

### OPTIMIZACIÓN DE LA HIDRÓLISIS ÁCIDA PARA LA PRODUCCIÓN DE XILITOL EMPLEANDO BAGAZO DE AGAVE [OPTIMIZATION OF ACID HYDROLYSIS FOR XYLITOL PRODUCTION USING AGAVE BAGASSE]

María Elizabeth Delfín Ruíz<sup>1</sup>, Montserrat Calderón Santoyo<sup>1</sup>, Juan Arturo Ragazzo Sánchez<sup>1</sup>, Sandra T. del Moral Ventura<sup>2</sup>, Javier Gómez Rodríguez<sup>3</sup>, María Guadalupe Aguilar Uscanga<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Tepic, Av. Tecnológico 2595, Lagos del Country, 63195, Tepic, Nayarit.

<sup>2</sup> Universidad del Papaloapan, Instituto de Biotecnología, Circuito Central 200, Col. Parque Industrial, Tuxtepec, Oaxaca CP 68300

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Veracruz, Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, 91897 Veracruz, Ver. [gaguilar@itver.edu.mx](mailto:gaguilar@itver.edu.mx)

## INTRODUCCIÓN

Debido a la reducida disponibilidad del petróleo a nivel mundial y con el aumento en la contaminación ambiental, se ha desarrollado un creciente interés por el uso de biomasa para producción de biocombustibles a partir de fuentes renovables (Prasad *et al.*, 2007); dentro de los residuos agrícolas más abundantes en México están los desechos obtenidos para la producción de tequila y mezcal (Narváez y Sánchez 2009).

Ha sido reportado que el proceso de producción de etanol de segunda generación es costoso debido a la etapa de hidrólisis y pretratamiento (Pothiraj *et al.*, 2006); sin embargo, se ha propuesto la obtención en paralelo de otro metabolito importante y con alto valor agregado con lo que incrementa la viabilidad económica del proceso y que puede ser obtenido a partir de los residuos lignocelulósicos ricos en hemicelulosa, como lo es el xilitol (Castañón-Rodríguez *et al.*, 2015). El xilitol es un edulcorante obtenido a partir de síntesis química o de vías fermentativas, el cual se caracteriza por su alto grado de dulzor, aporta 40% menos calorías que la sacarosa, presenta poder anticariogénico y su uso es recomendado para personas con diabetes, haciéndolo así un producto de gran interés en el mercado industrial.

## METODOLOGÍA

En este trabajo se empleó el bagazo de cuatro variedades de agave (Ver Figura 1):



Figura 1. Agaves estudiados en el presente trabajo

Con la finalidad de conocer la composición lignocelulósica de los bagazos seleccionados, se empleó la técnica desarrollada por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables – Laboratorio de Procedimientos Analíticos, titulada “Determinación de carbohidratos estructurales y lignina en biomasa” (Scarlatá *et al.*, 2011), Ver Figura 2.

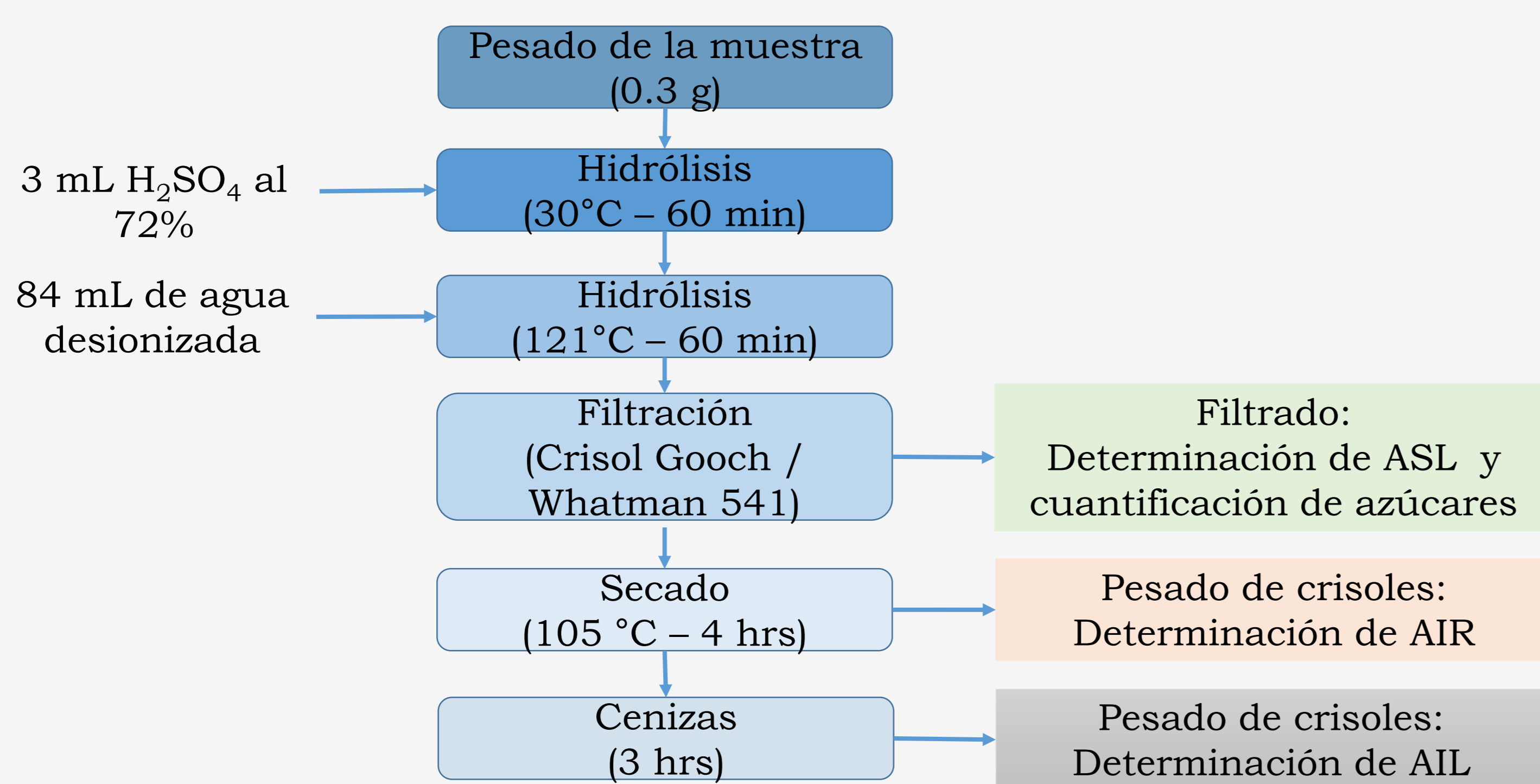


Figura 2. Procedimiento para determinación de carbohidratos estructurales y lignina en biomasa

Para conocer las condiciones en las que se obtiene un mejor desempeño del pre-tratamiento ácido y así obtener la máxima concentración de xilosa, se realizó un diseño Box Behnken 2<sup>3</sup>, siendo las variables independientes la concentración de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), el tiempo del pretratamiento y la relación líquido-sólido (Ver Tabla 1); así mismo, las variables de respuesta fueron la concentración de xilosa, ácido acético, furfural y 5-HMF.

Tabla 1. Variables estudiadas en el pre-tratamiento ácido

	Hidrólisis ácida		
	-1	0	1
[H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ] (% v/v)	0.5	1	1.5
t (hrs)	15	30	45
RLS (mL/g muestra)	6:1	7:1	8:1

## RESULTADOS

Al realizar la caracterización lignocelulósica del bagazo de agave se obtuvo que la variante con mayor contenido de hemicelulosa es **Agave tequilana weber azul**, seguida de **Agave mezcla espadín**, **Agave americana var. oaxacensis** y **Agave karwinskii**, por lo tanto la variedad para producción de xilitol con mayor potencial por vía fermentativa es **Agave tequilana weber azul**. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Caracterización lignocelulósica del bagazo de agave

Material lignocelulósico	Hemicelulosa (%)
Agave tequilana weber azul	22±0.238
Agave americana var. oaxacensis	16±0.531
Agave karwinskii	15±0.197
Agave mezcla espadín	20±0.250

Del pretratamiento ácido realizado a los diferentes bagazos empleando el diseño Box-Benhken, se desprende la tabla 3.

Tabla 3. Resultados del pre-tratamiento ácido

Material lignocelulósico	Glucosa (g/L)	Xilosa (g/L)	Ác. Acético (g/L)	Furfural (g/L)	5-HMF (g/L)
Agave tequilana weber azul	0±0	19.922 ±0.077	0.99±0.260	0±0	0±0
Agave americana var. oaxacensis	2.026±0.039	12.964±0.074	2.320±0.037	2.414±0.094	0±0
Agave karwinskii	2.305±0.074	15.499±0.460	1.7038±0.35	2.644±0.095	0.023±0.004
Agave mezcla espadín	1.880±0.191	16.975±0.626	1.182±0.008	0.757±0.020	0.094±0.002

Con la finalidad de obtener concentraciones más elevadas de xilosa y mínimas de inhibidores, los datos obtenidos fueron ingresados en el software NCSS 11 Data Analysis, el cual nos proporcionó las condiciones a evaluar en cada uno de los materiales lignocelulósicos y así, realizar la validación experimental (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Comparación de los resultados obtenidos de la validación experimental de la optimización con resultados del diseño experimental

Tratamiento	Glucosa (g/L)	Xilosa (g/L)	Ac. Acético (g/L)	5-HMF (g/L)	Furfural (g/L)	
AT	OX	2.424 ± 0.258	23.175 ± 1.642	3.794 ± 0.147	0.000 ± 0.000	0.308 ± 0.004
	MT	0.000 ± 0.000	19.922 ± 0.077	0.995 ± 0.265	0.000 ± 0.000	0.000 ± 0.000
AA	OX	2.587 ± 0.337	27.632 ± 0.590	1.533 ± 0.028	0.000 ± 0.000	0.242 ± 0.001
	MT	2.0256 ± 0.039	12.964 ± 0.074	2.320 ± 0.037	2.414 ± 0.094	0.000 ± 0.000
AB	OX	2.951 ± 1.214	31.800 ± 0.831	1.853 ± 0.325	0.000 ± 0.000	0.209 ± 0.023
	MT	1.914 ± 0.133	17.704 ± 0.026	1.851 ± 0.056	2.601 ± 0.026	0.048 ± 0.011
AME	OX	4.043 ± 0.196	24.423 ± 0.747	1.758 ± 0.269	1.289 ± 0.222	0.222 ± 0.003
	MT	1.880 ± 0.191	16.975 ± 0.626	1.182 ± 0.008	0.757 ± 0.020	0.094 ± 0.002

OX: Optimización de máxima concentración de xilosa

MT: Mejor tratamiento del diseño experimental

## CONCLUSIONES

En el pre-tratamiento ácido, las concentraciones más altas de xilosa se obtuvieron empleando soluciones más concentradas de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1.5% v/v), sin embargo, también se obtienen concentraciones altas de inhibidores, los cuales no son deseables.

Realizando la validación experimental de la optimización, se lograron obtener concentraciones más elevadas de xilosa comparado con el diseño Box-Behnken.

## REFERENCIAS

- Narvaez, Z.J. y T.F. Sanchez, Agaves as a raw material, recent technologies and applications. Recent Patents on Biotechnology, 3 (3), 1-7 (2009).
- Castañón-Rodríguez, J. F., Portilla-Arias, J. A., Aguilar-Uscanga, & B. R., Aguilar-Uscanga, M. G. (2015). Effects of oxygen and nutrients on xylitol and ethanol production in sugarcane bagasse hydrolyzates. Food and Science Biotechnology, 24(4), 1381-1389.
- Pothiraj, C., Kanmani, P. y Balaji, P., (2006). Bioconversion of Lignocellulose Materials, Mycobiology 34(4): 159 – 165.
- Prasad, S., Singh, A. y Joshi, H., (2007). Ethanol as an alternative fuel from agricultural, Industrial and urban residues. Resources, Conservation and Recycling, 50, 1-39.