

PLANTAS MUCILAGINOSAS EN LA CLARIFICACIÓN DEL JUGO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

MUCILAGINOUS PLANTS IN THE CLARIFICATION OF SUGAR CANE JUICE

Walter Francisco Quezada Moreno^{1*}, *Walter David Quezada Torres*²
*e Irenia Gallardo Aguilar*³

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi. Avenida Simón Bolívar s/n Barrio El Ejido /San Felipe. Latacunga, Ecuador. Código Postal: 050108.

² Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Ibarra. Avenida Jorge Guzmán Rueda y Avenida Aurelio Espinoza Polit. Ibarra, Ecuador. Código Postal: 100112.

³ Departamento de Ingeniería Química. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Noviembre 2, 2015; Revisado: Diciembre 3, 2015; Aceptado: Enero 6, 2016

RESUMEN

El objetivo es incorporar soluciones mucilaginosas en la clarificación de jugos, como alternativa de mejora de los productos finales que se producen en la industria panelera. De un estudio realizado con 14 plantas con propiedades mucilaginosas, cinco especies vegetales. La Malva silvestre (*Malva peruviana L.*), Yausabara (*Pavonia sepium A. St-Hil*), Yausa (*Abutilon insigne Planch*), Cadillo negro (*Triumfetta lappula L*) y Falso Joaquín (*Hibiscus rosa sinensis*), estamparon los mejores resultados de turbidez como agentes clarificadores. Experimentalmente se ensayaron tres factores como: concentración de la solución, cantidad de solución añadido al jugo y temperatura de incorporación, en dos niveles, juzgado por la variable turbidez, como respuesta. Resultados de turbidez muestran que los factores ensayados, afectan significativamente en la clarificación del jugo (claros y brillantes) lográndose con las especies vegetales en su orden (Yausabara, Yausa Malva silvestre, Falso Joaquín y Cadillo negro).

Palabras clave: clarificación, jugo de caña, plantas mucilaginosas, turbidez.

Copyright © 2016. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Walter F. Quezada, Email: mfrancisco473@gmail.com

ABSTRACT

The aim is to incorporate mucilaginous solutions in the juice clarification process as an alternative for improving the final products that are produced in the agribusiness panela in Ecuador. The study was conducted with 14 mucilaginous plants properties, five plant species: Mallow wild (*Malva peruviana L.*), Yausabara (*Pavonia sepium A. St-Hil*) Yausa (*Abutilon famous Planch*), black Cadillo (*Triumfetta Lappula L*) and False Joaquín (*Hibiscus rosa-sinensis*), it was obtained excellent results as clarifying agents. Three factors were assayed experimentally such as solution concentration, amount of solution added to the juice and incorporation temperature on two levels, judged by turbidity variable as a response. The results indicated that the factors tested affect significantly the juice clarification (clear and bright) and the best results were achieved with turbidity (Yausabara and Yausa Malva silvestre, Falso Joaquín y Cadillo negro) and with the combinations obtaining juices.

Key words: clarification, cane juice, mucilaginous plants, turbidity.

1. INTRODUCCIÓN

La producción y consumo de azúcar integral sin refinar en forma de bloque sólido a nivel mundial, se acerca a los 13 millones de toneladas anuales y en América Latina y el Caribe se estima la existencia de cerca de 50000 trapiches que en conjunto vinculan a más de un millón de personas. Colombia es el primer productor de panela en América y segundo en el mundo. El gremio panelero lo conforman más de 20000 trapiches y producen 1 300 000 toneladas por año, que representan el 7 % del PIB agrícola con una participación del 1,06% en el gasto nacional de alimentos (Rodríguez et al., 2007). Es conocida esta actividad como la locomotora generadora de trabajo, Cruz (2013), donde el apoyo del estado es permanente y directo (FEDEPANELA, 2015). En el Ecuador, se estima que existen 519 fábricas, número que día a día disminuye por la falta de incentivos por parte del Gobierno y una ley especial al sector, que promueva su desarrollo (Quezada, 2015; Baquero y Lucio-Paredes, 2010; MAG, 2006; Poveda, 2014). La panela o Jaggery (azúcar no refinada) es producida por la evaporación del agua del jugo de caña de azúcar en ollas de acero situadas sobre hornos (Kiran et al., 2014), Jaffé (2012).

En términos generales, el proceso en fábrica inicia con etapas de extracción del jugo, purificación, evaporación y concentración final. La falta de tecnificación y mejoras en los procesos, afecta la calidad, donde las etapas de purificación y concentración son concluyentes. En la clarificación industrial del jugo, para separar y precipitar las impurezas, se combinan varios tratamientos que se realiza por sedimentación, flotación y filtración, Rein (2007).

La purificación comprende la limpieza, pre- limpieza y clarificación del jugo. Esta última, consiste en la separación de los no azúcares disueltos en el jugo e impurezas gruesas que se separan por efecto del incremento de temperatura del jugo y por la acción de sustancias clarificadoras que pueden ser naturales como los mucílagos y químicos, Fernández (2003), Sentmanat (2010), (Blanco y Zumalacárregui, 2006) y que se realiza bajo el principio de flotación y sedimentación, Batule (2004). El mucílago del

tallo y las raíces de burío (*Heliocarpus appendiculatus*) como floculante para la clarificación o limpieza de los jugos de caña, es una práctica para obtener productos orgánicos como el dulce y azúcar (Gutiérrez y col., 2004).

En el África los mucílagos son extraídos para purificar alimentos, frutos de okra y hojas de baobab son macromoléculas complejas compuestas por polisacáridos, proteínas y minerales y que su viscosidad disminuye notablemente con el incremento de temperatura (Mark et al., 1976). En la India utilizan cortezas de *Lneus Hibisco*, *Hibiscus esculentus*, *Bombus malbaricum*, *Kydia calycina*, que se sumergen en agua y la solución resultante añaden al jugo solo antes de iniciar la ebullición, Jaffé (2014). Una investigación del mucílago del *Hibisco esculentus*, en la actividad de coagulación-floculación para cerveza, a partir de 35 NTU de turbidez, alcanzan clarificaciones de 22,1 hasta 28,8 NTU (Yao et al., 2005). El uso de clarificadores naturales como los mucílagos, incorporados al jugo en solución, hoy en día es una práctica que va en aumento, Quezada (2015).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La experimentación se desarrolló a 2100 metros sobre el nivel de mar (msnm), a una temperatura ambiente promedio de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Se recolectaron 14 especies vegetales con propiedades mucilaginosas, que fueron valoradas y analizadas mediante análisis fitoquímico cualitativo, cuyo objetivo fue determinar el grado de toxicidad de las mismas y su uso industrial. Se valoró los extractos de las catorce especies con fin de establecer el poder clarificador en el jugo de la caña a través de la variable turbidez. Las plantas se trituraron, maceraron en agua y agitaron de forma manual y mecánica y se estrujaron para separar de la solución mucilaginosa. Las soluciones utilizadas se prepararon con 100 gramos de especie vegetal en 1,0 litro de agua. Se experimentaron concentraciones de 50 y 150 gramos de material/litro de agua, que fueron rechazadas por proporcionar soluciones altamente diluidas en el primer caso y escaso rendimiento en el segundo caso. La solución mucilaginosa se incorporó al jugo, se agitó y se separó los no azúcares o cachaza una vez coagulados. De acuerdo al poder clarificador del mucílago en el jugo, se seleccionaron cinco especies vegetales (Malva silvestre, Cadillo, Falso joaquín, Yausabara y Yausa), según la turbidez y características del jugo (claro). Se establecieron factores, niveles y variable respuesta, según la tabla 1, considerando estudios de incorporación del mucílago de balsa al jugo en 2,5 % a temperaturas entre 50 y 85 °C para retirar la cachaza negra y la cachaza blanca a temperatura de ebullición (Pérez, 2004). De 15 a 30 litros de solución clarificadora/500 litros de jugo, que corresponde al 3 al 6 % (Prada, 2002; Aguiar, 2001; Azain, 2002). En América Latina la clarificación de jugos con productos naturales o químicos se realiza entre 50-55°C, Jaffé (2014) práctica común, pero poco eficiente. En la India la incorporación de yerba clarificadora es directa a razón de 45 g/100 kg jugo (Singh et al., 2013). Los mucílagos forman soluciones viscosas a bajas concentraciones (5-10 g/litro), sin embargo, las soluciones de mucílago no son estables al calor y pierden gran parte de su viscosidad cuando se calientan (Mark et al., 1976). La clarificación industrial del jugo de caña, sucede entre 50 a 102°C, Rein (2007).

Se utilizó un diseño factorial 2^3 y se valoró estadísticamente con el software *Statgraphics Plus 4*. El control del efecto clarificador del mucílago en el jugo, se juzgó

mediante la variable respuesta turbidez, utilizando un turbidímetro HANNA HI 93703, de unidades FTU (Unidades de Turbidez Formazin) conocidas como NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Tabla 1. Variables y niveles de estudio en la clarificación

<i>Factores (X)</i>	<i>Niveles</i>		<i>Unidades</i>	<i>Variable respuesta Turbidez (T)</i>
	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>		
Concentración planta (X ₁)	75	100	g/L	NTU
Temperatura (X ₂)	50	90	°C	
Solución mucílago jugo (X ₃)	2	8	%	

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis Fotoquímico cualitativo de las plantas mucilaginosas

La presencia de componentes tóxicos en las especies analizadas es escasa (+) o negativa (-) en la mayoría de las plantas, resultados favorables para ser utilizadas en la clarificación de jugos, tabla 2.

Tabla 2. Cribado fitoquímico cualitativo de plantas con propiedades mucilaginosas

<i>Especie vegetal</i>	<i>Uso</i>	<i>Presencia del Componente</i>							
		<i>Sap.</i>	<i>Tan.</i>	<i>Alc.</i>	<i>Trit.</i>	<i>Flav.</i>	<i>Ant</i>	<i>Glic. Cian.</i>	<i>Est.</i>
Cadillo (<i>Triumfetta lappula L</i>)	AIR-Mt	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Blaso blanco (<i>Heliocarpus americanus L</i>)	AIR	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Baloso rojo (<i>Ochroroma pyramidale</i>)	AIR	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Malva silvestre (<i>Malva peruviana L</i>)	Mt	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Malva Blanca (<i>Malva</i>)	Mt	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Malva Morada (<i>Lavatera arborea L</i>)	Mt	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Abrojo (<i>Bittneria ovata Lam.</i>)	N	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)
Cucarda (<i>Hibiscus syriacus L</i>)	O	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Falso joaquin (<i>Hibiscus rosa sinensis</i>)	O	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Nieve (<i>Calystegia soldanella</i>)	Mt	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Uyanguilla (<i>Basella alba</i>)	Mt	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Moquillo (<i>Saurauia bullosa Wawra</i>)	Mt	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)

Yausa (<i>Abutilon insigne Planch.</i>)	AIR	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)
Yausabara (<i>Pavonia sepium A. St-Hil</i>)	AIR-Mt	(+)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Sap.= Saponinas; Tan.= Taninos; Alc.=Alcaloides; Trit.=Triterpenos; Flav.=Flavonoides; Ant.=Antraquinonas; Glic. cian.=Glicósidos cianogenéticos; Est.=Esteroides
AIR=Agroindustria Rural; Mt=Medicina tradicional; N= Ninguno; O=Ornamental

3.2. Resultados de clarificación de las catorce especies vegetales

La variable turbidez, orientó a determinar el poder clarificador del mucílago en el jugo de caña de cada una de las especies vegetales estudiadas. Cinco de las catorce especies vegetales alcanzaron jugos claros con valores de turbidez inferiores a 100 NTU y que se aprecian con las especies vegetales de Cadillo, Malva silvestre, Falso Joaquín, Yausabara y Yausa, arbustos considerados malas hierbas, excepto la yausa que es un árbol de baja altura, tal como se muestra en la figura 1. Mientras menor es la turbidez la cantidad de impurezas disminuye, condición que se consideró para elegir las especies vegetales para profundizar el estudio.

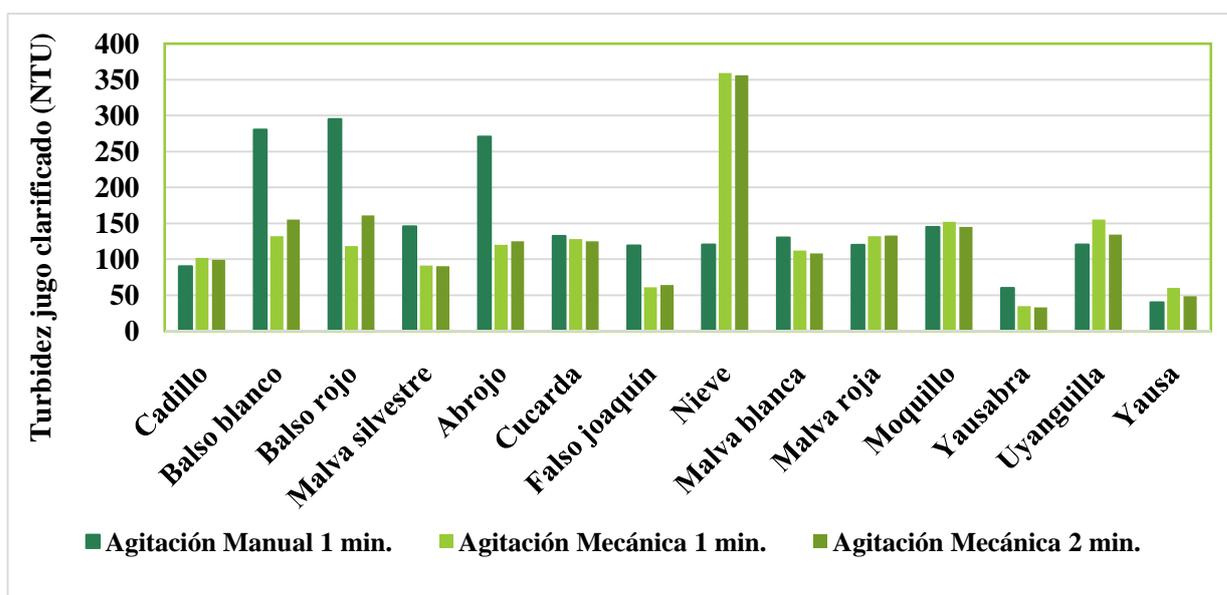


Figura 1. Turbidez de las plantas analizadas

El uso de la cáscara de balso en la clarificación de jugos de caña utilizada en la agroindustria panelera tanto de Ecuador y Colombia, debe ser criticado ya que es un árbol que está siendo afectado severamente (López y Osorio, 2004), aunque su poder clarificador es superado por otras especies vegetales.

3.3. Resultados de clarificación en el jugo de las cinco mejores especies vegetales

Los resultados del diseño estadístico (tabla 1), definen la especie vegetal que mejor se comporta en la clarificación de los jugos, según el estudio precisado para las cinco mejores especies vegetales, tabla 3.

Tabla 3. Turbidez según el tipo de mucílago después de la etapa de clarificación

Repetición	g/L	°C	%	Malva silvestre (T _{Ms})	Yausabara (T _{Yb})	Yausa (T _Y)	Cadillo (T _C)	Falso Joaquín (T _{Fj})
1	-1	1	-1	157,3	72,3	77	113	136
1	1	1	-1	79,3	59,7	85,3	80	98
1	-1	1	1	88,7	47,8	80,16	86,7	96
1	1	-1	1	105	99	119,7	143	159,7
1	-1	-1	1	118,7	138,3	140	188	170,3
1	-1	-1	-1	175,3	157	187,7	234,7	204
1	1	1	1	73,0	40,3	54	75,3	72
1	1	-1	-1	108,3	140,3	169,3	183	201,3

El efecto del mucílago de las especies vegetales en la clarificación es mejor cuando alcanzan valores bajos de turbidez y es evidente a niveles superiores de los factores. Los modelos matemáticos obtenidos (tabla 4), proyectan el comportamiento del poder clarificador de las mucílagos según la especie y nivel aplicado en el jugo de caña.

Tabla 4. Modelos matemáticos ajustados

Modelo	R ² (%)
$T_{Ms} = 115,71 - 0,625 X_1 - 24,208 X_2 - 15,875 X_3 + 1,2917 X_1X_2 - 0,208 X_1X_3 + 10,542 X_2X_3 - 7,29167 X_1X_2X_3$	93,19
$T_{Yb} = 94,350 - 9,525 X_1 - 39,316 X_2 - 12,982 X_3 + 4,474 X_1X_2 - 2,192 X_1X_3 + 2,0171 X_2X_3 + 3,474 X_1X_2X_3$	98,90
$T_Y = 113,967 - 7,241 X_1 - 39,842 X_2 - 15,509 X_3 + 2,783 X_1X_2 - 4,384 X_1X_3 + 8,467 X_2X_3 - 4,241 X_1X_2X_3$	98,70
$T_C = 137,958 - 17,625 X_1 - 492 X_2 - 14,708 X_3 + 6,542 X_1X_2 + 3,542 X_1X_3 + 6,958 X_2X_3 + 1,875 X_1X_2X_3$	99,90
$T_{Fj} = 142,167 - 9,417 X_1 - 41,667 X_2 - 17,667 X_3 - 6,083 X_1X_2 + 0,75 X_1X_3 + 1,167 X_2X_3 + 2,75 X_1X_2X_3$	99,40

Los mejores resultados se obtienen cuando están en sus niveles superiores en las tres variables estudiadas. Los modelos matemáticos muestran el mejor grado de clarificación alcanzado a través de la variable turbidez y que se evidencia con la especie vegetal yausabara, seguido en su orden la yausa, malva silvestre, falso Joaquín y cadillo. El comportamiento de los modelos para la turbidez en su orden, falso Joaquín, yausa, yausabara, cadillo y malva muestran que mayor efecto tiene la temperatura seguido del porcentaje de solución mucilaginoso incorporado y finalmente la concentración del mucílago, en sus niveles máximos. El grado de significancia está en dependencia de la naturaleza de la especie vegetal. Las figuras 2, 3, 4 y 5 de diagramas de Pareto estandarizadas para la turbidez, justifican lo señalado.

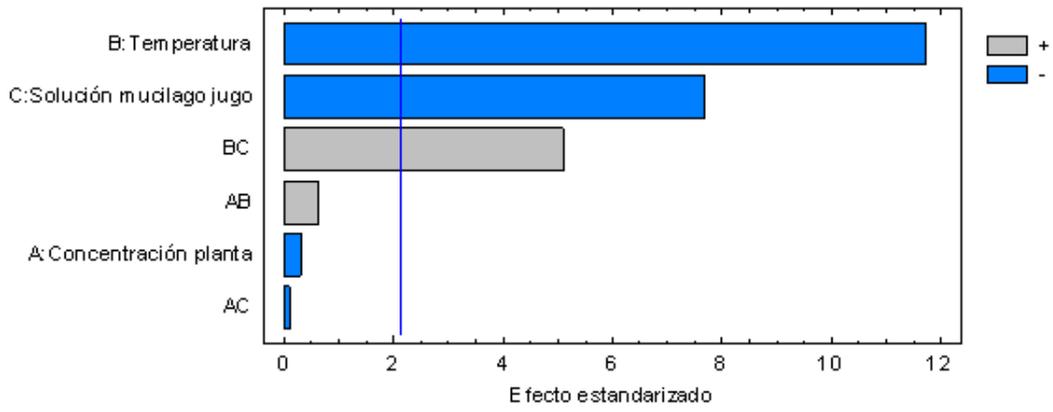


Figura 2. Turbidez de la especie Malva Silvestre

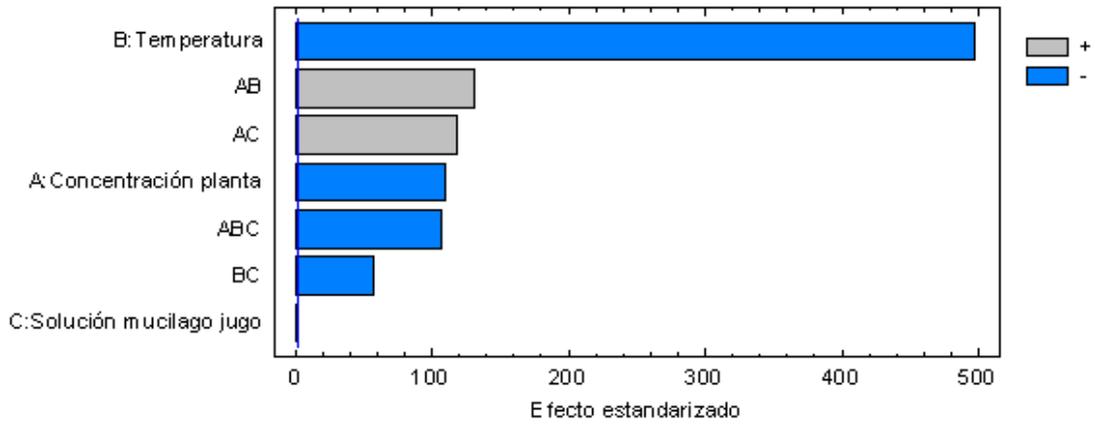


Figura 3. Turbidez de la especie Yausabara

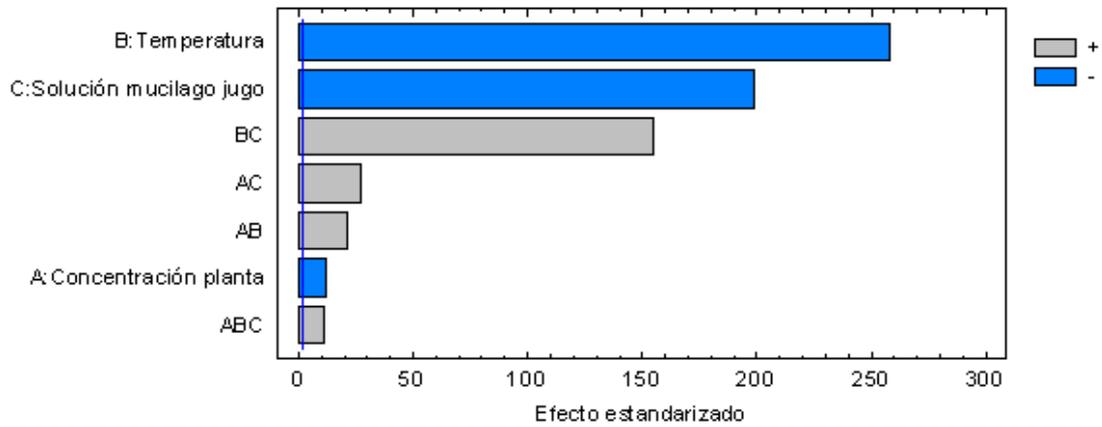


Figura 4. Turbidez de la especie Yausa

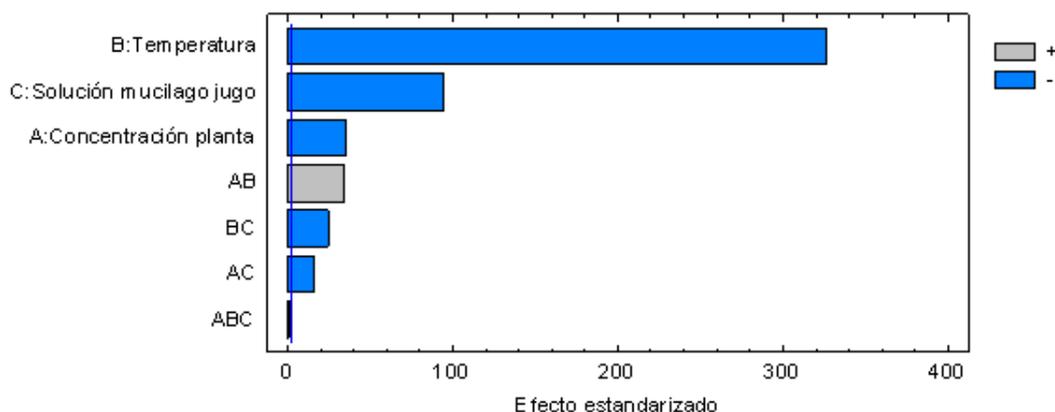


Figura 5. Turbidez de la especie Cadillo

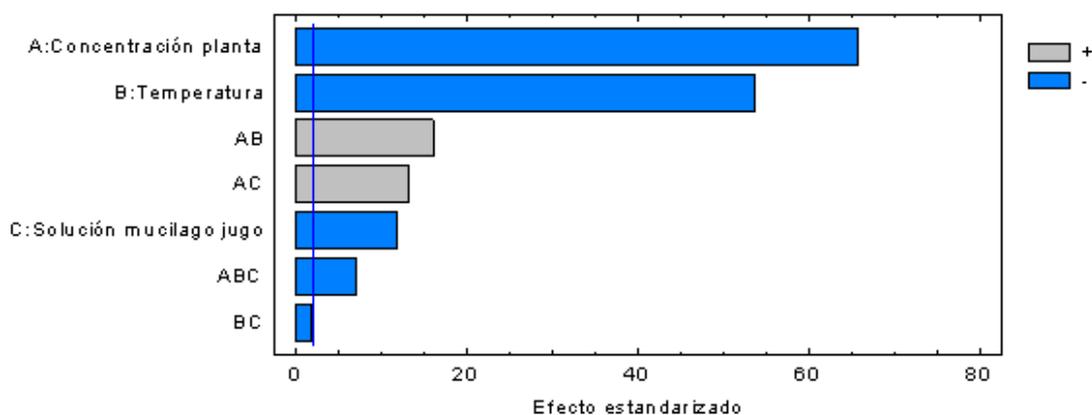


Figura 6. Turbidez de la Falso Joaquin

En las figuras 2, 3, 4 y 5 la variable dependiente temperatura tiene mayor significancia sobre la turbidez del jugo y en menor proporción inciden el porcentaje de solución incorporado, la concentración del mucilago y sus interacciones. Para el caso de la malva, el poder clarificador no es significativo la variable concentración de la planta y sus interacciones con la temperatura y el porcentaje de solución incorporado, igual sucede para la especie vegetal yausabara con esta última variable.

Los resultados estadísticos se corresponden con el jugo clarificado y que dependen de la especie vegetal, factores y niveles. La eficiencia del proceso de clarificación determinan el color y turbidez del jugo principalmente, Batule (2004). Para jugos claros y brillantes se alcanzaron únicamente con las plantas de yausabara (40,3 NTU) y yausa (54 NTU), valores de turbidez menores o similares a los medidos in situ de jugo clarificado en el ingenio azucarero IANCEM de nuestro país (46,15 NTU) y que es indicativo de un adecuado proceso de coagulación y separación de no azucares, conocido como cachaza o scum (Kiran et al., 2014).

Jugos claros se alcanzó con las especies vegetales malva, falso Joaquín y cadillo en un rango de turbidez entre 72 a 75 NTU, comparables a los reportados en un estudio realizado en un ingenio azucarero de Colombia y que están entre 62 y 210 NTU de turbidez, Cardona (2009).

4. CONCLUSIONES

1. Las variables evaluadas tanto de concentración, temperatura y porcentaje de mucílago incorporado al jugo de caña y monitoreadas bajo la variable respuesta turbidez, se logra mejores resultados (jugos claros y brillantes) clarificados con las plantas de Yausabara, seguido de la Yausa, Cadillo, Falso Joaquín y Malva silvestre.
2. Por los resultados obtenidos técnicamente los mucilagos son una alternativa de clarificación natural viable en jugos de caña y correspondería establecerse la sostenibilidad de este procedimiento en industrias paneleras mediante acciones ejecutivas.

AGRADECIMIENTOS

- El autor principal agradece al grupo de Investigadores del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Química y Farmacia en la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas de Cuba, que aportaron exclusivamente a esta investigación.
- A la Dra. Moraima Mera, laboratorista de la Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra, por el apoyo en la valoración de los mucílago.

REFERENCIAS

- Aguar, S. B., Bases técnicas para el establecimiento y manejo del cultivo de la caña en el departamento de Casanare. CORPOICA, Boletín técnico No. 24, Editora Guadalupe, Colombia, 2001, pp. 56-65.
- Azain, A., Guía para la elaboración de panela., Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, Municipio de Mocoa, Colombia, 2002, pp.12-17.
- Baquero, M. y Lucio-Paredes, A., La Agroindustria ecuatoriana: un sector importante que requiere de una ley que promueva su desarrollo., Universidad Politécnica Salesiana. Revista La Granja Vol. II, No. I, 2010, pp. 44-46.
- Batule, E., Fundamentos de Clarificación del jugo de caña y meladura., Serie azucarera 15, 15 BN-9977-54-D56X, Capítulos I-II, Cuba, 2004.
- Blanco, G., y Zumalacárregui, L., Comportamiento de la viscosidad de la disolución mucilaginosa de cadillo Triunfeta empleada en la clarificación de jugos de caña., Centro Azúcar, Vol., 33, No. 3, 2006, pp. 11-18.
- Cardona, M., Seguimiento de las variables fisicoquímicas del clarificador SRI y verificación de la eficiencia del tacho continuo Fletcher Smith para la optimización de la elaboración de azúcar en el ingenio Risaralda., Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela de Tecnología Química, Colombia, pp.30-53, 2009.
- Cruz, A., Continúa sin solución la crisis del sector panelero Colombiano., [En línea]. El País.com.co. <http://www.elpais.com.co/elpais/economia/noticias/continua-sin-solucion-crisis-sector-panelero-colombiano>, 2013. [Consultado: 04 junio 2015]
- FEDEPANELA. Ministerio de Agricultura aprueba recursos por 10.300 millones de pesos para el sector panelero., Publicado Jueves, 07 Mayo 2015,

- <http://www.fedepanela.org.co/index.php/publicaciones/noticias/90-ministerio-de-agricultura-aprueba-recursos-por-10-300-millones-de-pesos-para-el-sector-panelero1>, 2015, [Consultado: 02 junio 2015].
- Fernández, N., Estudio para la implementación de una planta de producción de panela., Tesis en opción al grado de Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003.
- Gutiérrez, A., Mesén, F., y Villalobos, R., Propagación del burío. Un recurso no maderable del bosque tropical, útil para el procesamiento de dulce y azúcar orgánicos., Comunicación Técnica de Recursos naturales y Ambientales. Universidad Nacional de Colombia, CATIE, Sede Medellín, Colombia, 2004, pp. 80-87.
- Jaffé, W., Non-centrifugal sugar: world production and trade., Panela Monitor, www.panelamonitor.org, 2012, pp.4-48.
- Jaffé, W., Non-centrifugal cane sugar (NCS) (panela, jaggery, gur, muscovado) process technology and the need of its innovation., Panela Monitor, www.panelamonitor.org, 2014, pp. 8-17.
- Kiran, Y., Sravan, K., Narendra, G., y Sanjay, M., Energy improvements in jaggery making process., Energy for Sustainable Development, Vol. 18, No. 2 (February), 2014, pp. 36-48.
- López, J., y Osorio, G., Especies vegetales utilizadas como agentes aglutinantes y floculantes en la agroindustria panelera., Boletín divulgativo Plegable, CORPOICA, Colombia, 2004, pp. 1-4.
- MAG., La Agroindustria en el Ecuador. Un Diagnóstico Integral., Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG. Con el apoyo del IICA. Ecuador, 2006, pp.5-365.
- Mark, L., Woolfe, M., Chaplin, M., y Otchere, G., Studies on the Mucilages Extracted from Okra Fruits (*Hibiscus esculentus L.*) and Baobab Leaves (*Adansonia digitata L.*), Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 28, No. 6, 1976, pp. 519-529.
- Pérez, P., Mucílago pulverizado obtenido a partir de la cáscara de cacao, una alternativa en la clarificación de jugos en la industria panelera., Tesis presentada en opción al título de Gestión de Proyectos de Desarrollo Agroindustrial, Universidad Nacional, Manizales. Colombia, 2004.
- Prada, L., Mejoramiento en la calidad de la miel y panela., PRONATA -CORPOICA-CIMPA, COLOMBIA, 2002, pp. 21-22.
- Poveda, V., Ecuador, El cambio de la matriz productiva y los retos por la sustitución de importaciones., d+i LLORENTE & CUENCA, Consultora senior, Disponible en: www.dmasillorenteycuenca.com, 2014, pp.1-2.
- Quezada, W., Procedimiento para la intensificación y reconversión de instalaciones paneleras., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Especialidad Ingeniería Química en la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Cuba, 2015.
- Rein, P., Cane sugar engineering., Printing and Binding Elbe Druckerei Wiittemberg, Berlin, Alemania, Chapter X, 2007, pp. 219-221.

- Rodríguez, G., García, H., Roa, Z., y Santacoloma, P., Panela production as a strategy for diversifying incomes in rural area of Latin America., AGSF, Working Document 6, FAO, Roma, 2007, pp.9-10.
- Sentmanat, J., Clarifying Liquid Filtration., Chemical Engineering, Vol. 118, No. 10, 2010, pp.38-47.
- Singh, J., Solomon, S., y Kumar, D., Manufacturing Jaggery, a Product of Sugarcane, As Health Food. Agrotechnology, Vol. 1, No. (Special Issue), 2013, pp. 2-3.
- Yao, B.; Assidjo, E.; Gueu, S., y Ado, G., Study of the *hibiscus esculentus* mucilage coagulation–flocculation activity., J. Appl. Sci. Environ. Mgt., Vol. 9, No. 1, pp. 173–176. 2005.