

CLARIFICACIÓN DEL JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) MEDIANTE EL EMPLEO DE MUCÍLAGOS NATURALES

*Demera Lucas Francisco Manuel¹, Mendoza Ganchozo Nelson Enrique, Zambrano Velásquez Dennis Lenin

1. Carrera de Agroindustrias, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón ubicado en el km 2.7 vía Calceta-El Morro –El Limón, sector La Pastora, carrera de ingeniería Agroindustrial, Calceta-Manabí, Ecuador, código. Postal 040250, teléfono: 052 685 035. Campus Politécnico el Limón ubicado en el Km 2.7 vía Calceta El Morro- El Limón-sector La Pastora, Autor de correspondencia: F.M. Demera Lucas (Correos electrónicos: franciscodemera@gmail.com Institución: agroindustria@espam.edu.ec)

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el empleo de mucílagos naturales tales como el mucílago de corteza de cacao y mucílago de muyuyo (*Cordia Lutea*) durante el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar. Se aplicó un Diseño Completamente al azar en arreglo bifactorial AxB con tres réplicas por cada tratamiento, tomando como unidad experimental 10L de jugo de caña de azúcar. Para ello, se evaluaron los siguientes factores. A: tipos de mucílagos naturales (mucílago de corteza de cacao y mucílago de muyuyo) y B: porcentajes de mucílagos naturales expresado en mg/L (10000, 11000, 12000 y 13000). Se evaluaron las siguientes variables: residuo de cachaza generada (durante el proceso de clarificación), sólidos en suspensión y colorimetría (luminosidad, tono, croma, eje de coordenada a y b) al jugo de caña de azúcar clarificado. El ANOVA detectó altas significancias para tratamientos y mediante la prueba de Tukey (HSD) con un $P < 0,05$ demostró estadísticamente que el tratamiento 4 (mucílago de corteza de cacao a una cantidad de 13000 mg/L) removió la mayor cantidad de sólidos en suspensión con un valor de 0,019 kg/L, mientras que para la variable residuo de cachaza y colorimetría quedó demostrado que los factores en estudio no incidieron sobre las mismas. La variable que presentó cambios significativos fue la de sólidos en suspensión resultando como mejor tratamiento al T4 (mucílago de corteza de cacao a una cantidad de 13000 mg/L).

Palabras claves: Cacao, cachaza, sólidos en suspensión, colorimetría

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the use of natural mucilages such as the mucilage of cocoa rind and mucilage of Muiyuyo (*Cordia Lutea*) during the process of clarification of sugar cane juice. A completely randomized design was applied in AxB bifactorial arrangement with three replicates for each treatment, taking as a 10l experimental unit of sugar cane juice. To this end, the following factors were evaluated. A: Types of natural mucilages (mucilage of cocoa rind and mucilage of Muiyuyo) and B: percentages of natural mucilages expressed in mg/L (10000, 11000, 12000 and 13000). The following variables were evaluated: generated filter residue (during the clarification process), solids in suspension and colorimetry (luminosity, hue, chroma, coordinate axis A and b) to the sugar cane juice clarified. The ANOVA detected high significances for treatments and the Tukey test (HSD) with a $P < 0.05$ showed statistically that treatment 4 (mucilage of cocoa rind to a quantity of 13000 mg/L) removed the greater amount of solids in suspension with a Value of 0.019 kg/L, while for the variable residue of the filter and colorimetry, it was demonstrated that the factors in the study did not affect them. The variable that presented significant changes was that of solids in suspension resulting as better treatment to T4 (mucilage of cacao rind to an amount of 13000 mg/L).

Keywords: Cocoa, filter cake, suspended solids, colorimetry.

INTRODUCCIÓN

La panela (edulcorante) es un producto alimenticio que se produce principalmente en instalaciones de montaña denominadas trapiches (Díaz e Iglesia, 2012), conocida también como agroindustria panelera (trapiche) que es de tipo rural (Obando, 2010), tradicional y artesanal en todo el mundo, caracterizándose por una producción poco organizada, en la cual no se controlan las condiciones de proceso ni las características del producto terminado. Para cumplir lo anterior, es necesario controlar los factores que afectan la calidad de la panela, los cuales se les clasifica en agroecológicos y de proceso (Mujica et al., 2008), entre los de proceso están: el pH, la velocidad de calentamiento y clarificación.

Quezada-Moreno y Gallardo-Aguilar (2014) expresan que la clarificación de consiste en aglomerar las impurezas procedentes de la extracción del jugo de

caña por calentamiento a temperaturas muy cercanas a la de ebullición mediante la adición de algún agente clarificador. A través de lo anterior, se comprueba la eficiencia de los productos químicos y de los mucílagos naturales empleados para eliminar la cachaza, partículas suspendidas (sólidos en suspensión) y coloidales e impurezas (Zossi et al., 2012), los cuales no son extraídos de forma apropiada durante el proceso de clarificación en la elaboración de panela en el cantón Junín de la provincia de Manabí.

Por la gran acogida que tiene la panela en la provincia antes mencionada, se hace necesario mantener un estándar en cuanto a la calidad del jugo de caña empleado para su elaboración en especial su color, el cual presenta un aspecto no agradable por la presencia de impurezas y de sólidos en suspensión, los mismos que no son extraídos de forma apropiada debido al incorrecto proceso de clarificación, en el cual se emplea mucílagos naturales (mucílago de corteza de cacao y muyuyo) este último pertenece a la clase Magnoliopsida, familia Boraginaceae, género *Cordia* y especie *Lutea* (Fernández, 2013 como se citó en Castro 2015) quienes serán empleados como clarificantes, sin dosificaciones que mantengan estandarizado los productos que se obtienen a partir de ella. El objetivo de esta investigación fue evaluar el empleo de mucílagos naturales (mucílago de corteza de cacao y muyuyo) durante el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de la extracción y clarificación del jugo de caña de azúcar se efectuó en un sistema de molino de rodillos conocidos como trapiche en la propiedad del señor José Reina ubicada en el sitio Agua Fría del cantón Junín; mientras que los análisis de sólidos en suspensión se desarrolló en las instalaciones del laboratorio de Química analítica de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, de la Carrera de Agroindustrias, ubicada en el sitio el Limón en la ciudad de Calceta–Manabí–Ecuador. El análisis colorimétrico se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Calidad en la Estación Experimental Santa Catalina de propiedad del INIAP, ubicada en la vía Panamericana Sur Km. 1, parroquia Cutuglagua situada al norte del cantón Mejía de la provincia Pichincha.

Diseño experimental

Para esta investigación se aplicó un Diseño Completamente al Azar en arreglo bifactorial AxB con tres réplicas.

Se estudiaron dos factores que se detallan a continuación: factores A: tipos de mucílagos naturales y B: Porcentajes de mucílagos naturales (10000, 11 000, 12 000 y 13 000 mg/L). Para el factor tipos de mucílagos naturales se utilizaron los siguientes niveles: a₁=mucílago de corteza de cacao (*Theobroma cacao* *Esterculáceas*) naturales se utilizaron los siguientes niveles: b₁ = 10000 mg/L, b₂ = 11000 mg/L, b₃ = 12000 mg/L y b₄ = 13000 mg/L

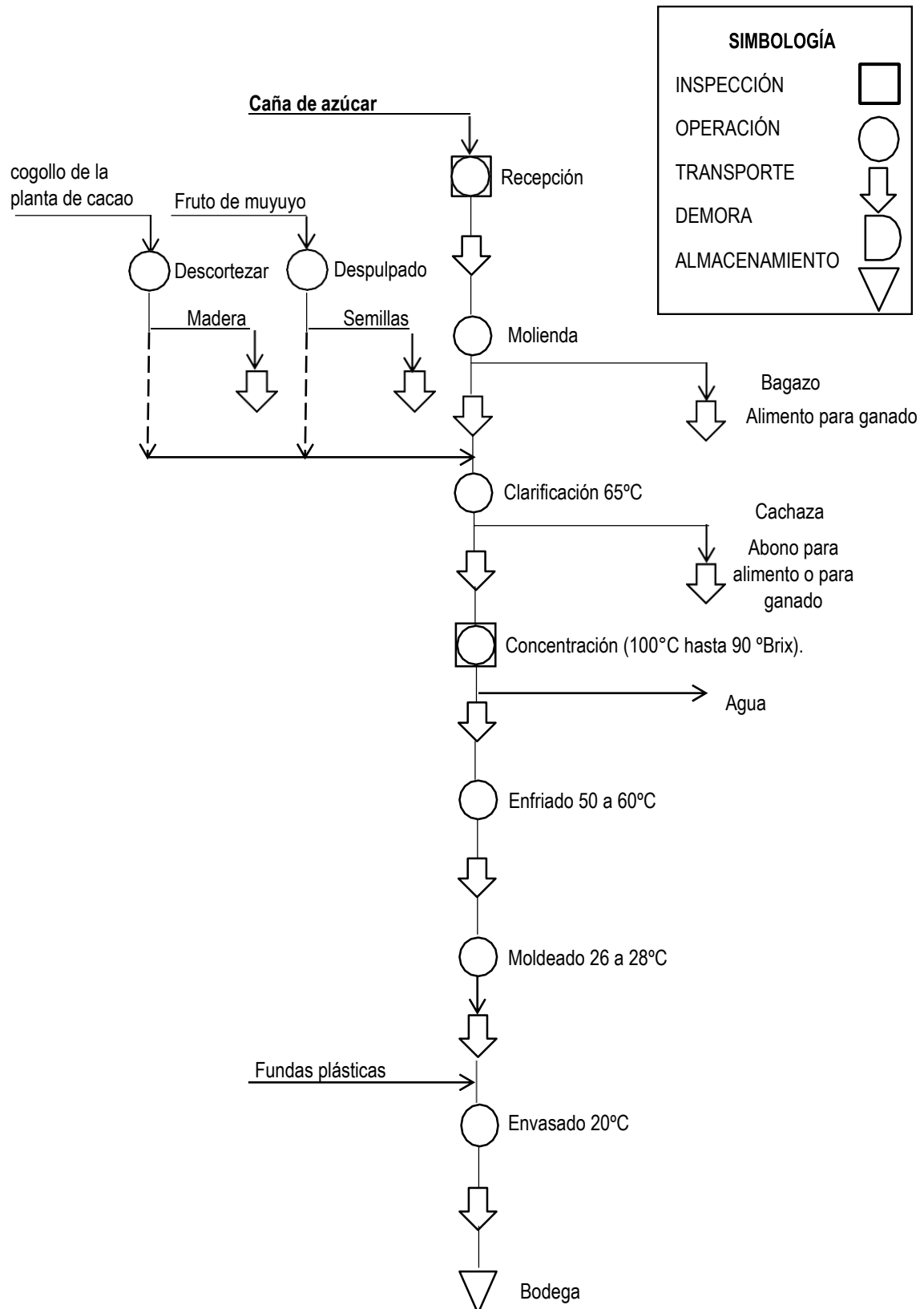
Descripción

Tratamientos	Códigos	Descripción	
		Mucílagos Naturales	mg de mucílagos naturales/L de mosto de caña de azúcar
T ₁	a ₁ b ₁	Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	10000
T ₂	a ₁ b ₂	Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	11000
T ₃	a ₁ b ₃	Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	12000
T ₄	a ₁ b ₄	Cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	13000
T ₅	a ₂ b ₁	Muyuyo (<i>Cordia Lutea</i>)	10000
T ₆	a ₂ b ₂	Muyuyo (<i>Cordia Lutea</i>)	11000
T ₇	a ₂ b ₃	Muyuyo (<i>Cordia Lutea</i>)	12000
T ₈	a ₂ b ₄	Muyuyo (<i>Cordia Lutea</i>)	13000

De la interacción de los factores y niveles se obtuvieron ocho tratamientos, los mismos que fueron aplicados a 10 L de jugo de caña de azúcar (guarapo) por cada réplica.

Manejo experimental

Se creó un diagrama de flujo para el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar (Figura 1) que se detalla a continuación.



- **Recepción:** Se inició el proceso en el sitio Agua Fría en la fábrica perteneciente al señor José Reina con la recepción de la materia prima, las cuales estaban en buen estado y poseían la madurez necesaria para poder ser procesada.
- **Molienda:** La materia prima se introdujo en el molino con el propósito de extraer el jugo de caña, el mismo que poseía un °Brix de 20, a parte de éste también se obtuvo una parte sólida denominada bagazo.
- **Acondicionamiento de los mucílagos:** Los mucílagos fueron acondicionados antes de su empleo en el proceso de clarificación.
- **Descortezado:** Los cogollos de la planta de cacao tuvieron las siguientes medidas: 100 -120cm de longitud y 3.5 cm de diámetro. Una vez recolectadas las ramas se procedió a descortezarlas, obteniendo de esta manera madera y corteza, esta última empleada en el proceso de clarificación del jugo de caña de azúcar.
- **Despulpado:** Los frutos maduros del Muyuyo antes de su empleo en el proceso de clarificación, se los procedió a separar la semilla, cascara y el mucílago de forma manual.
- **Clarificación:** En esta etapa se eliminó la mayor parte de las impurezas insolubles como gomas, bagazos y sustancias colorantes. Aquí se agregó los mg de mucílagos naturales/L de jugo de caña de azúcar especificados en los tratamientos, como lo fue el mucílago de corteza procedente de las ramas de cacao y el mucílago del fruto del muyuyo en el jugo a clarificar a una temperatura de 65 °C.

Para el mucílago de cacao se agregó las cortezas de forma directa al jugo de igual forma con el de Muyuyo. El proceso de clarificación aglomeró las partículas en suspensión formando cachaza y con el uso de un cedazo se las retiró, las mismas que fueron pesadas a temperatura ambiente (26 a 28 °C). Retirada la cachaza y obtenido el jugo clarificado, se procedió a tomar las muestras de jugo clarificado en envases estériles para realizar los análisis de sólidos en suspensión y colorimétrico.

Métodos de Análisis de laboratorio

Las muestras obtenidas se las almacenó en refrigeración por un periodo de tiempo de 18 horas hasta el respectivo análisis. Para el análisis colorimétrico se tomaron muestras de 300 mL y para ello se utilizó un espectrofotómetro marca DR Lange, Espectrocolor serie n-Nr: 300074, con discos de calibración. Para el color blanco: L_{ZM} 268, X = 83,76, Y = 88,53; Z = 90,48 y para el color negro: L_{ZM} 268, X = 4,11; Y = 4,35; Z = 4,76, Tandardatz spectro-color d/8.

Para el análisis de sólidos en suspensión se tomaron muestras de 100 mL, en este análisis se usó una bomba de vacío marca Medi-Pump modelo 1130 manejando una presión de 20 cmHg, papel filtro número 40 marca Macherey Nagel (NM), balanza analítica marca Shimadzu AX200 y una estufa marca Memmert a una temperatura de 105 °C por un periodo de tiempo de una hora.

Mientras que para la variable cantidad de cachaza se la estableció por medio de peso (método gravimétrico por diferencia de peso) que se detalla a continuación:

Con la ayuda de un cedazo se retiró la cachaza durante el proceso de clarificación del jugo de caña, la misma que se la dejó enfriar a temperatura ambiente para luego proceder a pesarla en una balanza gramera marca CAMRY modelo EK5055.

VARIABLES EVALUADAS

Residuo de cachaza generada en el proceso de clarificación (método gravimétrico por diferencia de peso).

Sólidos en suspensión al jugo de caña clarificado. Método de la AOAC (1983) para agua adaptado al jugo de caña de azúcar por los autores de la tesis.

Colorimetría (método CIELAB) del jugo de caña de azúcar clarificado (Domínguez et al., 2012).

El análisis de los datos se los efectuó por medio del programa de Microsoft Office Excel 2007 y SPSS 21 Versión Libre aplicando análisis de varianza y comparaciones entre medias mediante la Prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables cumplieron los supuestos del ANOVA (Normalidad y homogeneidad), por lo expuesto anteriormente se procede a emplear el Análisis de Varianza.

En el cuadro 1 se puede observar que el nivel a₁ (mucílago de corteza de cacao) reporta la mayor media de cachaza retirada con 0,648 Kg, en un intervalo de confianza del 95%. Mientras que mediante la prueba de Tukey (HSD) ubicó al nivel b₄ en última categoría estadística como mejor nivel, puesto que para esta investigación se requiere la mayor media de residuo de cachaza retirada con un valor de 0,551 Kg, las medias expresadas con anterioridad dieron un porcentaje de eficiencia de cachaza seca retirada de 16,194% para el nivel a₁ (mucílago de corteza de cacao) y 13,785% para el nivel b₄ (13000 mg/L).

Cuadro 1. Medias de los factores A y B de la variable cachaza

factor_B	Subconjunto
a ₁	0.648a
a ₂	0.329b
b ₁	0.46350a
b ₃	0.46817a
b ₂	0.47000a
b ₄	0.55167b

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0.05 de probabilidad de error.

Para los criterios luminosidad (L), Cromo (C), Tono (H), eje de coordenada a y b de la variable colorimetría no se reportaron diferencia estadística significativa a excepción del factor A del criterio croma (C) del cuadro 2.

Cuadro 2. Media para el factor A para el criterio Cromo (C)

factor_A	Media
a ₁	1.073a
a ₂	0.693b

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0.05 de probabilidad de error

La media del factor a_1 1,073 nm es superior a la del nivel a_2 0,693 nm, esto demuestra que el mucílagos de corteza de cacao intensifica en mayor medida el croma del jugo de caña de azúcar clarificado

El cuadro 3, muestra que la prueba de diferencias honestamente significativa de Tukey ubicó al tratamiento 4 en primera categoría estadística debido a que presentó la menor cantidad de sólidos en suspensión con un valor de 0,019 Kg/L y en última categoría al tratamiento 5 con un dato de 0,049 Kg/L, lo cual quiere decir que el mucílago de corteza de cacao a una porcentaje de 13000 mg/L, es el más idóneo de los tratamientos estudiados para remover la mayor cantidad de sólidos en suspensión.

Cuadro 3. DHS para la variable sólidos en suspensión

Tratamientos	Subconjunto		
T4	0.01987a		
T3		0.02440b	
T2			0.02717c
T1			0.02843c
T8			0.03847d
T7			0.04117e
T6			0.04200e
T5			0.04987f

Letras iguales en columnas no difieren estadísticamente según Tukey al 0.05 de probabilidad de error

Marín (2012) manifiesta que los sólidos en suspensión en el jugo varía entre 0,02% al 0,29% aproximadamente, de esta cantidad solo eliminaron del 10 al 15% mediante método físico (filtración) en comparación con los resultados del tratamiento 4 de esta investigación expresados en porcentajes, en el cual se alcanzó remover el 59,785%, mientras que Castellano et al., (2004) quienes empleando agentes poliméricos lograron remover entre 96,4 y 96,8% de sólidos en suspensión en la clarificación del jugo de caña.

Ortiz, et al., (2011) manifiesta que la remoción de éstos se debe a un mayor contacto entre partículas debido a la abundante formación de puentes químicos entre ellas creando una fuerte malla de coágulos necesarios para remover los sólidos en suspensión presentes en el jugo. La remoción de los sólidos en suspensión además de lo anterior, se debe también a la porcentaje de los mucílagos naturales empleados, con esto concuerda Caicedo y Saa (2011).

CONCLUSIONES

La variable que presentó cambios significativos fue la de sólidos en suspensión dando como mejor tratamiento al T4 (mucílago de corteza de cacao a un porcentaje de 13000 mg/L).

La mayor cantidad de cachaza retirada para el factor A se dio con el mucílago de corteza de cacao (nivel a₁) 0,648 kg y la porcentaje más idónea es 13000 mg/L (nivel b₄) 0,551 kg, dando una eficiencia para el nivel a₁ del 16,194% y para el nivel b₄ 13,785%.

Los criterios de Luminosidad (L), Cromo (C), Tono (H), eje de coordenada a y b, evaluados en el jugo de caña de azúcar clarificado mediante empleo de mucílagos naturales; no tuvieron incidencia significativa sobre la variable colorimetría.

Las muestras sometidas al tratamiento T4 (mucílago de corteza de cacao a una porcentaje de 13000 mg/L) presentaron la menor cantidad de sólidos en suspensión con un valor de 0,019 Kg/L.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1983. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. United States Environmental Protection Agency. Cincinnati.
- Caicedo, D; y Saa, I. 2011. Estandarización de una fórmula de aglutinante natural extraído de la planta Cadillo (*Triumfetta láppulal*) para emplearse como clarificante en la producción de panela. Tesis Ing Agroindustrial. Universidad de San Buenaventura. Cali, Colombia.
- Castellano, O; Cruz, G; González, G; y Rentería, A. 2004. Alternativas para la clarificación de jarabe de glucosa obtenido por hidrólisis enzimática del almidón. Revista Ingeniería e investigación. 24(2): 821.
- Díaz, A. e Iglesias, C. 2012. Bases teóricas para la fundamentación del proceso de extracción de jugo de caña de azúcar para la producción de panela. Revista Cie Téc Agr. 21(1): 53-57.

- Domínguez, J; Román, A; Prieto, F; y Acevedo, O. 2012. Sistema de Notación Munsell y CIELAB como herramienta para evaluación de color en suelos. *Rev Mex de Cienc Agrícolas*. 3(1): 141-155.
- Castro, S. 2015. Evaluación del fruto del Muyuyo (*Cordia lutea Lamarck, boraginaceae*), como ingrediente cosmético para la elaboración de fijadores de cabello". Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9029>
- Marín, L. 2012. Determinación de las condiciones apropiadas de preparación de un floculante como componente fundamental en el proceso de clarificación de jugo en Riopaila Castilla S.A, planta Riopaila. Tesis Ing Químico. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.
- Mujica, M; Guerra, M; y Soto, N. 2008. Efecto de la variedad, lavado de la caña y temperatura de punteo sobre la calidad de la panela granulada. *Revista Interciencia*. 33(8): 598-603.
- Obando, P. 2010. La panela, valor nutricional y su importancia en la gastronomía. Tesis tecnología en gastronomía. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.
- Ortiz, C; Solano, D; Villada, H; Mosquera, S; y Velasco, R. 2011. Extracción y secado de floculantes naturales usados en la clarificación de jugos de caña. *Rev Bio Agro*. 9(2): 32-40.
- Quezada-Moreno, W. y Gallardo Aguilar, I. 2014. Obtención de extractos de plantas mucilaginosas para clarificación de jugos de caña. *Revista Tecnología Química*. 34(2): 91-98.
- Zossi, B; Cárdenas, G; Sorol, N; y Sastre, M. 2012. Análisis del proceso de sulfitación en la remoción de compuestos no azúcares en jugos de variedades de caña de Tucumán. Argentina. *Revista Ind y Agric de Tucumán*. 89(2): 1-9.