

Producción de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) deshidratado a partir de especies nativas para suplir la necesidad de extractos vegetales en el proceso panelero

Production of guacimo (Guazuma ulmifolia) dehydrated from native species to supply the need for plant extracts in the panelero process

DAVID ERNESTO ÁVILA CUBILLOS

Regional Cundinamarca
Sena CDA, Chía
Centro de Desarrollo Agroindustrial y Empresarial, Villeta
davidlac@sena.edu.co

DANIEL FELIPE ÁVILA FLÓREZ

Regional Cundinamarca
SENA, CDA, Chía
daniel.avila1254@gmail.com

MARÍA CONSUELO QUIROGA M.

Regional Cundinamarca
Sena CDAE, Villeta
mquiroga@sena.edu.co

Apoyo aprendices semillero de investigación:

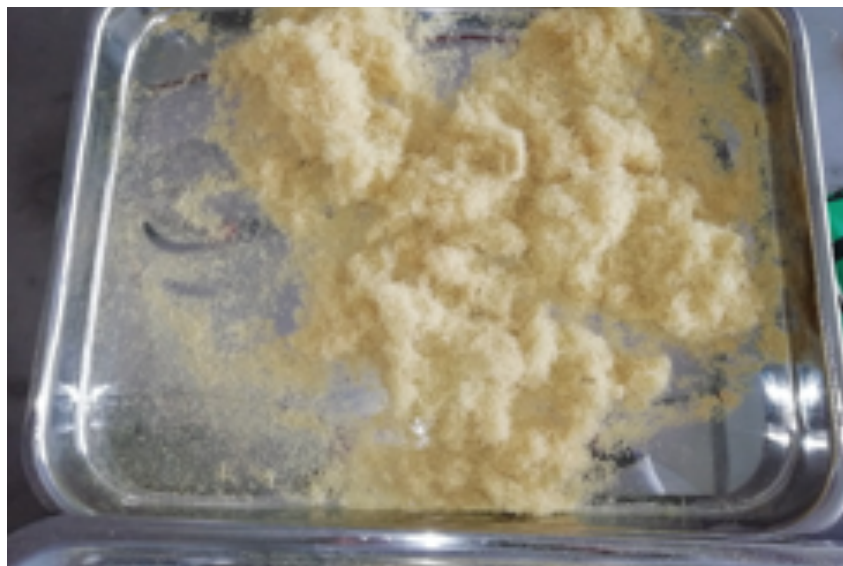
Yesica Andrea Acero Gómez y
Tania Vargas Alonso

Fecha de recepción: 02-11-2018

Fecha de evaluación: 09-11-2018

Fecha de aceptación: 13-11-2018





Producción de guácimo (*Guazuma ulmifolia*) deshidratado a partir de especies nativas para suplir la necesidad de extractos vegetales en el proceso panelero

Resumen

El tallo de guácimo fue caracterizado, tomando muestras de 40 tallos de distintos árboles en plantación, contando con 4 cm de diámetro, contenido de agua en la corteza superior al 70% y 12,29% de impurezas. La corteza de guácimo se pulverizó y luego se liofilizó; el pulverizado y el liofilizado contaron con 10,13% y 3% de humedad respectivamente, cuantificado con una balanza de humedad. Se comparó el uso del floculante de manera artesanal (corteza húmeda) y con el pulverizado, se usan aproximadamente 300 g en proceso artesanal y 50 g con corteza pulverizada para 1T; la corteza pulverizada obtuvo un porcentaje de remoción de turbidez de hasta 85,83%, demostrando la utilidad del pulverizado a futuro. Un diseño experimental se realizó para determinar la interacción entre el porcentaje adicionado de floculante y la concentración del floculante, demostrando que existe interacción y el porcentaje es el que más efecto tiene sobre la turbidez final.

Palabras clave: floculantes naturales, mucílago, caña de azúcar, panela, jugo de caña.

Abstract

The guacimo stem was characterized, taking samples of 40 stems of different trees in plantation, counting with 4cm of diameter, water content in the bark superior to 70% and 12.29% of impurities. The guacimo bark was pulverized and then lyophilized, the pulverized and lyophilized had 10.13% and 3% humidity respectively, quantified with a humidity balance. The use of the flocculant was compared in its artisanal use (wet bark) and with the pulverized one, approximately 300 g is used in the artisanal process and approximately 50 g with powdered bark for 1T; the powdered bark obtained a percentage of removal of turbidity of up to 85.83%, demonstrating the usefulness of the pulverized bark in the future. An experimental design was carried out to determine the interaction between the added percentage of flocculant and the concentration of the flocculant, proving that the interaction exists, and that the percentage had the most effect on the final turbidity.

Keywords: Natural Flocculants, Mucilage, Sugarcane, Panela, Cane Juice.

Introducción

En la producción de panela se cuenta con un proceso de clarificación de jugo de caña, este proceso se facilita con el uso de floculantes, el campesino productor de panela utiliza de manera artesanal floculantes naturales usando a su disposición las plantas disponibles en la región.

Comúnmente se manejan tres tipos de plantas con la capacidad de formar mucilago, el cual es un polisacárido hidrocoloide que retiene agua debido a la presencia de grupos hidroxilos, derivado de glúcidos gelatinosos y viscosos con una gran capacidad para retener los líquidos, por ello al hidratar-se aumentan de volumen (Quezada, 2014), este es utilizado para suspender sustancias insolubles y aumentar la viscosidad; según la altura de los lugares de producción las tres plantas son: guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), para altura entre 700 y 1.200 msnm, balso (*Heliocarpus americanus* L.) y cadillo (*Triumfetta láppula* L.), para zonas con alturas superiores a 1.400 msnm (Osorio, 2007).

En algunos sectores del país el uso de estas plantas se encuentra prohibido debido a que su uso excesivo puede llevar a la deforestación, esto obliga a algunos productores de panela a utilizar floculantes artificiales como las poliacrilamidas, las cuales pueden contener residuos del monómero acrilamida compuesto catalogado como posible carcinógeno para los humanos (grupo 2A) por la International Agency for Research on Cancer (IARC) (IARC, 2018); sin embargo en el caso del guácimo no se presenta dicho inconveniente puesto que se trata de una planta con un periodo de crecimiento que coincide con el cultivo de caña de azúcar y no se estaría deforestando, sino simplemente realizando una acción de poda junto al cultivo de caña.

El uso de floculantes naturales de manera artesanal tiene inconvenientes, el primero de ellos es que no se puede controlar una dosis óptima a usar para la

formación del floculante, otro inconveniente es que existe un posible riesgo de contaminar los jugos de caña al usarse la corteza de estas plantas y la misma puede contener hongos, bacterias, células muertas u otros agentes contaminantes.

Ante la situación presentada se realizó un proyecto de investigación con el fin de obtener el floculante natural, estandarizar el proceso extractivo de la corteza de guácimo y su procesamiento en las diversas etapas hasta su deshidratación, teniendo en cuenta que se cuenta con una bibliografía limitada del tema.

Metodología

Durante la investigación se acudió a un trapiche panelero ubicado en Tobia Cundinamarca, donde se contó con muestras de guácimo y el proceso productivo de panela. Se tomaron 40 muestras de tallo de guácimo, como muestra significativa de la plantación disponible, los tallos se cortaron alrededor de 60 cm de largo, de manera equitativa entre varios árboles de la plantación, esto por facilidad de transporte, con el fin de caracterizar los tallos con relación a sus medidas y peso. Estos tallos luego fueron cuidadosamente limados para limpiarlos de posibles contaminantes y contar únicamente con la corteza de guácimo.

Una vez adecuados los tallos, se les separa la corteza en tiras, tanto a las impurezas como a la corteza se les tomó el peso para determinar la cantidad que correspondía cada una comparada al peso total del tallo, a las tiras se les cortó en trozos de aproximadamente 2 cm para luego pasar a un molino de cuchillas en el que se obtuvo la corteza de guácimo pulverizada junto a fibras residuales, estos dos productos pasaron por un tamiz para ser separados ya que las fibras no forman parte del floculante.

La corteza pulverizada fue usada para producir el floculante, usándose una solución de una proporción 1:5 entre la corteza pulverizada y agua destilada.

La corteza pulverizada en solución pasó a un proceso de deshidratación por liofilizado, en donde se obtuvo el pulverizado deshidratado. Se tomaron medidas del porcentaje de humedad por medio de una balanza de humedad, antes y después del liofilizado.

Además, se realizó un registro del proceso artesanal de producción de panela con el fin de observar las propiedades floculantes del guácimo, se prepararon dos lotes de panela, uno sin guácimo y otro con guácimo que corresponde a procesar 300 kg y 630 kg de caña de azúcar. Midiendo durante el proceso pH y °Brix, al jugo de caña durante distintos puntos del proceso; pH y viscosidad al guácimo, en una solución 1:5, correspondientes a 200 g de guácimo en 1 L, antes de disolver la solución hasta los 20 L. La viscosidad se determinó con ayuda de un viscosímetro rotacional marca Fungilab modelo ALPHA SERIES ALPL101271; el pH con un pH-metro marca BANTE modelo 900P; los grados Brix se determinaron con un refractómetro de rango de 0-85 °Brix marca Milwaukee, modelo MA871. Todas las pruebas se realizaron a temperatura estándar de 25 °C.

Con el fin de contrastar las cantidades usadas en el proceso artesanal con la cantidad pulverizada, se realizó un diseño de experimentos 22 con 3 repeticiones, de acuerdo a la Tabla 1, tomando como variable respuesta el porcentaje de disminución de turbidez. El diseño de experimentos se realizó con especial interés en observar la interacción de los factores y facilitar futuros experimentos más amplios. Los resultados obtenidos se analizaron con el *software* IBM SPSS Statistics 24, versión de prueba. Las soluciones floculantes se obtuvieron por medio de la corteza deshidratada, en las concentraciones especificadas, en una plancha de calentamiento con agitación magnética, a 600 RPM durante 5 minutos; las muestras de jugo se tomaron directamente del proceso de producción de panela momentos antes de llegado el punto en el que se adicionó el floculante. Las pruebas se realizaron a 70 °C durante 10 minutos. Para evaluar la turbidez del jugo se utilizó turbidímetro HANNA, escala 0,00-10000 NTU.

Tabla 1. Factores y niveles diseño de experimentos. **Fuente:** Elaboración propia.

Concentración de solución (g/mL)	0,01	0,02
Porcentaje en jugo	4%	8%

Resultados

El guácimo se trata de un árbol que puede alcanzar los 15 m de altura, su tronco a la altura del pecho cuenta con un diámetro de 30-40 cm (usualmente menor, de 8 cm), presenta ramificaciones comúnmente desde la base (CONABIO).

La caracterización de los tallos de guácimo se realizó con muestras de 40 tallos, los resultados promedio se presentan en la Tabla 1, se tiene entonces que el diámetro promedio del tallo es de 4 cm, el porcentaje de impurezas presente en el tallo es alto, siendo este de 12,29%, sin embargo al observar la disminución del peso de las impurezas, siendo este del 93,18%, se observa que la mayoría se trata de agua, caso parecido al de la corteza con una disminución en peso de 72,37%, en este caso el porcentaje no es elevado, lo cual era de esperarse puesto que el peso molecular del mucílago presente en la corteza es conocido por ser elevado (superior a 200.000g/mol) (Echeverry, 2004); adicionalmente las muestras se pesaron en peso húmedo y seco.

Se aclara que fueron probados distintos métodos de secado, entre estos el secado en seco y el secado en horno, siendo el secado en seco el que obtuvo mejores resultados ya que permitió una separación de las fibras con mayor facilidad al contar con un tamaño de partícula significativamente mayor al del polvo de la corteza, en el caso del secado en horno luego del pulverizado, el tamaño de partícula entre las fibras y el polvo fue similar por lo que una separación adecuada no fue posible.

La siguiente imagen sirve de comparación visual entre dos cantidades equivalentes de corteza procesada y la cantidad de fibra que se puede separar.



Imagen 1. Fibras separables secado en horno (arriba), secado en seco (abajo). **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 2. Caracterización tallo de Guácimo.
Fuente: Elaboración propia.

Grosor corteza (húmedo) (mm)	2,29
Grosor corteza (seco) (mm)	1,08
Disminución de grosor	52,84%
Peso tallo (g)	559,1
Peso tallo sin impurezas	546,5

Grosor corteza (húmedo) (mm)	2,29
Peso impurezas (húmedo) (g)	68,732
Peso impurezas (seco) (g)	4,69
Porcentaje de impurezas	12,29%
Disminución peso impurezas	93,18%
Peso corteza (húmedo) (g)	143,3
Peso corteza (seco) (g)	39,6
Disminución peso corteza	72,37%
Peso tallo sin corteza (g)	398,5
Diámetro (cm)	4



Imagen 2. Tallos de guácimo. **Fuente:** Elaboración propia.

La corteza del tallo de guácimo se pulverizó por medio de un molino de cuchillas, en este punto del proceso se observó un mejor resultado usando corteza seca a corteza húmeda, mientras que con ambos tipos de corteza se obtiene el pulverizado, la corteza húmeda adquiere un color marrón, que probó continuar luego de la obtención del gel flocculante.



Imagen 3. Extracción de corteza.
Fuente: Elaboración propia.



Imagen 4. Tamizado de corteza pulverizada y fibras de guácimo. **Fuente:** Elaboración propia.

La corteza pulverizada fue pesada en una balanza de humedad, tomando una muestra de 3 g, se obtuvo una humedad inicial de 10,13% con un tiempo de 8:30 minutos y una temperatura de 105 °C.

Debido a las dificultades para separar el gel floculante, la solución utilizada de corteza pulverizada correspondió a 5g/100 mL, concentraciones mayores han demostrado no precipitar los residuos de la corteza o a tomar demasiado tiempo para que resulte práctico, sin la implementación de otros medios de separación.

El proceso de liofilizado tomó entre 24 a 36 horas para su culminación y una vez finalizado el producto obtenido contó con una humedad del 3%. La corteza

deshidratada una vez en solución formó nuevamente el gel y conservó sus propiedades floculantes.

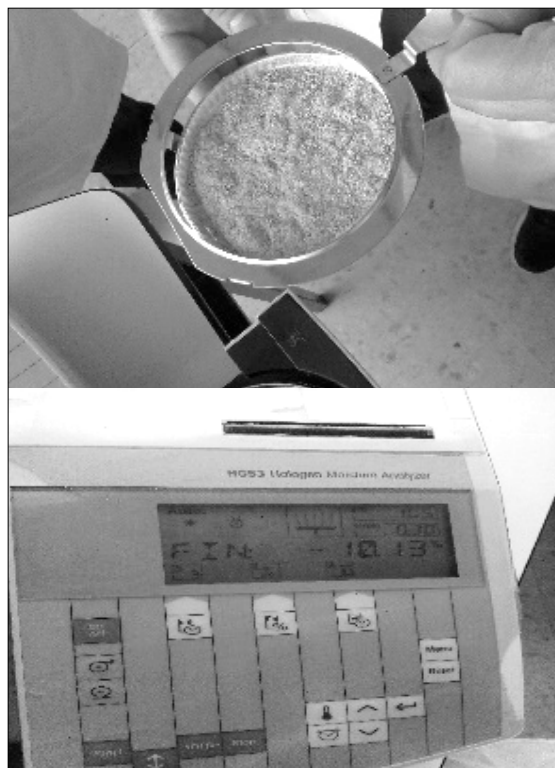


Imagen 5. Determinación del porcentaje de humedad. **Fuente:** Elaboración propia.



Imagen 6. Liofilizado corteza pulverizada de guácimo. **Fuente:** Elaboración propia.



Imagen 7. Corteza de guácimo pulverizado deshidratada.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente a la obtención de pulverizado de corteza de guácimo, se identificó el uso de la corteza de manera artesanal en un ingenio.

Se observó que en el ingenio la corteza era macerada brevemente y luego adicionada en baldes de agua, donde se agitaba manualmente para obtener el floculante, se obtuvo que aproximadamente 300 g de corteza fueron suficientes para 20L y estos fueron precisos para los 630 kg del lote producido con guácimo y, acorde con el operario, pudo ser suficiente para una tonelada de caña, lo cual concuerda con lo registrado por (Echeverry, 2004).

Los resultados de los parámetros medidos para el jugo en distintos puntos del proceso, se observan en la Tabla 3.

Los resultados evidenciaron que la utilización de guácimo aumentó el pH de los jugos, y por tanto fue necesaria una menor cantidad de cal para corregir su pH, adicionalmente se observó que los jugos finales, siendo estos ya miel de caña, tenían una mayor cantidad de sólidos disueltos expresados en un mayor

°Brix obtenido en comparación con los jugos clarificados con guácimo.

Se presentó una comparación visual de los jugos clarificados con la corteza de guácimo y sin la corteza, del mismo modo se presentó la comparación del producto terminado. Es evidente el efecto clarificante de la corteza.

Tabla 3. Producción de panela con y sin guácimo. **Fuente:** Elaboración propia.

Producción de panela sin guácimo			
Cantidad de caña (kg)	300	Bagacillo (kg)	1,9
Bagazo (kg)	110,45	Jugo de caña (kg)	187,65
Rendimiento de extracción	63,18%		
	Primer jugo	Segundo jugo	Tercer jugo
°Brix	15,5	16,2	83,15
pH	5	6,86	6,09
Control de pH en segundo jugo 40 g de cal en 500 mL			
Producción de panela sin guácimo			
Cantidad de caña (kg)	630	Bagacillo (kg)	2,8
Bagazo (kg)	230,145	Jugo de caña (kg)	397,055
Rendimiento de extracción	63,47%		
	Primer jugo	Segundo jugo	Tercer jugo
°Brix	17,4	17,4	72,1
pH	5,58	6,4	5,66
Control de pH en segundo jugo 31 g de cal en 1 L			

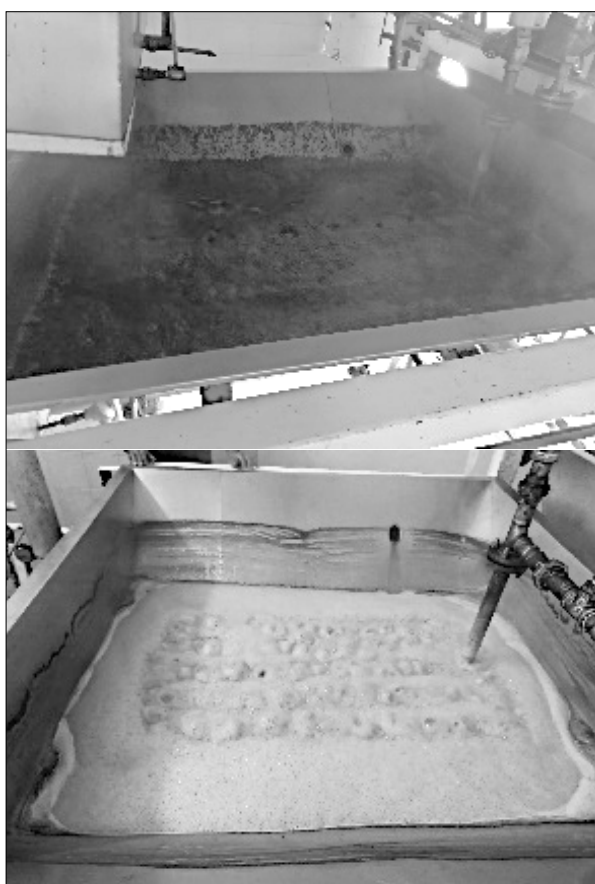


Imagen 8. Comparación de jugo sin clarificar y jugo clarificado, sin guácimo (arriba), con guácimo (abajo)

Fuente: Elaboración propia.



Imagen 9. Comparación del producto terminado, sin guácimo (arriba), con guácimo (abajo).

Fuente: Elaboración propia.

La solución utilizada para la clarificación de los jugos fue de 300 g en 20 L, sin embargo, debido a que se desea liofilizar en un futuro soluciones más concentradas, antes de llevarse a 20 L se trabajó con una solución de 300 g de corteza en 1.500 mL de agua, esta solución se pasó por un filtro de algodón para obtener únicamente el gel floculante. Los resultados obtenidos del gel se observan en la Tabla 4.

De los resultados obtenidos se observa que el mejor es el del usillo L2 a 30RPM con un porcentaje de 51,2%, cercano al 50% buscado, por tanto, el valor que se registró para la viscosidad es el de 511,29cP, siendo este un valor relativamente alto.

Tabla 4. Prueba de viscosidad y pH al floculante.

Fuente: Elaboración propia.

Mucílago	
pH	6,82

Prueba de viscosidad				
Usillo	RPM	%	cP	Max
L1	5	52,7	685,0	1299,9
L1	6	58,5	584,9	999,8
L2	20	40,5	607,4	1499,7
L2	30	45,5	454,9	999,8
L2	30	51,2	511,9	999,8
L2	50	65,4	392,3	599,9

La corteza pulverizada se probó en el trapiche como un posible producto terminado, adicionalmente se le pidió al operario que usara el pulverizado y él mismo hiciera una solución buscando la consistencia que utiliza normalmente, resultando en 50 g de corteza pulverizada en 15 L, suficientes para procesar 1 T de caña de azúcar.



Imagen 10. Solución de floculante en agitación.
Fuente: Elaboración propia.

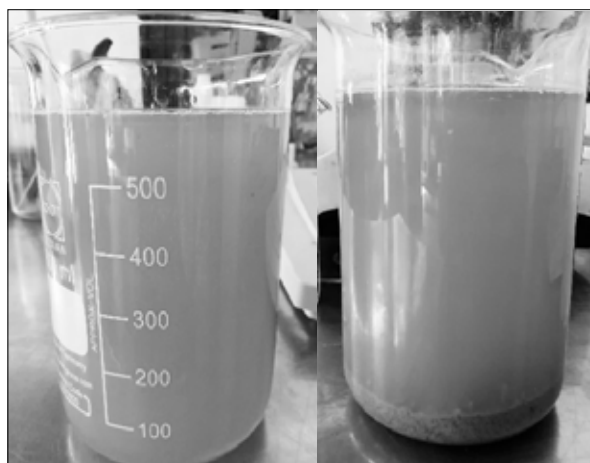


Imagen 11. Solución floculante 0.01g/mL (izquierda), 0.02g/mL (derecha). **Fuente:** Elaboración propia.

En la anterior imagen se puede observar que la solución de mayor concentración tiene una tonalidad más fuerte y una mayor cantidad de precipitado.

Se tomaron muestras en proceso y a las mismas se les adicionó el floculante acorde al diseño de experimentos, los resultados de las pruebas de turbidez se presentan en la Tabla 5. La turbidez inicial registrada fue de 1200 NTU, la reducción de turbidez se determinó por medio de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Reducción de turbidez} = \frac{(\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final})}{(\text{Turbidez inicial})} * 100$$

Tabla 5. Resultados prueba de turbidez con guácimo pulverizado. **Fuente:** Elaboración propia.

Concentración de solución (g/mL)	Porcentaje en jugo	Repetición 1-3 (NTU)			Repetición 1-3 (% reducción de turbidez)		
0,01	4,00%	170	170	200	85,83%	85,83%	83,33%
0,01	8,00%	240	270	220	80,00%	77,50%	81,67%
0,02	4,00%	190	200	170	84,17%	83,33%	85,83%
0,02	8,00%	360	370	330	70,00%	69,17%	72,50%

El análisis de varianza ANOVA arrojó los siguientes resultados:

Tabla 6. Resultados ANOVA. **Fuente:** Elaboración propia.

Resumen del modelo (REDUCCIÓN)

<i>R</i>	<i>R Cuadrada</i>	<i>R Cuadrada Ajustada</i>	<i>Error estándar del Estimador</i>
.90	.82	.78	2.94

ANOVA (REDUCCIÓN)

	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>df</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>F</i>	<i>Sign.</i>
Regresión	346.19	2	173.09	20.01	.000
Residual	77.86	9	8.65		
Total	424.05	11			

Coefficientes (REDUCCIÓN)

	<i>Coefficientes No Estandarizados</i>		<i>Coefficientes Estandarizados</i>	<i>t</i>	<i>Sign.</i>	<i>Intervalo de Confianza 95% para B</i>	
	<i>B</i>	<i>Error Estándar</i>	<i>Beta</i>			<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
(Constant)	101.59	3.70	.00	27.45	.000	93.22	109
Concentración	-486.00	169.82	-.41	-2.86	.019	-870.16	-101-84
Porcentaje	-2.39	.42	-.81	-5.64	.000	-3.36	-1.43

De la Tabla 6 se observa un R^2 por debajo de 0.82, una significancia menor al 0.05, por lo que existe interacción entre la concentración del floculante y su porcentaje agregado al jugo.

El porcentaje de remoción de turbidez varía entre el 69,17% y el 85,83%, valores acordes a los registrados por (Rodiño, 2014), con el uso de guácimo en agua cruda, donde registró un rango de 40 a 90%.

Discusión y conclusiones

La corteza de guácimo tiene altos niveles de agua por encima del 70%, tal como se observa en la Tabla 2.

Al utilizar distintos métodos de secado, el secado en seco directamente en el tallo fue el más efectivo,

puesto que el tallo protege a la corteza de la oxidación, sin embargo, este método requiere de un gasto de tiempo elevado, dependiendo de las condiciones ambientales puede tomarle a la corteza hasta dos semanas para secarse. Por lo que se sugiere la exploración de métodos adicionales para secar la corteza.

El porcentaje de impurezas en la corteza es bastante alto, siendo este del 12,29%, se sugiere que dado caso el proceso de pulverizado de corteza de guácimo se lleve a escala industrial, se tomen medidas adicionales en el cultivo de guácimo para minimizar las impurezas.

La cantidad de corteza húmeda que se utiliza actualmente, con la cantidad de corteza seca que se utilizó para procesar cantidades cercanas a 1 T, siendo estas de 300 g y 50 g correspondientemente,

muestra una eficiencia prometedora para la corteza seca, sin embargo, se deben realizar pruebas más estrictas para determinar un rendimiento real, que tengan en cuenta las cantidades iniciales y finales de corteza húmeda y seca.

La turbidez experimenta un decremento significativo con el floculante, llegando hasta un 85,83% de reducción de turbidez, por lo que el uso de la corteza pulverizada de guácimo prueba ser una alternativa a los métodos actualmente utilizados. Adicionalmente, los resultados muestran que la creencia de que a mayor cantidad de floculante en el jugo, mayor remoción, es errónea, en realidad el de menor porcentaje en jugo (4%) fue el de mejor remoción y el de valores parecidos a los usados de manera artesanal el de menor remoción; por lo tanto es necesario realizar un nuevo diseño de experimentos a menor porcentaje en jugo para determinar un rango óptimo de operación. Así mismo, puede ser que en concentraciones altas se desperdicie parte del floculante, puesto que se observó una mayor cantidad de sedimentos con la solución de 0.02 g/mL, de los que posiblemente todavía se pueden extraer floculante.

El análisis de varianza ANOVA registra que el R^2 no es muy elevado, por lo que el modelo no es preciso, sin embargo, en el momento se intenta confirmar las concepciones que tienen los productores de panela sobre el floculante.

El análisis también muestra una significancia menor al 0.05, por lo que existe interacción entre el porcentaje y la concentración, si se observa la significancia individual de cada factor, se tiene que el factor que más influye es el del porcentaje, por lo que debe ser el factor al que se recomienda ajustar los niveles en futuros experimentos.

Referencias

- CONABIO, C. N. (s.f.). <http://www.conabio.gob.mx>. Recuperado el 1 de 11 de 2018, de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf
- Echeverry, P. (2004). *Mucílago pulverizado a partir de la cáscara de cacao, una alternativa en la clarificación de jugos en la industria panelera*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- IARC, I. A. (15 de 10 de 2018). *Acrylamide - IARC Monographs*. Obtenido de <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono60-16.pdf>
- Osorio, G. (2007). Manual técnico Buenas Prácticas Agrícolas BPA y Buenas Prácticas de Manufactura BPM en la producción de caña y panela. Colombia: CORPOICA, MANA, FAO.
- Quezada, W. (2014). Clarificación del jugo de caña mediante el empleo de plantas mucilaginosas. *Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 41-48.
- Rodiño, J. (2014). Extractos coagulantes naturales de *Hylocereus triangularis*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleifera* para el tratamiento de agua cruda del río Sinú. Colombia: Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental.