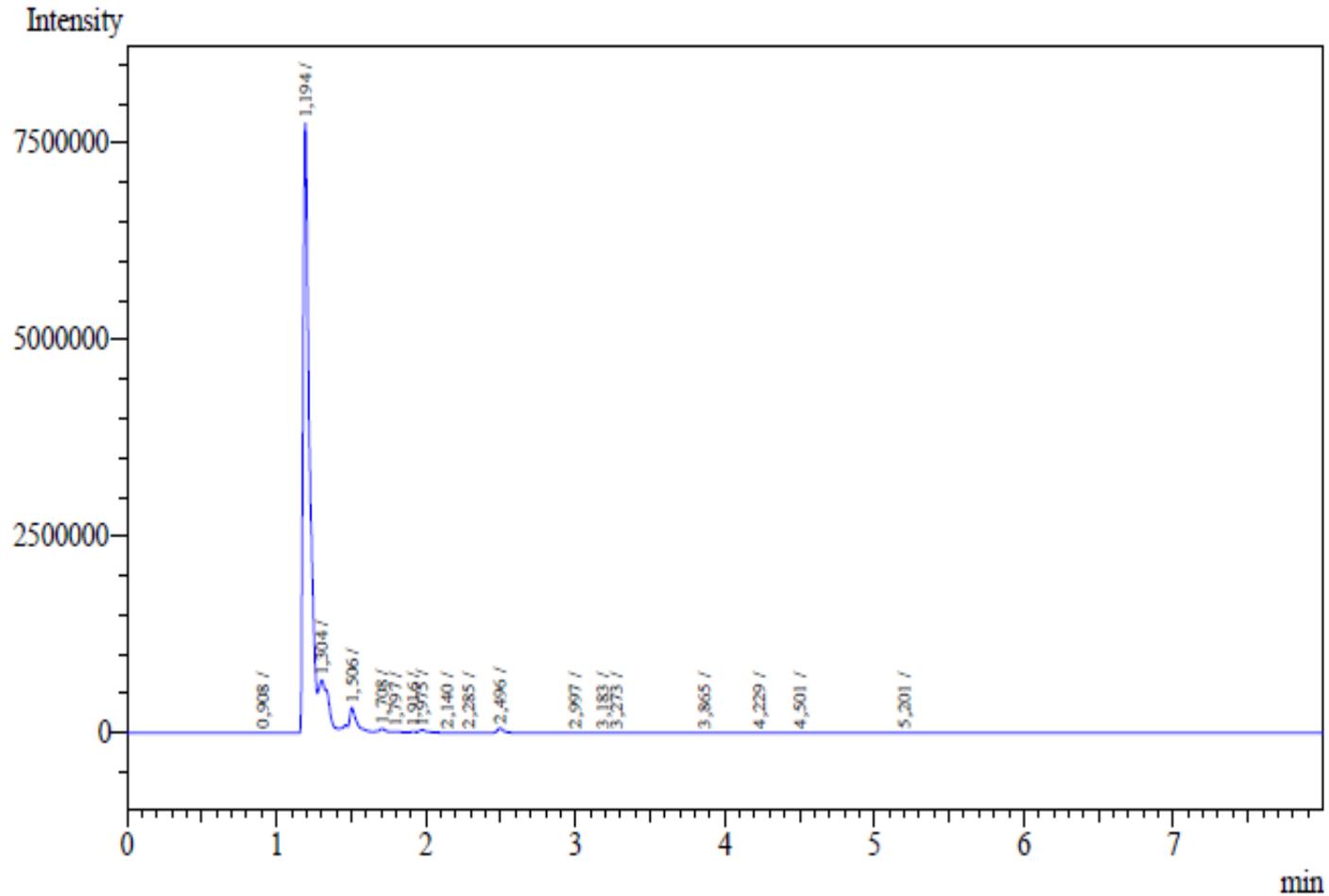
Después de la molienda

Tamizado

RESULTADOS DE LA PIROLISIS DEL BAGAZO DE CAÑA

Carga del reactor (g)	Tiempo (min)	Fracción	Temperatura (°C)			
			247	347	400	447
5.14	80	Líquida	11.99 %	16.03 %	18.98 %	20.99%
5.05	80	Sólida	41.47 %	41.78 %	40.75 %	39.16%
5.11	80	Gaseosa	46.54 %	42.19 %	40.28 %	39.85%

GC fracción gaseosa (FID)



GC Fracción líquida (bioaceite)

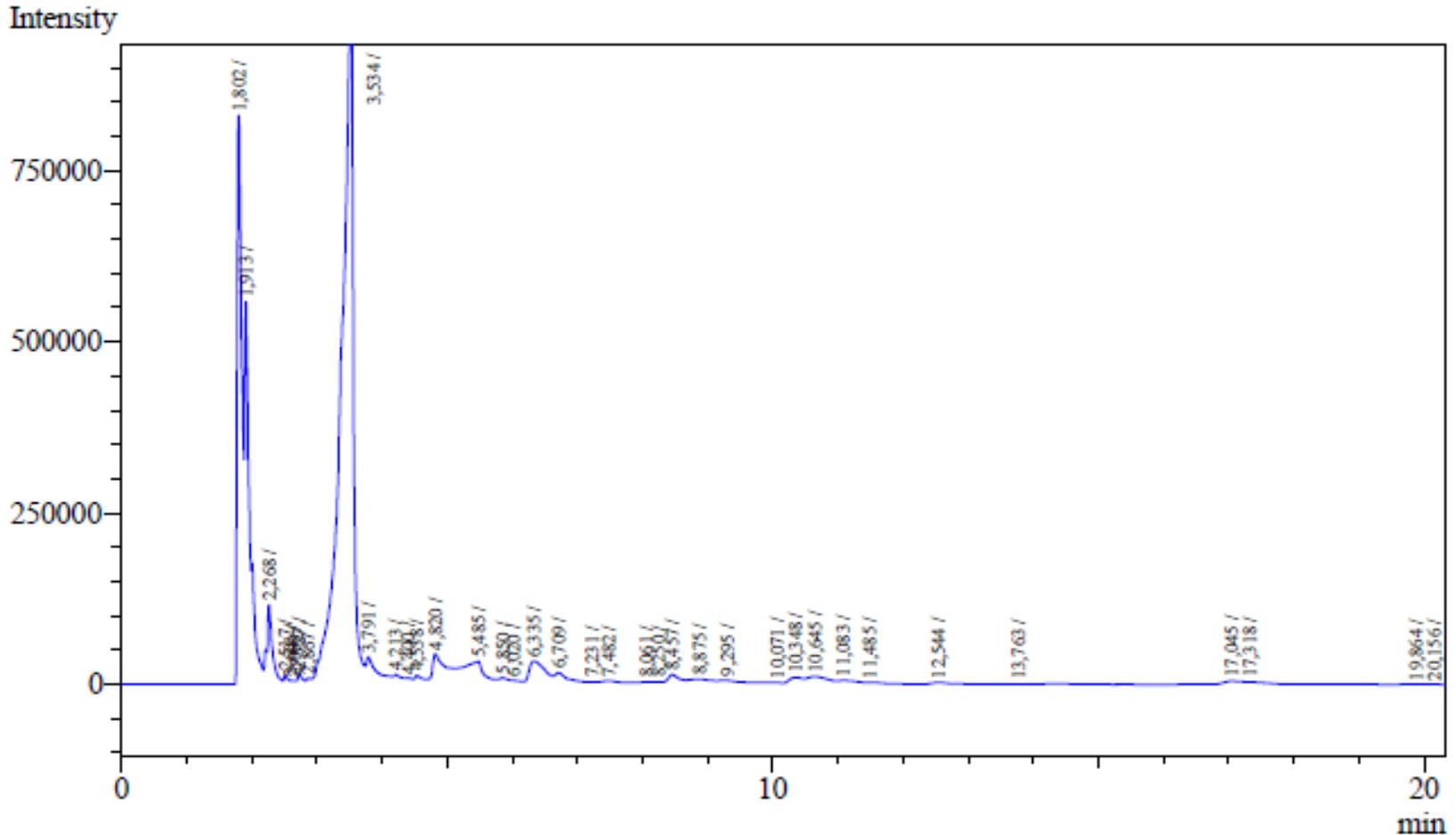


Figura 12. Cromatograma de gases de la fracción líquida de la pirolisis del bagazo de caña.

GC-MS fracción líquida (bioaceite)

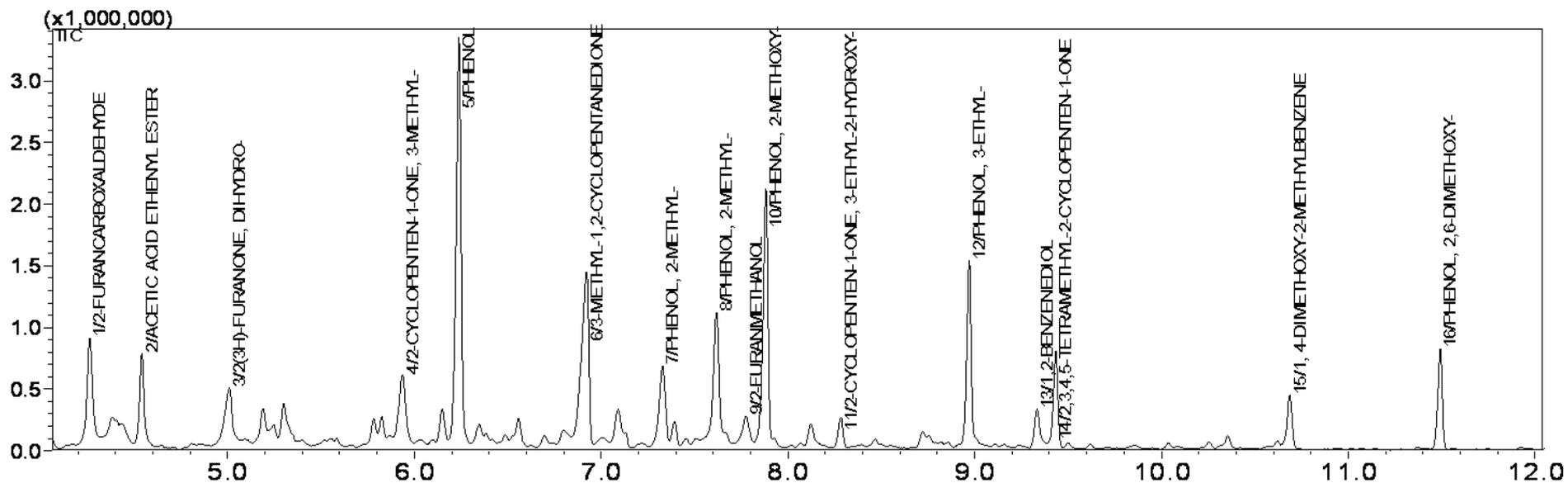


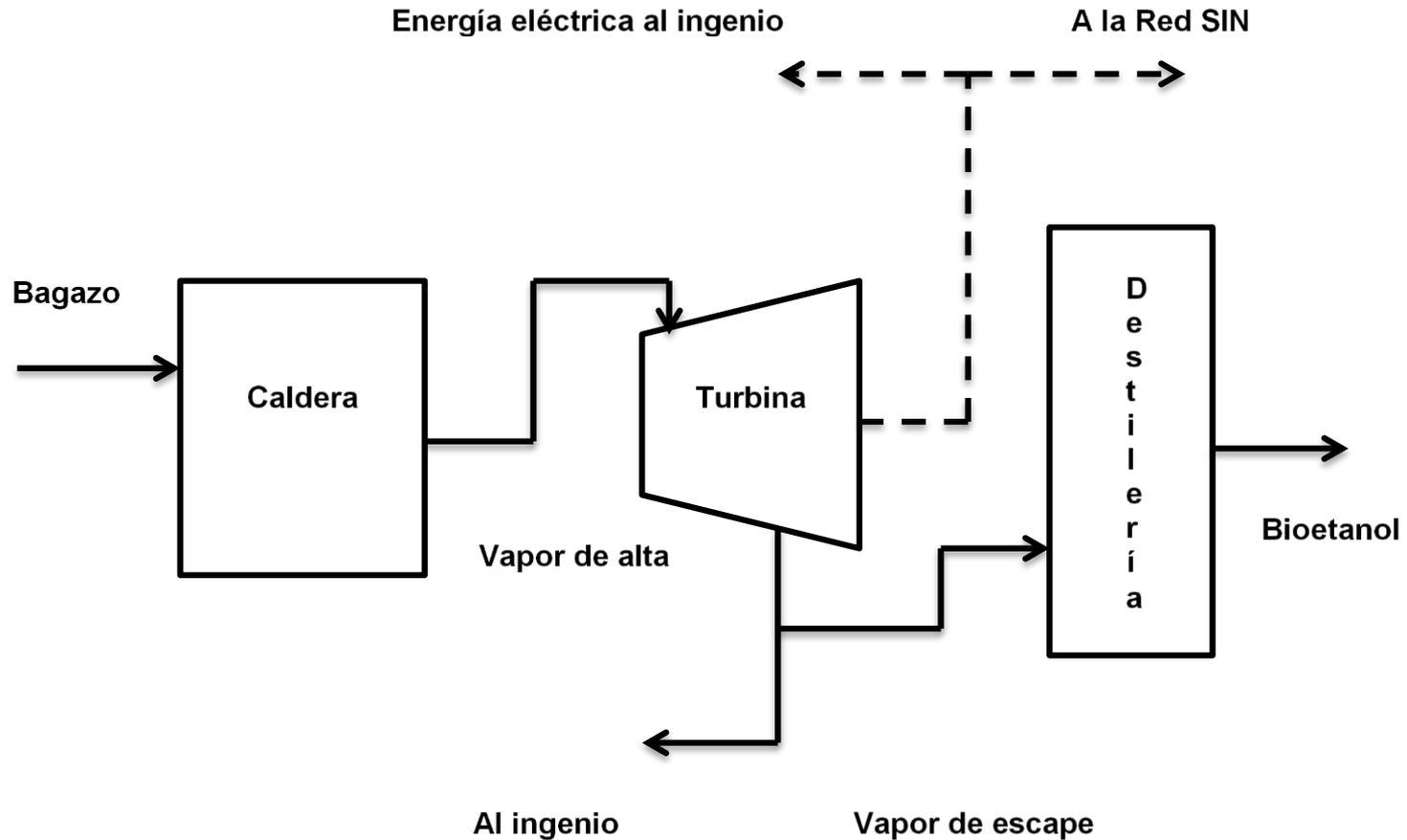
Figura 19. Cromatograma del extracto 2 de la muestra del líquido pirolítico.

Resultados y conclusiones preliminares

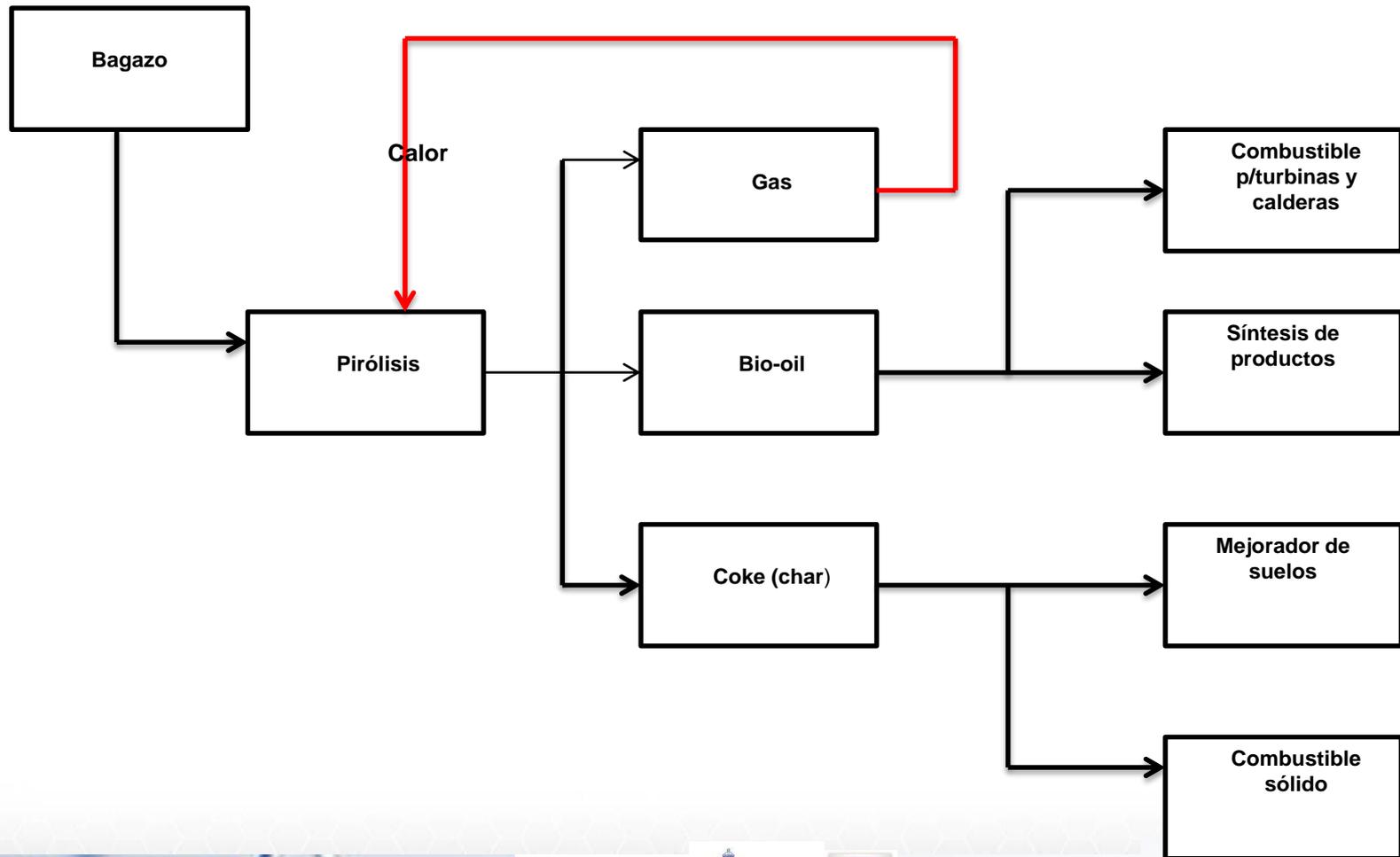
- En la pirólisis lenta del bagazo se obtienen claramente tres fracciones de interés energético
- La pirólisis del bagazo dio los mejores rendimientos de fracción líquida a 447^o C (21%)
- La aplicación de la analítica integral establece las principales características y composición química de estas fracciones
- La fracción líquida es rica en compuestos fenólicos lo cual la hace atractiva desde el punto de vista de obtención de productos de valor agregado
- La opción de integrar las corrientes a esquemas de biorefinerías debe valorarse como alternativa de eficiencia energética

Esquemas energéticos actuales

Esquema de cogeneración en ingenios colombianos



Esquema de aprovechamiento integral en biorefinería



Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis

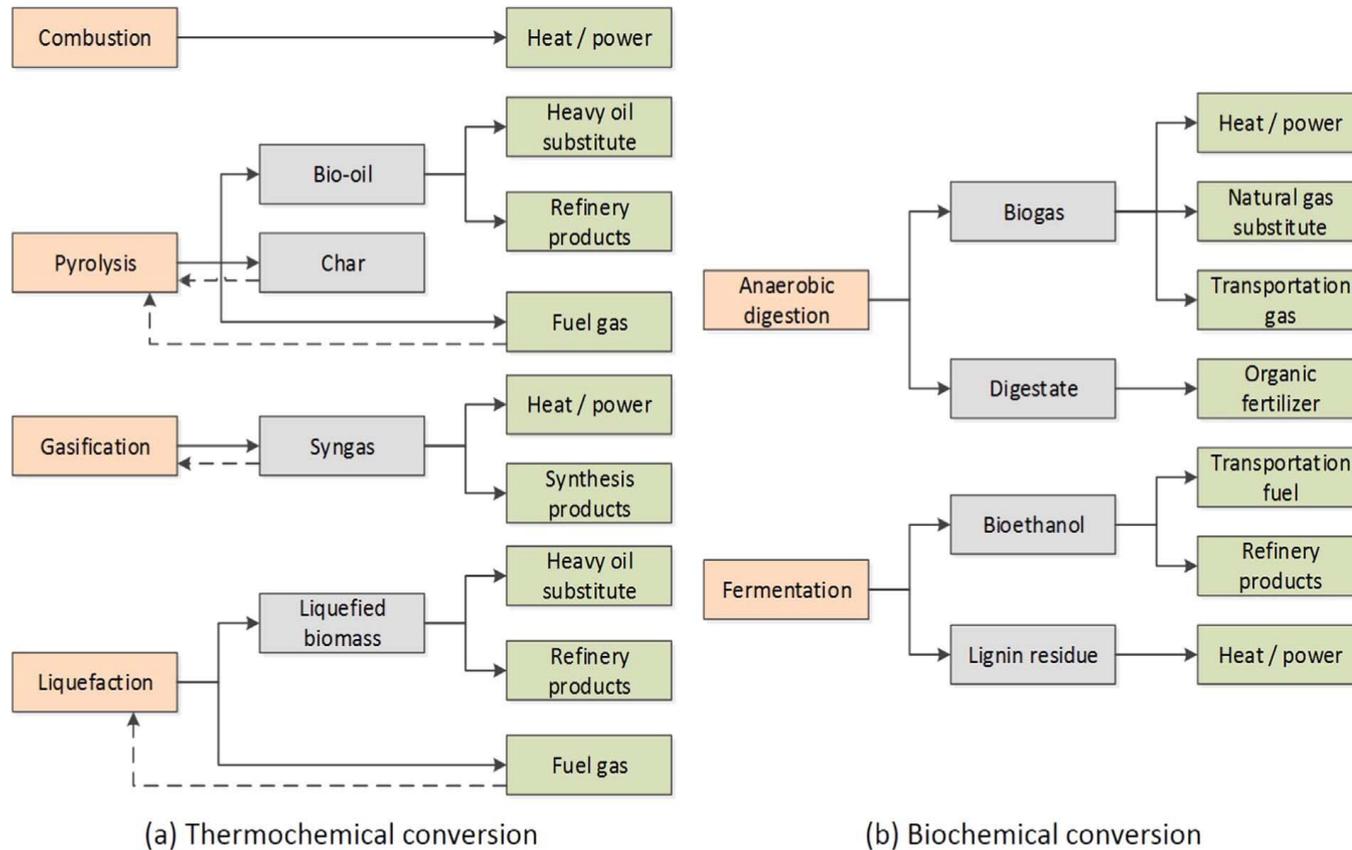


Fig. 1. Thermochemical and biochemical conversion of lignocellulosic biomass.

Aprovechamiento integral de la biomasa residual por medio de la pirólisis

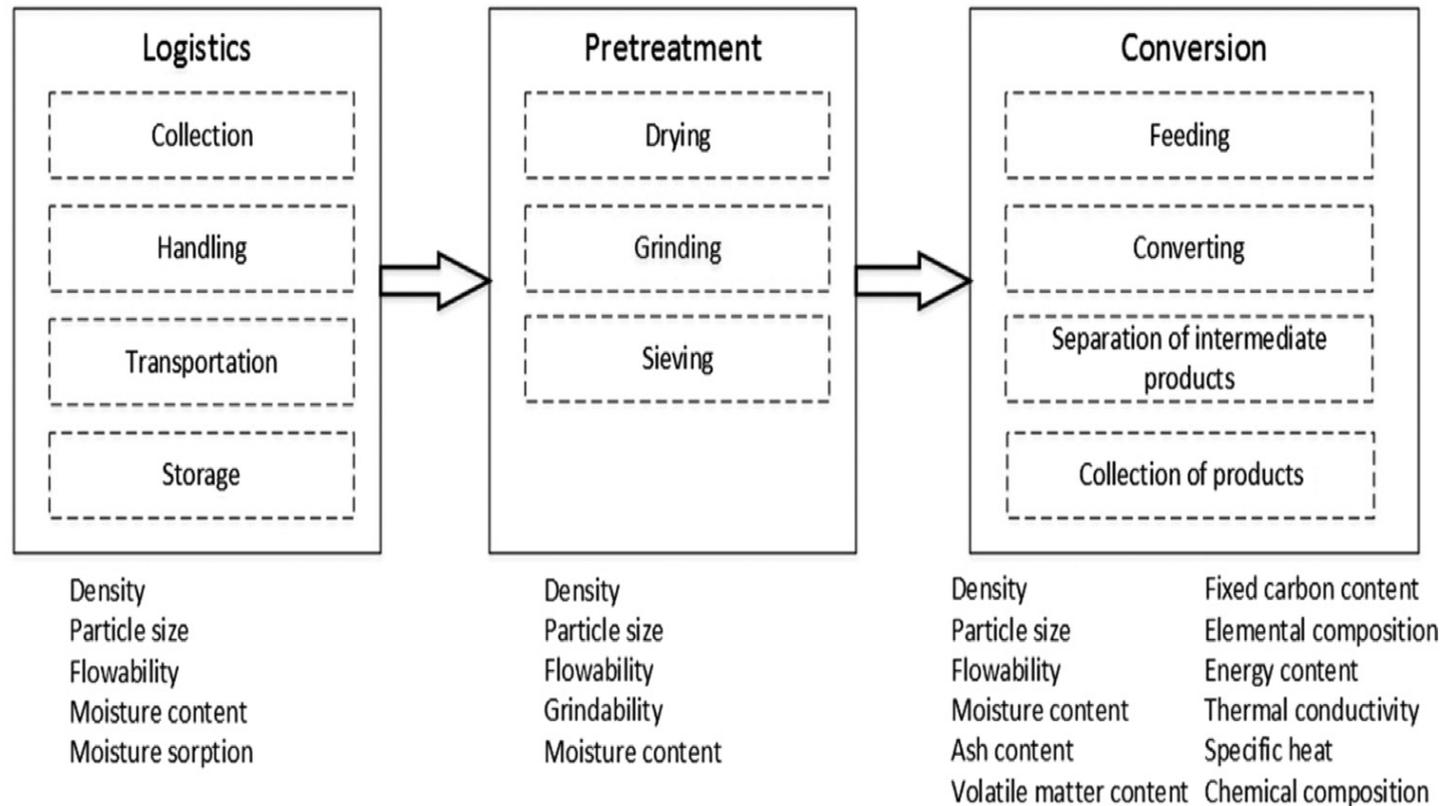


Fig. 2. Physicochemical properties of lignocellulosic biomass relevant for different processes.

Table 2

Engineering application of physicochemical properties of lignocellulosic biomass.

Physicochemical properties	Engineering applications
Density	Design parameter for handling, storage and transportation facilities
Flowability	Design parameter for handling, feeding and storage facilities
Grindability	Design parameter for grinding facilities
Particle size	Design parameter for feeding, grinding, and storage facilities
Moisture sorption	Design parameter for drying and storage facilities
Moisture content	Design parameter for drying, handling, storage, and feeding facilities and conversion processes
Ash content	Estimation of the potential risk of slagging and fouling issues during biomass combustion or gasification
Volatile matter content	Conversion efficiency
Elemental composition	Conversion efficiency
Energy content	Energy recovery efficiency
Thermal properties	Thermochemical conversion efficiency
Chemical composition	Conversion efficiency

■ Retos y oportunidades

La implementación de los bioaceites de pirólisis como combustibles **no se ha logrado a escala apreciable** a pesar de las ventajas como la disponibilidad de las materias primas por ser un material residual de cultivos agroindustriales presentes en muchos países.

Característica como combustible líquido, **su complejidad química** todavía hacen una gran diferencia con los combustibles líquidos tradicionales (gasolina, diésel y fuel).

Se considera que mientras no se eleve su calidad y no se mejore su estabilidad, **no se alcanzarán etapas de comercialización masiva de los bioaceites.**

Algunos de los retos para poder lograrlo además de las soluciones particulares de cada caso:

Materia prima

La pirolisis admite cualquier tipo de materia prima residual vegetal o animal pero los productos en ese caso muestran inconsistencia en su comportamiento. Esto a su vez influye en el escalado de nivel laboratorio a piloto e industrial.

Los métodos de cosecha y recolección de la biomasa influyen en la calidad de la materia prima.

Esta inconsistencia se podría manejar con el establecimiento de estándares mínimos como: humedad mínima, no-heterogeneidad, impurezas, y LHV (potencia calorífica).

Esta normalización es aún más importante en el caso de industrialización con fines de especialidades de alto valor agregado.

Una posibilidad que se abre es la de desarrollar cultivos híbridos energéticos para mejorar rendimientos en fracciones líquidas y aumentar el potencial calorífico.

Las cenizas en la biomasa son un problema ya que elementos como el potasio y el calcio catalizan la descomposición de material orgánico y fomentan la producción de coque.

Esta reacción es causa de la formación de micropartículas de coke que se emulsionan en el bioaceite y causan problemas en los equipos de combustión. Este efecto también actúa en un menor valor calorífico.

➤ Procesamiento

En la **pirolisis rápida** el reto es la transferencia de calor adentro de la partícula, pero a su vez la biomasa tiene una conductividad muy baja por lo que debe reducirse el tamaño antes de alimentar el reactor. La reducción de tamaño requiere demandas adicionales de energía debido a las características de la biomasa

El calentamiento del sistema se hace por medio de un agente externo tanto en reactores tubulares como en lecho fluidizado pero se requieren tiempos largos lo que a su vez incide en la calidad de los productos debido a reacciones secundarias.

Al lado de mayores requerimientos energéticos se producen pérdidas al ambiente.

Recientemente se han probado reactores con radiación de microondas buscando minimizar estos efectos. Ese tipo de reactor previene las reacciones secundarias y mejora la calidad de los productos. Mejora el intercambio de calor

▪

➤ Problemas de producto

El biooil es aún un aceite con problemas de manejo, almacenamiento, mejora y su utilización

La humedad en el producto sigue siendo un problema pues afecta el valor calorífico y el punto de llama.

El biooil polimeriza fácilmente a $t = 100^{\circ} \text{C}$ cambiando la viscosidad , originando separación de fases lo que puede llevar a la formación de coque.

La presencia de ciertos ácidos (acético, fórmico) es causa de corrosión en los equipos.

Las cenizas son indeseables y se sabe que son causa de muchos problemas mecánicos y de corrosión en las tuberías.

Procesos catalíticos pueden ayudar a resolver todos estos problemas y en la literatura hay mención de varias tecnologías para ello.

El acoplamiento de producción de bioaceites con procesos de mejora catalítica es una opción con mucho potencial, por la experiencia que viene de la industria petroquímica.

▪

RETOS Y PROBLEMAS EN COLOMBIA

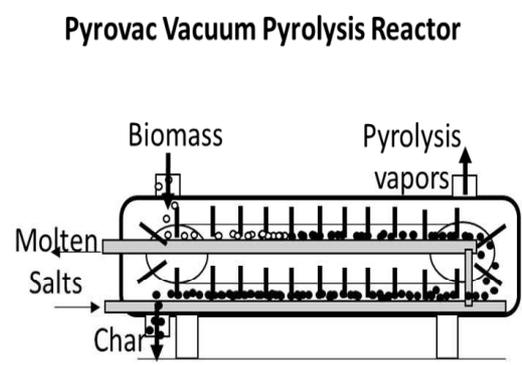
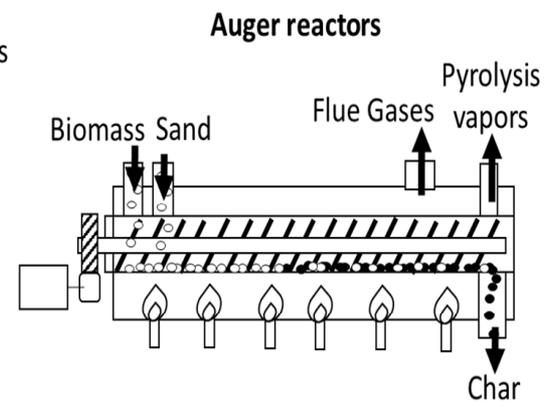
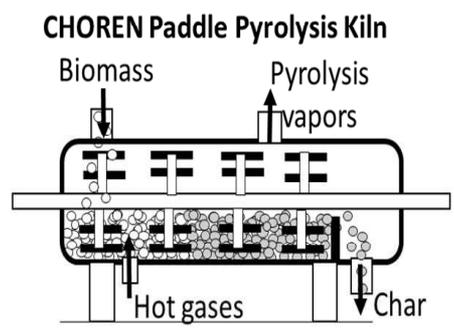
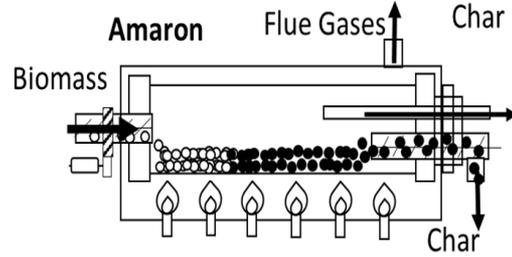
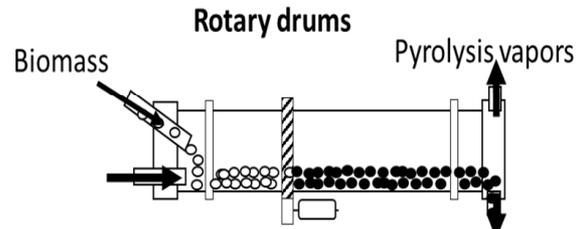
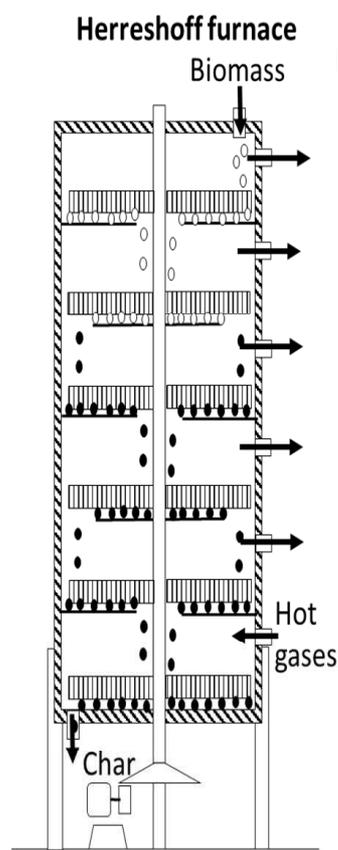
Ausencia de un programa nacional de biomasa

Carencia de coordinación entre ministerios y entidades que tocan el tema (Minminas, Agricultura, Colciencias)

Carencia de inversionistas ángeles

Carencia de programas de montaje de plantas piloto

Ausencia de multidisciplinariedad





Contents lists available at ScienceDirect

Renewable and Sustainable Energy Reviews

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rser



Economic analysis of converting of waste agricultural biomass into liquid fuel: A case study on a biofuel plant in China



Li-Qun Ji*, Chuang Zhang, Jing-Qi Fang

International Business School, Shanghai University of International Business and Economics, 1900 Wenxiang Road, Shanghai 201620, PR China

ARTICLE INFO

Keywords:

Economic feasibility
Liquid fuel
Cost
Sensitivity analysis
Financial analysis

ABSTRACT

Liquid fuel from pyrolysis of waste agricultural biomass has great potential to replace petroleum. In this work, an economic analysis has been carried out to study the production cost of liquid fuel from biomass pyrolysis and economic feasibility of a biofuel plant with a feedstock feeding rate of 4000 kg h^{-1} in China. The results have shown that the production cost of liquid fuel is 1748 yuan per ton, which is less than the expected selling price of pyrolysis liquid fuel (2100 yuan per ton). The liquid fuel production cost is highly sensitive to the liquid fuel yield and unit feedstock cost. The payback period of the biofuel plant with 100% equity financing is about six years. With an internal rate of return of 13%, the biofuel plant would be financially viable if it earns revenues from both liquid fuel and char. If 50% or 30% debt financing is considered, the positive net present value of the biofuel plant would appear at the seventh and eighth year. The results will be helpful for the commercial production and application of liquid fuel from biomass pyrolysis.

Bibliografía.

Review of physicochemical properties and analytical characterization of lignocellulosic biomass Junmeng Caia,□, Yifeng Hea, Xi Yub, Scott W. Banksb, Yang Yangb, Xingguang Zhangc, Yang Yua, Ronghou Liua, Anthony V. Bridgwater
Renewable and Sustainable Energy Reviews 76 (2017) 309–322

Historical Developments of Pyrolysis Reactors: A Review J.A. Garcia-Nunez¹, M.R. Pelaez-Samaniego², M.E. Garcia-Perez³, I. Fonts^{4,5}, J. Abrego⁵, R.J.M. Westerhof⁶, M. Garcia-Perez^{7*}
Energy & Fuels, may 2017

Economic analysis of converting of waste agricultural biomass into liquid fuel: A case study on a biofuel plant in China Li-Qun Ji□, Chuang Zhang, Jing-Qi Fang
Renewable and Sustainable Energy Reviews 70 (2017) 224–229

Recent advances in the development of biomass gasification technology: A comprehensive review S.K. Sansaniwala, K. Pala, M.A. Rosenb, S.K. Tyagia,□
Renewable and Sustainable Energy Reviews 72 (2017) 363–384

Top ten fundamental challenges of biomass pyrolysis for biofuels
Matthew S. Mettler,ab Dionisios G. Vlachosb and Paul J. Dauenhauer*a
Energy & Environmental Science 5 (7), 7797-7809

Gracias

