



# Title: Determinación de los parámetros cinéticos de la pirolisis de la biomasa lignocelulosica

**Authors:** BARAY-GUERRERO, María del Rosario, VALLES-ARAGON, María Cecilia, NEVAREZ-RODRIGUEZ, Myrna Concepción y MANJARREZ-DOMINGUEZ, Carlos Baudel

Editorial label ECORFAN: 607-8695  
BCIERMMI Control Number: 2020-04  
BCIERMMI Classification (2020): 211020-0004

Pages: 16  
RNA: 03-2010-032610115700-14

**ECORFAN-México, S.C.**  
143 – 50 Itzopan Street  
La Florida, Ecatepec Municipality  
Mexico State, 55120 Zipcode  
Phone: +52 1 55 6159 2296  
Skype: ecorfan-mexico.s.c.  
E-mail: contacto@ecorfan.org  
Facebook: ECORFAN-México S. C.  
Twitter: @EcorfanC

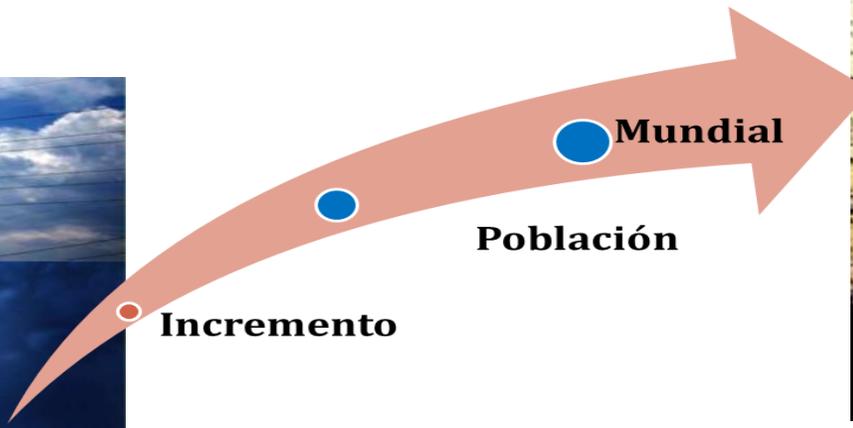
[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)

Holdings		
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua



ECORFAN®

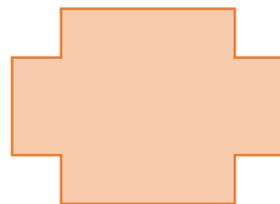
# Introducción



*Mayor demanda de energía*



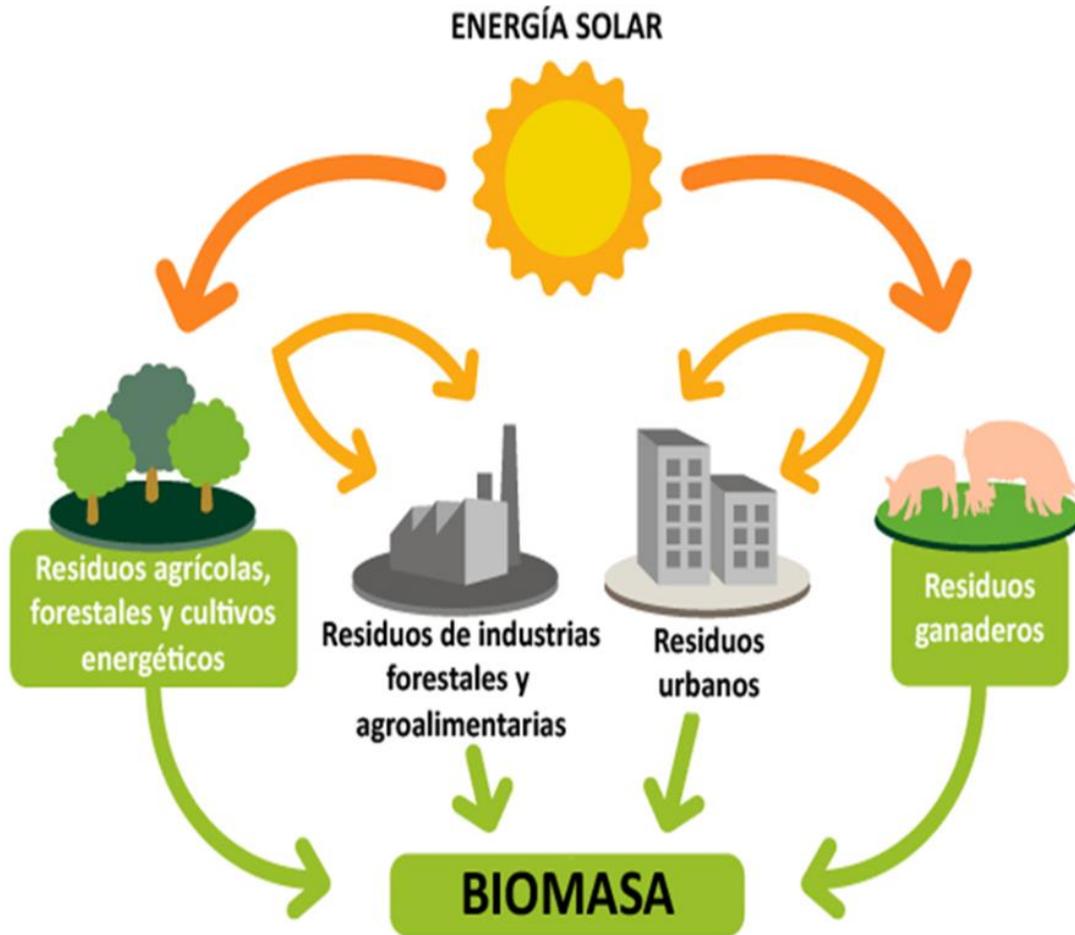
*Contaminación ambiental*



*Dificultad de acceso a nuevos yacimientos de combustibles*



# Problemática

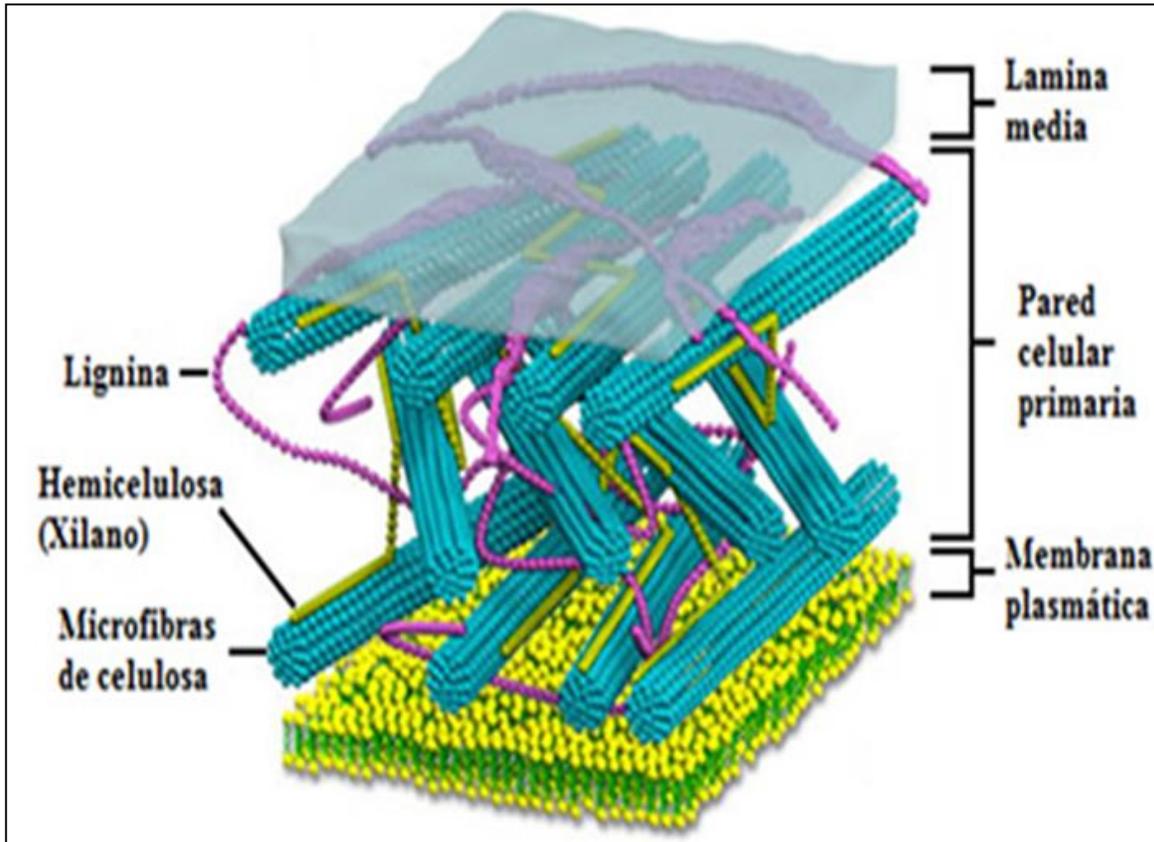


- *La disposición final de la biomasa es un problema que afecta el medio ambiente en todas las regiones del mundo.*
- *La biomasa lignocelulósica es la mayor fuente contaminante a nivel mundial en la actualidad la acumulación de esta es una de la mas preocupante.*
- *Esta pueden ser utilizados como materia prima para la obtención de producto con valor agregado como para la producción de Biocombustibles.*



ECORFAN®

## Estructura química : Análisis Composicional



*La biomasa procedente de los residuos agroindustriales está compuesta, principalmente por **hemicelulosa, celulosa y lignina** y pequeñas cantidades de extractos.*

*Las concentraciones relativas (expresadas en % en peso) varían en función de la especie y se distribuyen, generalmente, entre un **15-30%, 40-60%, y 10-30%**, respectivamente.*



## *Objetivo general*

Determinar los parámetros cinéticos de la biomasa lignocelulósica mediante los modelos isoconversionales así como su energía de activación ( $E_a$ ) representativa en el proceso pirolítico.



### Muestra:

Se emplearon muestras de residuos de manzana, procedente de los estados del Norte de Chihuahua (Cuauhtémoc, Chihuahua), este subproducto es generado en el proceso de obtención de los jugos, el cual ha recibido muy poca atención a pesar de que posee propiedades de ser un buen combustible que produciría energía a bajo costo.



ECOREFAN®

## Preparación de la muestra

7



*Pesar*



*Secar (105°C)*

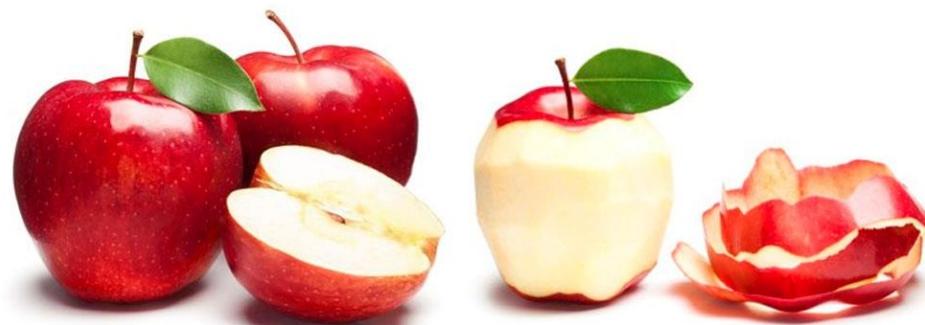


*Triturar*



*Tamizar*

( $150 > dp > 180 > dp > 250$   
 $> dp > 425 \mu\text{m}$ )





## *Análisis realizados*

- Se determinó el tamaño de partícula ( $t_p$ ) donde se analizaron muestras de residuo de manzana con dimensiones de:  $t_p < 150 \mu\text{m}$ ,  $180 < t_p < 250 \mu\text{m}$ ,  $425 \mu\text{m} < t_p < 600 \mu\text{m}$  bajo un flujo de  $\text{N}_2$  de  $150 \text{ cm}^3/\text{min}$  y calentando de temperatura ambiente hasta  $550 \text{ }^\circ\text{C}$  con una rapidez de  $10 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ .
- Para verificar el efecto de la velocidad de calentamiento en la generación de materia volátil se utilizó una muestra del residuo de la manzana con un mismo tamaño de partícula, que fue sometido a distintas velocidades ( $5, 10, 15, 20 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ ) para la determinación de los parámetros de reacción.



## *Estudio Cinético*

- El estudio cinético trata de revelar el modo en que transcurre la descomposición térmica (si existen uno o varios procesos y en qué rango de conversiones ocurren), a través de las constantes cinéticas características proporcionadas por los modelos cinéticos.
- Esta información es básica cuando para diseñar, construir y operar un reactor a escala industrial para la pirolisis del material que se está estudiando, para el aprovechamiento energético de los productos que se puedan generar, con fines energéticos o para deshacerse de determinados materiales de una forma limpia.

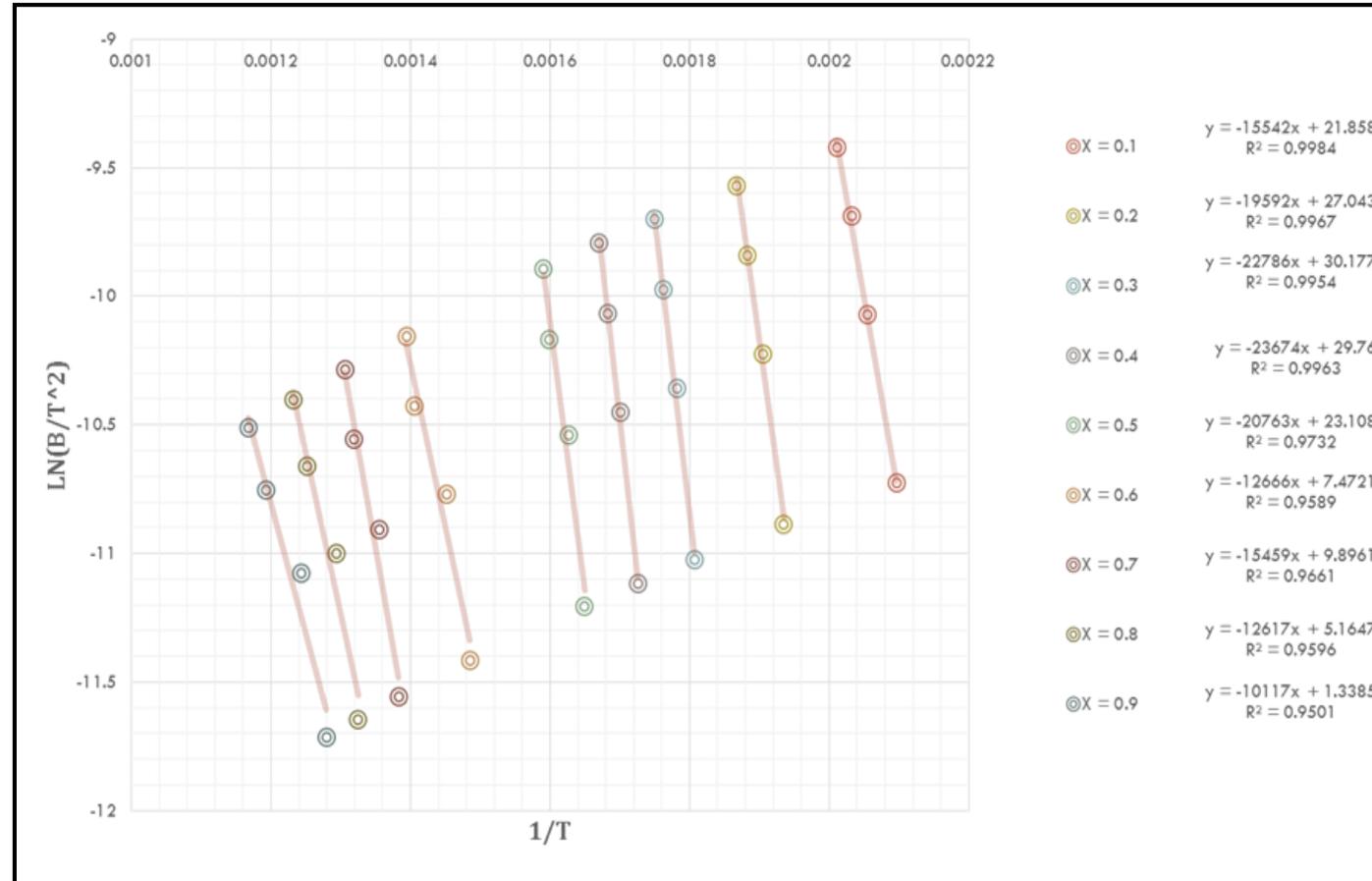


- Se utilizaron para la determinación de los parámetros cinéticos tres métodos seleccionados de acuerdo al tratamiento matemático que se le dieron a los datos:
  1. Kissinger-Akahira-Sunose (KAS),
  2. Friedman,
  3. Flynn-Wall-Ozawa (FWO)



## Método Kissinger-Akahira-Sunose (KAS)

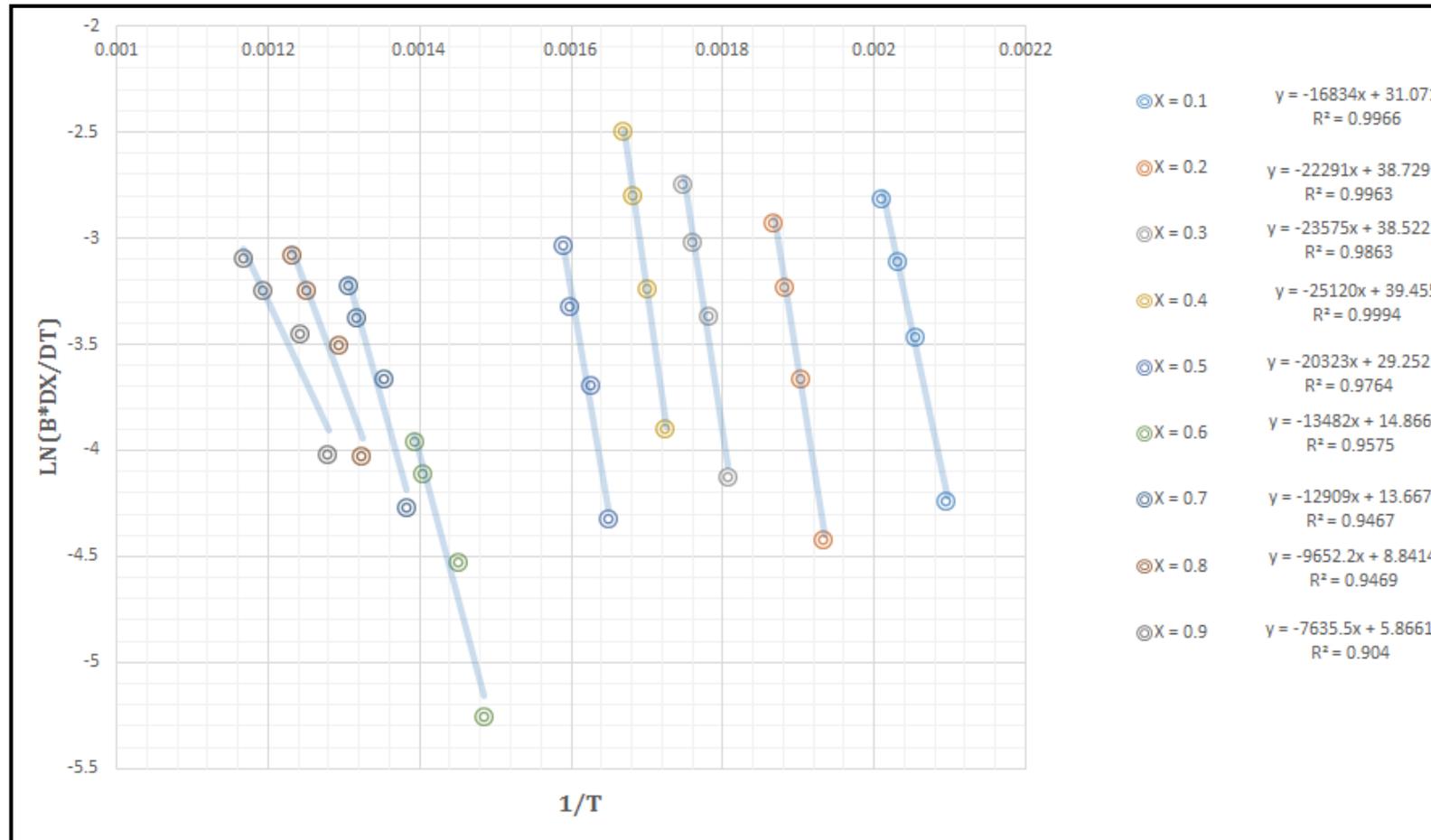
Se analizó que el  $\alpha$  tuviera un valor fijo y que la energía de activación se pudiera determinar con la pendiente de la línea recta obtenida al representar  $\ln(\beta/T_2)$  versus  $1/T$ .





# Método Friedman

Se muestra las  $E_a/R$  en función de las conversiones  $f(\alpha)$  desde 0.1 hasta 0.9.

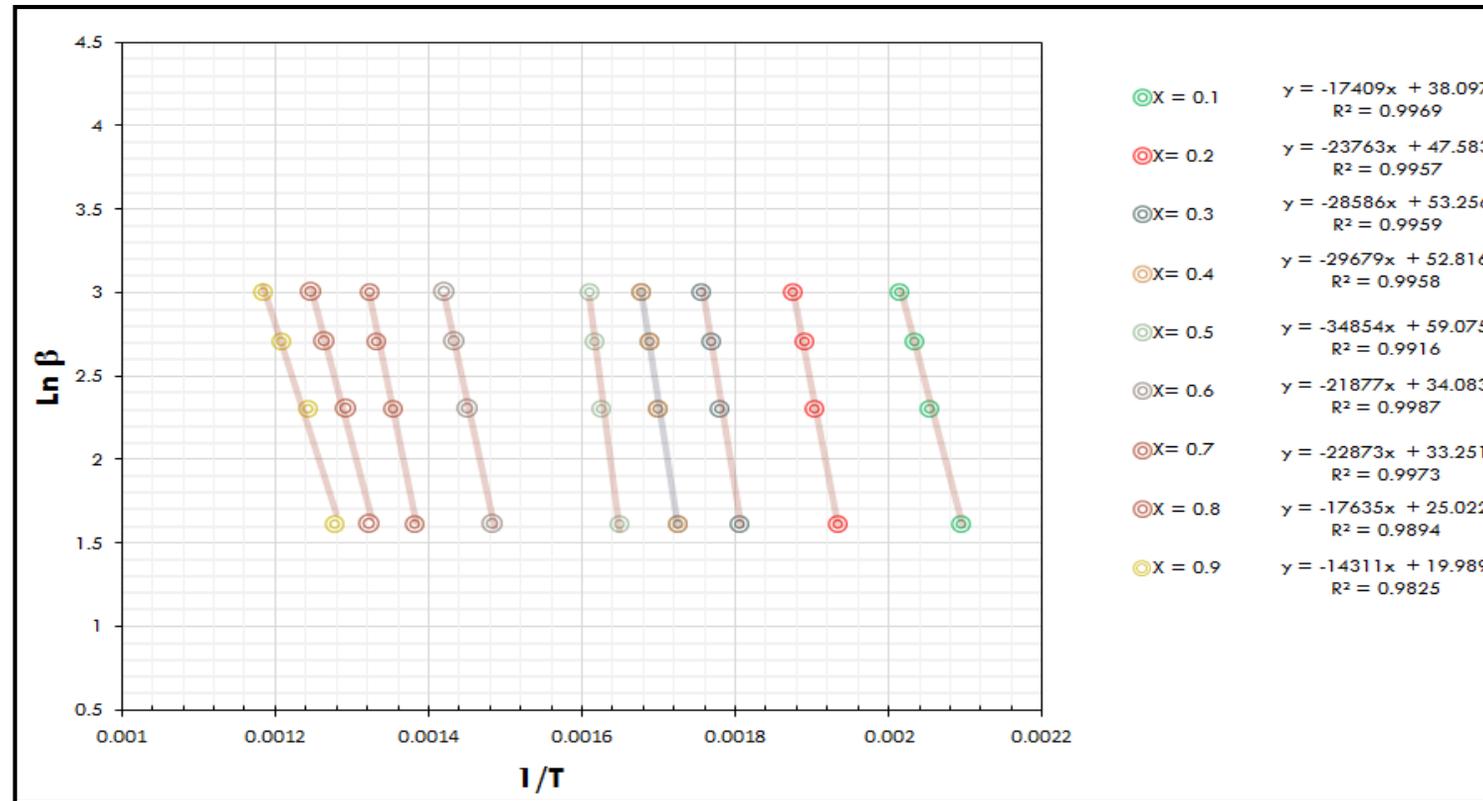




## Método Flynn-Wall-Ozawa (FWO)

13

La representación de  $\log \beta$  frente a  $1/T$  para diferentes velocidades de calentamiento que permitió obtener líneas más paralelas para un grado de conversión con un valor de  $-0.453$   $E_a/R$  este método es el que mejor ajusta los datos

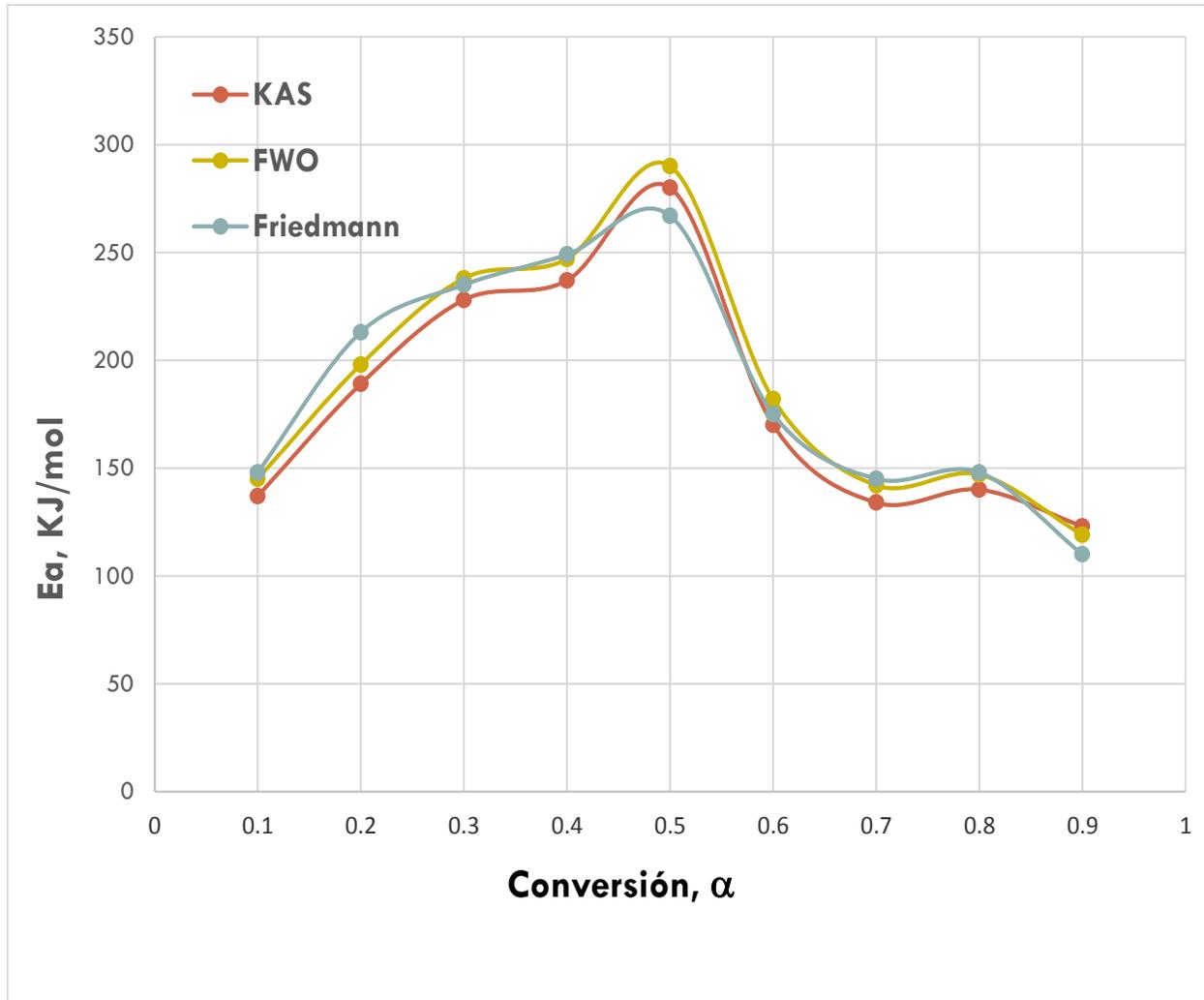




# Valores de Energía de Activación determinado por los métodos Friedman, Flynn-Wall-Ozawa, Kissinger-Akahira-Sunose

ECORFAN®

14



- Los 3 modelos siguen la misma tendencia de la energía de activación ( $E_a$ ) con respecto al factor de conversión  $\alpha = 0.49$  se demuestra que la  $E_a$  si depende altamente de la conversión que significa que al realizar la pirólisis de la biomasa lignocelulosica (manzana) es un proceso complejo que consta de varias reacciones, cuando es mayor la  $E_a$  más lenta es la reacción.



## Conclusiones

- La energía de activación ( $E_a$ ) que se ajusta mejor a los datos experimentales fue de 213.0 kJ/mol, obtenido por el modelo FWO
- Los valores de la energía de activación ( $E_a$ ) obtenidos en la presente investigación para los modelos aplicados están dentro del rango de valores de energía de activación de la hemicelulosa (67 a 105 kJ / mol), celulosa (210 a 240 kJ / mol) y lignina (65 a 67 kJ / mol).
- El cálculo de la Energía de activación ( $E_a$ ) nos permitió analizar el modo en que transcurre la descomposición térmica (si existen uno o varios procesos y en qué rango de conversiones ocurren), a través de las constantes cinéticas características proporcionadas por los modelos cinéticos.



## *Comparativo con otros resultados*

- Huang et al., han estudiado la evolución de los valores de energía de activación como una función del grado de conversión, la búsqueda de bajos valores de la  $E_a$  para pequeñas conversiones, un crecimiento de estos en las conversiones intermedias para volver a valores bajos hacia el final.
- Han relacionado este comportamiento a la descomposición de las fracciones de hemicelulosa, celulosa y lignina. Puesto que, los valores de  $E_a$  obtenidos en estos rangos de conversión están cerca de los valores tabulados de los compuestos puros.
- Los valores de energía de activación que se determinan para cualquier valor de conversión no deben ser considerados como los valores reales de una etapa de reacción particular, sino como un valor aparente que representa las contribuciones de numerosas reacciones paralelas y que compiten, que contribuyen a la velocidad de reacción global.
- Para un proceso de desvolatilización biomasa tan complejo, las contribuciones variarán con la temperatura y la conversión y muy a menudo se superponen unos a otros



- [1] El Bassam, N. 2001. Renewable energy for rural communities. *Renew Energ* 24(3-4): 401-408
- [2] (Hong y col., 2009; Suiran y Jing, 2009).
- [3] Hong, Y., Yuan Z., Junguo, L. 2009. Land and water requirements of biofuel and implications for food supply and the environment in China. *Energy Policy* 37(5):1876-1885.
- [4] I.D.A.E.- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía. biomasa. Disponible en la web: <http://www.idae.es/index.php/idpag.233/recategoria.1037/> relmenu.48/mod.pags/mem.detalle
- [5] Juan A. Conesa Ferrer. Curso Básico de Análisis Térmico. Termogravimetría, cinética de reacciones y análisis térmico diferencial. Universidad de Alicante, Mayo 2000.
- [6] Juan A. Conesa, A. Domene. Biomasses pyrolysis and combustion kinetics through n-th order parallel reactions. *Thermochimica Acta*, Volume 523, Issues 1-2, Pages 176- 181, August 2011
- [7] Agustín García Barneto, José Ariza Carmona, José Enrique Martín Alfonso, Jesús Díaz Blanco. Kinetic models based in biomass components for the combustion and pyrolysis of sewage sludge and its compost. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, Volume 86, Issue 1, pp. 108-114, September 2009
- [8] Fan-fei MIN, Ming-xu ZHANG, Qing-ru CHEN. Non-isothermal Kinetics of Pyrolysis of Three Kinds of Fresh Biomass. *Journal of China University of Mining and Technology*, Volume 17, Issue 1, pp. 105-111, March 2007.
- [9] IEA – International Energy Agency. Clean Energy Progress Report. IEA input to the Clean Energy Ministerial. Disponible online en la web: [http://www.iea.org/papers/2011/CEM\\_Progress\\_Report.pdf](http://www.iea.org/papers/2011/CEM_Progress_Report.pdf).
- [10] Friedman H. Kinetics of thermal degradation of char-forming plastics from thermogravimetry. Application to a phenolic plastic. *Journal of Polymer Science Part C: Polymer Symposia*, Volume 6, Issue 1, pp. 183-195, 1964.
- [11] Ozawa T. A new method of analyzing thermogravimetric data. *Bulletin of the*



**ECORFAN®**

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- ([www.ecorfan.org/](http://www.ecorfan.org/) booklets)