



RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Optimización del proceso de hidrólisis enzimática a partir de bagazo de sorgo dulce pretratado

Authors: Leticia López-Zamora, María Guadalupe Aguilar-Uscanga

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 17

Mail:

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 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

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			



Energías Renovables



Introducción:

La búsqueda de soluciones ante los altos índices de contaminación así como el agotamiento de los combustibles fósiles obliga a buscar la forma de producir menos contaminantes, reducir la generación de desechos y al mismo tiempo a tratar de producir energía más limpia.



Colegio de Ingenieros en Energias Renovables



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática**

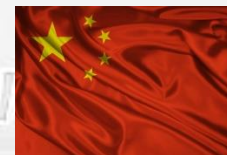
2016

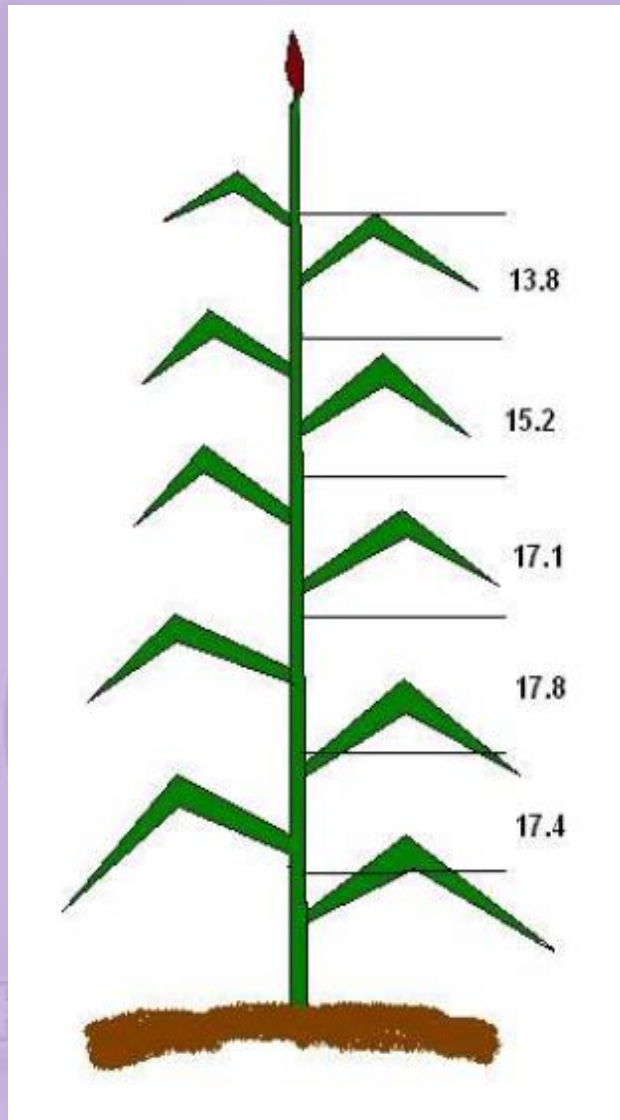
Sorgo dulce:

El sorgo dulce es una de las muchas variedades de sorgo que tienen un alto contenido de azúcar. Dicho cultivo prospera en condiciones mucho más secas y calurosas de lo que muchos otros cultivos pueden hacerlo y es por esta razón que ha sido llamado el “camello” de los cultivos de campo. (Medina *et al.*, 2012).



Actualmente los mayores productores de sorgo dulce en el mundo son la India, China y los Estados Unidos.





La distribución de °Brix que contiene el sorgo dulce es variada de acuerdo a la región y al modo de cultivo, aunque típicamente una planta con los cuidados adecuados puede alcanzar entre los 14 y 18 °Brix promedio a lo largo de su tallo como se observa en la Figura 1. (Montes *et. al.*, 2010)

Figura 1. Distribución de °Brix a lo largo del tallo de sorgo (Montes *et. al.* 2010).

Conversión de la celulosa a etanol.

La biomasa lignocelulósica presenta una estructura compleja, compuesta de varias fracciones que deben ser procesadas por separado para asegurar una conversión eficiente de estos materiales a etanol.

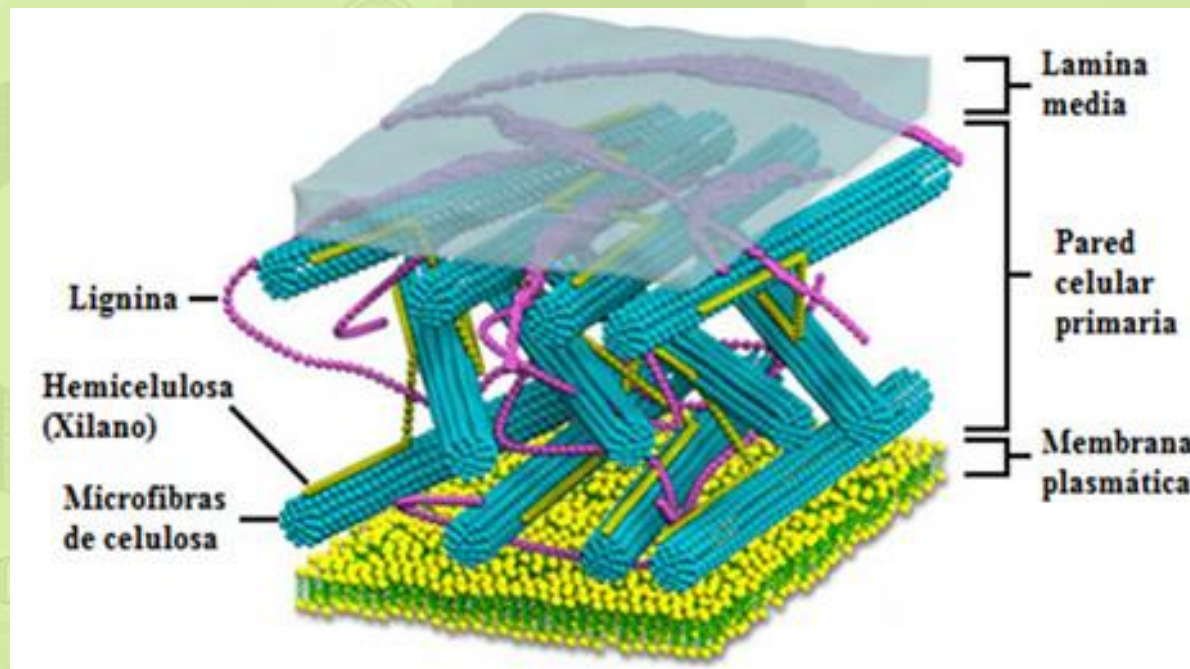
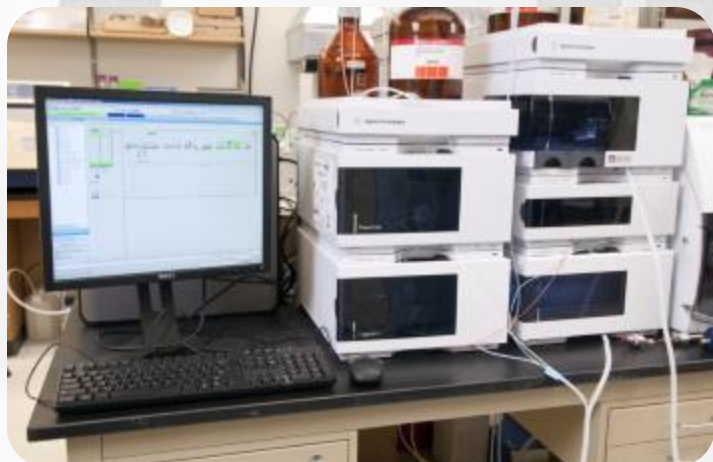
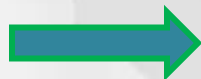


Figura 2. Principales componentes de la biomasa lignocelulósica.

Metodología





Energias

Diseño de experimentos.

Experimento	VARIABLES CODIFICADAS			VARIABLES NATURALES		
	Enzima (% p/p)	Tiempo (h)	RLS	Enzima (% p/p)	Tiempo (h)	RLS
1	-1	-1	0	4	24	7:1
2	1	-1	0	6	24	7:1
3	-1	1	0	4	72	7:1
4	1	1	0	6	72	7:1
5	-1	0	-1	4	48	5:1
6	1	0	-1	6	48	5:1
7	-1	0	1	4	48	9:1
8	1	0	1	6	48	9:1
9	0	-1	-1	5	24	5:1
10	0	1	-1	5	72	5:1
11	0	-1	1	5	24	9:1
12	0	1	1	5	72	9:1
13	0	0	0	5	48	7:1
14	0	0	0	5	48	7:1
15	0	0	0	5	48	7:1

Resultados

La caracterización lignocelulósica de la materia prima “bagazo de sorgo dulce crudo” se realizó empleando el método de ANKOM. El contenido de fibra se muestra a partir de la Figura 4. Se puede apreciar que la fracción más grande corresponde a la celulosa con un 39.54 % del total.

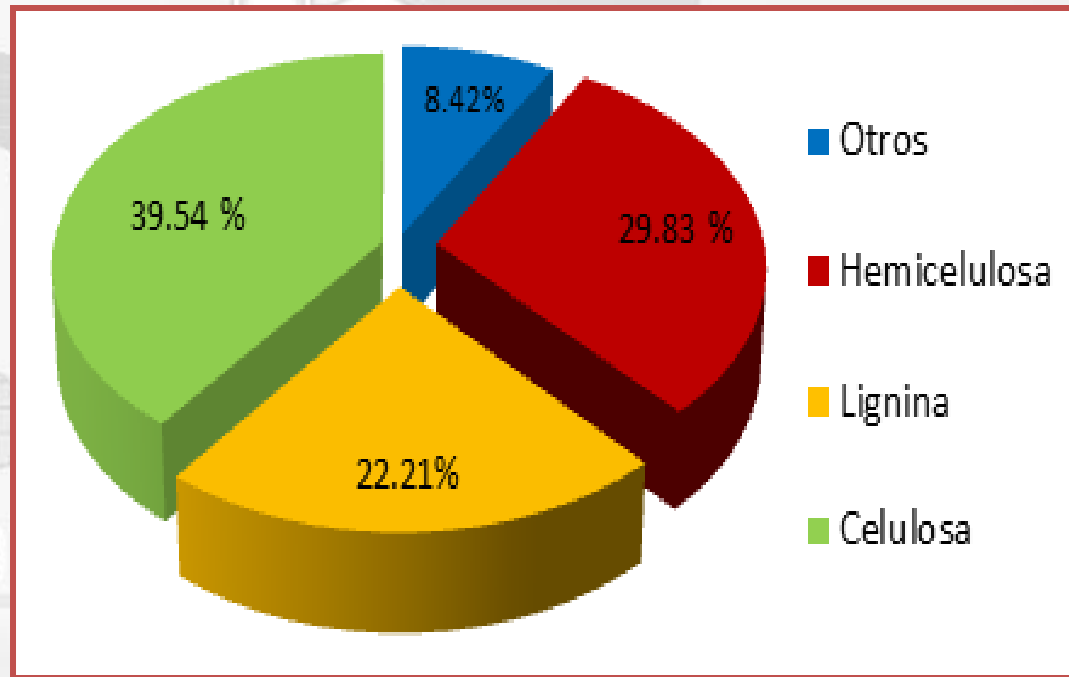


Figura 4. Contenido de fibra del bagazo de sorgo dulce crudo

En la Tabla 2 es posible observar la comparación entre los resultados obtenidos en el presente trabajo respecto a otros autores.

Tabla 2. Comparación del contenido de fibra del BSD crudo.

Autores	Contenido de Fibra (%)			
	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Otros
Prasad (2007)	46	27	20	3 – 5
Kim et al. (2007)	44.8	25.9	20.1	9.2
Montes (2012)	35 - 50	15 – 25	20 – 30	-----
Presente Trabajo	39.54	29.83	22.21	8.42

Tabla 3. Resultados del diseño experimental aplicado para la optimización de la Hidrólisis enzimática del BSD en base seca.

Muestra	(°Brix)	Glucosa (g/L)
1	6.4	63.7712
2	7.2	71.9412
3	9	86.3650
4	8.2	71.8150
5	10	95.1125
6	10.3	99.6062
7	6.4	62.1312
8	7	63.8662
9	9	88.5012
10	10.2	88.4687
11	5.6	55.4287
12	6.6	67.4553
13	8.2	77.0412
14	8.2	78.2412
15	8.0	75.4937

La Tabla 3 muestra los resultados del diseño Box-Behnken, con valores entre los 55.42 y los 99.60 g/L de glucosa.

Lo cual significa un incremento del 79.71 % respecto a lo obtenido por Nochebuena (2012) que fue de 55.42 g/L.

Modelo matemático obtenido

Para dicho modelo se considera en variables naturales la carga enzimática en relación p/p (CE), tiempo (t) y relación líquido-sólido (RLS), y como variable de respuesta la producción de glucosa (g/L).

$$\begin{aligned} \text{Glucosa (g/L)} = & -28.3414 - 26.1480 * \text{CE} + 2.2764 * t + 12.1709 * \text{RLS} + \\ & 3.3816 * \text{CE}^2 - 0.011864 * t^2 - 0.3316 * \text{RLS}^2 - 0.2336 * \text{CE} * t + \\ & 0.2646 * \text{CE} * \text{RLS} + 0.0087304 * t * \text{RLS} \end{aligned}$$

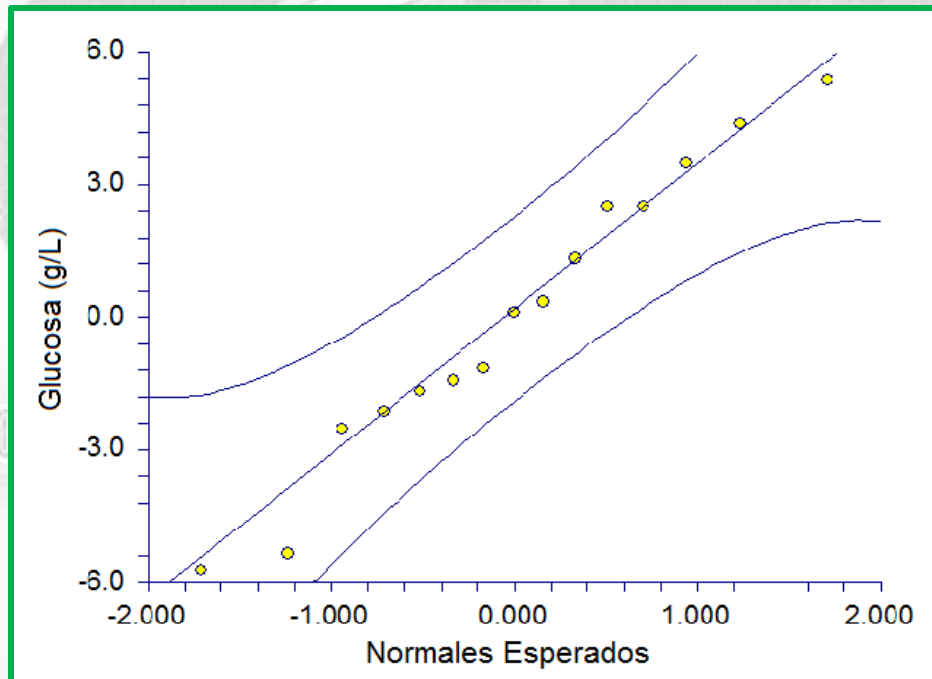


Figura 5. Grafica de residuos de probabilidad del modelo obtenido con un ajuste del 95.05 %.

Gráficas de superficie de respuesta

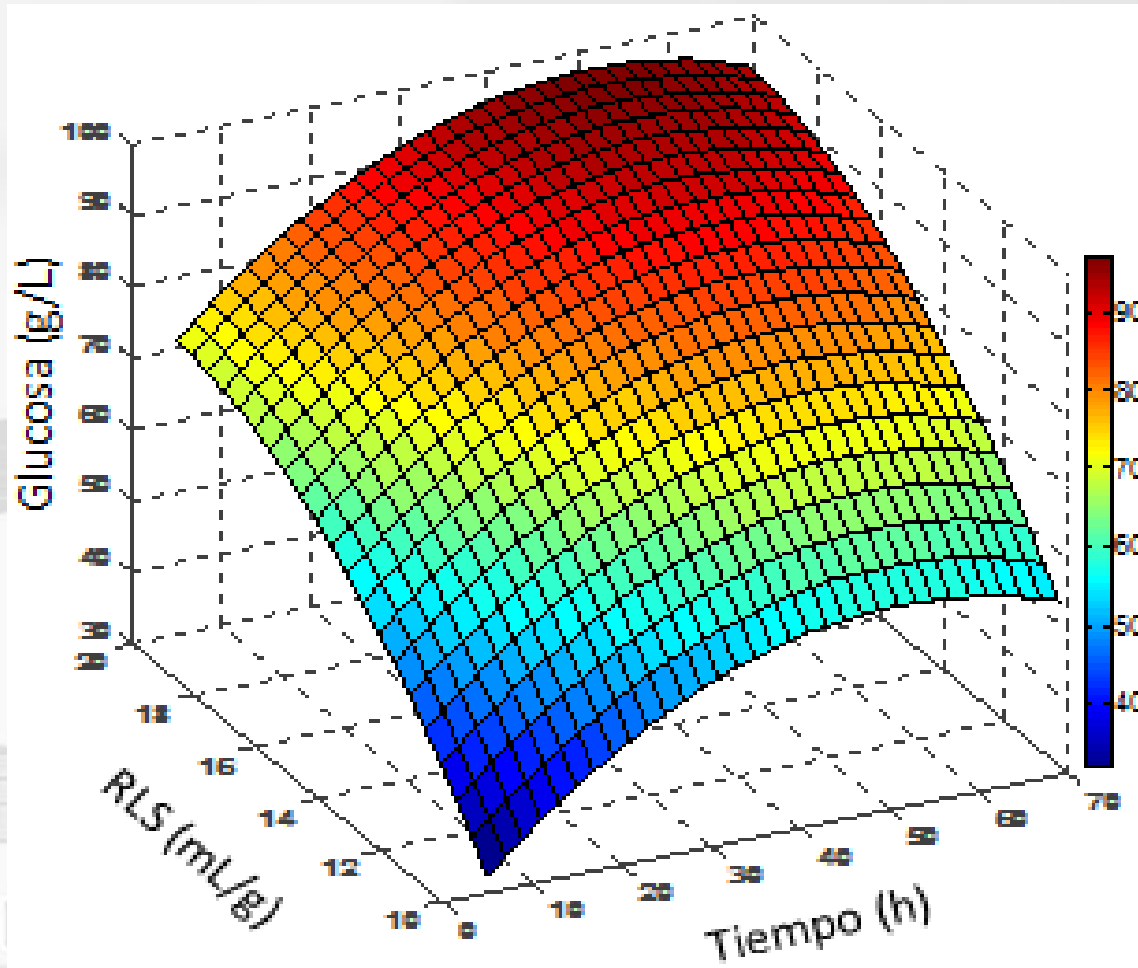


Figura 7. Superficies de respuesta del contenido de Glucosa en la hidrólisis enzimática del efecto de: (a) Tiempo (h) vs RLS (ml/g)

Tabla 4. Resultados del diseño experimental de la hidrólisis enzimática para la obtención de glucosa en base húmeda

Muestra	(°Brix)	Glucosa (g/L)
1	9.2	95.25
2	11.0	113.25
3	11.4	130.82
4	11.6	117.52
5	15.0	147.45
6	11.6	112.85
7	9.0	86.82
8	9.4	96.65
9	11.2	110.55
10	15.2	156.125
11	8.4	85.12
12	9.2	92.86
13	9.2	95.045
14	11.2	120.87
15	11.2	118.29

Hidrólisis enzimática en Base húmeda

En la Tabla 4 se aprecia la producción de glucosa, los cuales se encuentran entre los 85.12 y los 156.12 g/L.

15.6 % más respecto al óptimo obtenido en base seca.

$$\text{Glucosa (g/L)} = -239.0517 + 39.4384 * \text{CE} + 0.5265 * t + 7.4919$$

$$* \text{RLS} + 1.2935 * \text{CE}^2 + 0.00263 * t^2 - 0.0334 * \text{RLS}^2 - 0.3260 * \text{CE}$$

$$* t - 0.7400 * \text{CE} * \text{RLS} + 0.02521 * t * \text{RLS}$$

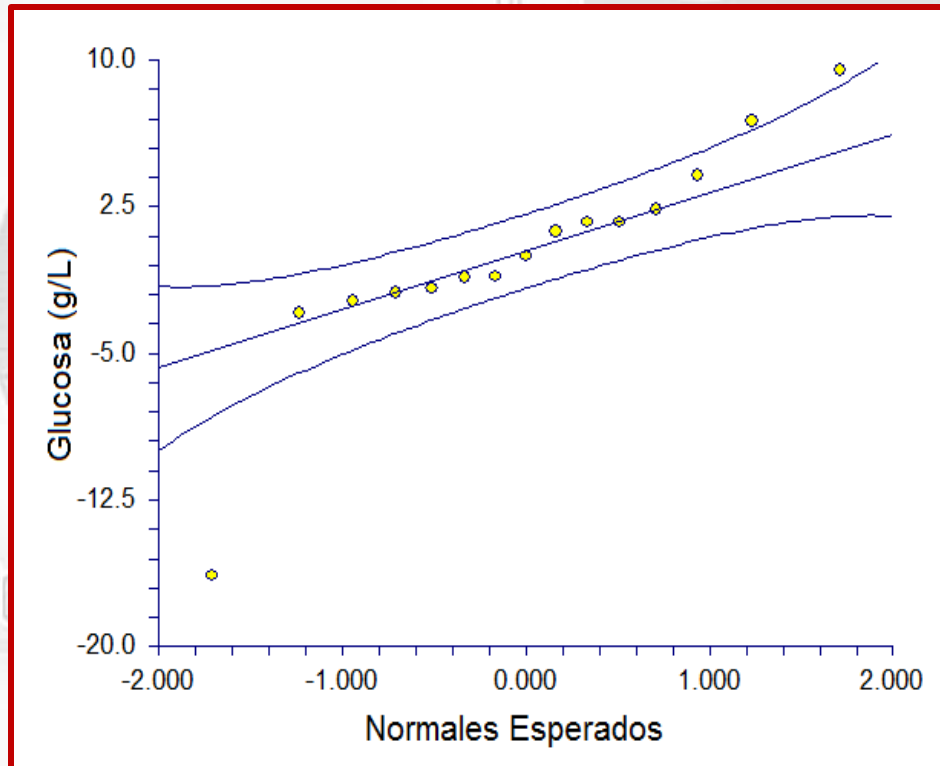


Figura 8. Gráfica de residuos del modelo obtenido (2) con un ajuste del 92.62 %.

Comparación de las condiciones óptimas encontradas

Sección de Solución Óptima

Parámetro	Valor Óptimo
ENZIMA	5
TIEMPO	51.058
RLS	20.66714



Sección de selección óptima

Parámetro	Valor Óptimo
ENZIMA	5
TIEMPO	48
RLS	74.38177



Validación de Resultados

Tabla 5. Concentraciones de glucosa obtenidas mediante la aplicación de las condiciones óptimas determinadas

Modalidad	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Base seca	126.36	124.28	125.20
Base Húmeda	147.26	150.03	148.64

Aplicando experimentalmente las condiciones óptimas determinadas por el NCSS se obtuvieron resultados superiores en un 27.66 % en base seca y 18.71 % en base húmeda respecto a la respuesta teórica predicha de 97.072 g/L y 130 g/L respectivamente.

Conclusiones

- Los pretratamientos con ácidos diluidos (H_2SO_4) es un excelente medio para la remoción de la hemicelulosa, eliminando hasta aproximadamente el 96 % de esta.
- La pre hidrolisis ácida no solamente elimina hemicelulosa, sino también genera un efluente residual rico en xilosa y en menor cantidad glucosa, por lo cual es un buen medio para la producción de y purificación de xilitol.
- El tratamiento con peróxido de hidrógeno, remueve la mayoría de la lignina contenida en la materia prima con una estimación del 85 % de remoción, dejando el bagazo expuesto a un posterior ataque enzimático además de degradar la materia prima.
- La enzima utilizada (Cellic CTec3) funciona perfectamente en cuanto a la producción de glucosa a partir del bagazo de sorgo dulce, siempre y cuando la materia prima sea pretratada.

- La presencia de humedad en el bagazo favorece el proceso enzimático pues aumenta el contacto entre la fase líquida y el bagazo, generando concentraciones mayores de glucosa.
- El proceso funciona correctamente en base seca y en base húmeda por lo cual ambas maneras de trabajar son completamente viables.



Bibliografía.

Agbor B. V., N. Cicek, R. Sparling, A. Berlin, y D. Levin. 2011. *Biotechnology Advances*. Biomass pretreatment: Fundamentals toward application. 675:685.

Álvarez C. A., R. S. Delgado, E. G. Hernández, M. M. D. Domínguez, J. M. G. Baeza, A. A. Cruz, R. C. García, y A. Morales. 2012. Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos.

Anaya D. A., y Pedroza F. H. 2008. Escalamiento, el arte de la ingeniería química: Plantas piloto, el paso entre el huevo y la gallina. Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos A. C. México. 23(1): 31-39.

Castillo H. P., A. M. Domínguez, y P. Mata. 2012. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diésel mexicanos reformulados con Etanol. ISSN 1405-7743 FI-UNAM.

Chuck H. C., E. P. Carrillo, E. H. Olea, y S. Serna. 2011. Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: tecnologías, avances y áreas de oportunidad. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 529-549.

Cortínez-Villalobos, V. A. 2010. Comparación de pretratamientos en residuos forestales para la producción de bioetanol de segunda generación: hidrolisis acida y líquidos iónicos. Tesis de grado. Maestría en ciencias en ingeniería química. Facultad de ciencias matemáticas. Santiago de Chile.

Domínguez D. M. M., A. A. Castillo, T. C. Rosales, M. J. G. Baeza, F. J. H. Campos, V. H. A. Octaviano, y J. Tapia. 2011. Estudio de la cinética de la hidrolisis acida del bagazo de caña de azúcar sin pretratamiento para la obtención de azúcares reductores.



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. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)