

EFFECTO DEL *Leuconostoc mesenteroides* EN LA CAÑA DE AZÚCAR PARA LA INDUSTRIA AZUCARERA

(*Leuconostoc mesenteroides* effect on sugar cane for the sugar industry)

Héctor José Petit Salazar

Profesor Asociado a Dedicación Exclusiva. Magister en Ingeniería Agroindustrial y Aspirante a Doctor en el doctorado en Ingeniería Agroindustrial. Línea de Investigación: Agroindustria y seguridad alimentaria. Programa Ciencias del Agro y del Mar, Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora". San Carlos, estado Cojedes. Venezuela 2201. inghectorpetit@gmail.com

Review

Recibido: 21-01-2012

Aceptado: 15-03-2021

RESUMEN

Desde el momento que la caña de azúcar es cosechada o quemada si es el caso, comienza la degradación de la sacarosa por deterioro físico, químico y microbiológico y no hay forma posible de recuperar este alimento primordial en la dieta del ser humano; es por ello que el objetivo del presente estudio bibliográfico es presentar el efecto del microorganismo mesófilo denominado *Leuconostoc mesenteroides* en la caña de azúcar utilizada como materia prima en la industria azucarera venezolana. La sacarosa por su composición química hace que este microorganismo se multiplique rápidamente, porque desdobra la sacarosa y la transforma en dextrana, estos son polisacáridos bacterianos de alto peso molecular, formados por unidades de glucosa o dextrosa, adheridas por enlaces de cadena recta contenida mayormente por los α -1,6 glucosídicos formando extracelularmente por medio de las funciones metabólicas, a través de la enzima dextransacarasa, una glucosiltransferasa que cataliza la transferencia de unidades glucosídicos desde la sacarosa hasta el extremo reductor de la cadena de dextrano en crecimiento. Ahora bien, el efecto perjudicial que ocasiona en el jugo de caña es su actividad óptica dextrorrotatoria, que desvía el rayo de luz hacia el lado derecho, aumentando la lectura polarimétrica en °Pol, hasta 3 veces más que la sacarosa, generando un alto valor falso de °Pol en el jugo de caña y en consecuencia pérdidas económicas a la industria azucarera por brindar un cálculo alterado del rendimiento teórico. La quema, tipo de cosecha mecanizada en cañas rolitos y el tiempo entre el corte y la molienda incrementan el desarrollo del *Leuconostoc mesenteroides* y la formación de dextrana, ocasionando mayores pérdidas indeterminadas en la producción de azúcar por deterioro microbiológico.

Palabras clave: caña de azúcar, pérdidas indeterminadas, *Leuconostoc mesenteroides*, Industria Azucarera, sacarosa

SUMMARY

From the moment that the sugar cane is harvested or burned if it is the case, the degradation of sucrose begins due to physical, chemical and microbiological deterioration and there is no possible way to recover this essential food in the diet of the human being; That is why the objective of this bibliographic study is to present the effect of the mesophilic microorganism called *Leuconostoc mesenteroides* in the sugar cane used as raw material in the Venezuelan sugar industry. Sucrose, due to its chemical composition, makes this microorganism multiply rapidly, because it unfolds sucrose and transforms it into dextran, these are bacterial polysaccharides of high molecular weight, formed by glucose or dextrose units, adhered by straight chain links mainly contained by α -1,6 glucosidics forming extracellularly through metabolic functions, through the enzyme dextranase, a glucosyltransferase that catalyzes the transfer of glycosidic units from sucrose to the reducing end of the growing dextran chain. However, the detrimental effect that it causes in cane juice is its dextrorotatory optical activity, which deflects the light beam to the right side, increasing the polarimetric reading in $^{\circ}$ Pol, up to 3 times more than sucrose, generating a high value false of $^{\circ}$ Pol in cane juice and consequently economic losses to the sugar industry by providing an altered calculation of the theoretical yield. Burning, a type of mechanized harvest in rolled canes, and the time between cutting and grinding increase the development of *Leuconostoc mesenteroides* and the formation of dextran, causing greater indeterminate losses in sugar production due to microbiological deterioration.

Keywords: sugar cane, indeterminate losses, *Leuconostoc mesenteroides*, sugar industry, saccharose

INTRODUCCIÓN

La Caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es la única materia prima utilizada en la industria azucarera venezolana, y se define como la parte del tallo comprendido entre el entrenudo más cercano al surco y el último entrenudo superior desarrollado, desprovisto de impurezas y materia extrañas, que no tiene valor como materia prima para la industria azucarera (Venezuela, 2009; Petit, 2017)

Luego de que la caña de azúcar es cosechada en los tablones, se transporta por vía terrestre y es recibida para su procesamiento en los centrales azucareros, es transformada en azúcar crudo, en unos de los procesos de mayor complejidad de la agroindustria, por su gran cantidad de operaciones unitarias que intervienen como lo son: la Molienda, Filtrado, Decantación,

Evaporación, Cristalización, Centrifugación y el Secado, por lo que es necesario establecer métodos que permitan incrementar sus rendimientos, reducir costos de manufactura, mejorar los aspectos de calidad de la fábrica; y sobre todo reducir las pérdidas físicas de sacarosa, durante el proceso de producción, para así mantener la sustentabilidad de este producto (Petit, 2016).

El azúcar crudo es el producto obtenido de la caña de azúcar, constituido por cristales sueltos de sacarosa recubiertos de miel que le otorga el color amarillo pardo y debe presentar un mínimo de polarización de 96 $^{\circ}$ S a una temperatura de 20 $^{\circ}$ C (COVENIN 235,1994) es por ello que debe refinarse para obtener un azúcar con un 99,80 $^{\circ}$ S de polarización (COVENIN 235,1994),

cristalizado, de color blanco en estado puro, de sabor muy dulce y posee un valor energético de 4 kilocalorías por gramo.

El azúcar es un alimento primordial en la dieta de los habitantes en los países de América Latina y el Caribe, ya que los niveles de consumo per cápita de azúcar en la mayoría de estos países se ubican entre 30 -50 kg lo que representa un 13% al 21% de la ingesta calórica diaria de las personas, así mismo, el consumo mundial de azúcar ha crecido por término medio a más del 2% anual, debido al aumento de la población y a la gran diversidad de producto alimenticio que tiene en su composición azúcar de ahí que este, contribuye significativamente al aporte de energía en la dieta de la población mundial (FAO, 2014), sin embargo, el aumento de la producción de éste alimento, se ha visto limitada por la disposición de áreas de cultivo de caña de azúcar, por lo que se han buscado entre algunas posibles soluciones al problema, la reducción o minimización de las pérdidas de sacarosa a lo largo de todo el proceso agroindustrial, desde que la caña es cultivada y cosechada en el campo hasta su procesamiento en la fábrica, para así, mejorar el rendimiento de los centrales azucarero sin tener que recurrir a cantidades adicionales de caña para el proceso (Zepeda, 2012). Es por ello que Serrano (2006) explica los tipos de pérdidas físicas de sacarosa que se pueden generar en todo el proceso de elaboración de azúcar crudo.

Las pérdidas físicas de sacarosa incluyen las cuantificables (divididas en determinadas e indeterminadas) y no cuantificables. De acuerdo a lo descrito por Batule (2008) las pérdidas no cuantificables se deben: a errores en el peso de la caña, pérdidas de caña en el patio debido a mermas de jugo durante el manejo o de caña directamente, pérdidas debido al deterioro de la caña dejada en

el patio por largos períodos de tiempo, pérdidas debido al derrame de jugo y caña en los equipos de preparación. Por otro lado, las pérdidas determinadas son aquellas que pueden ser calculadas con bastante exactitud por los métodos analíticos en los subproductos bagazo, cachaza y melaza.

Las pérdidas indeterminadas son aquellas que no pueden calcularse con exactitud en cada etapa donde se originan y que sólo pueden ser cuantificadas con exactitud en forma global y son influenciadas por 1. Deterioro químico (16%); debido al cambio de acidez, el incremento de temperatura y presencia de la enzima invertasa en el jugo de caña de azúcar. 2. deterioro enzimático (22%) por medio de la invertasa ya que la planta de caña de azúcar sintetiza y cataboliza la sacarosa para obtener la energía necesaria para sus funciones fisiológicas, pero la mayor causa de las pérdidas indeterminadas es por el deterioro microbiológico (62%), se ha identificado además de algunas mohos y levaduras 3 grupos principales de bacterias que encuentran el jugo de caña un medio idóneo para su crecimiento; están son, los aerobios esporo-formadores, como el *Bacillus sp.*, los aerobios no esporo-formadores, como la *Escherichia coli*; y las bacterias productoras de exopolisacáridos, tales como el *Leuconostoc mesenteroides*, justamente esta especie, es la que se desarrolla con mayor velocidad en la caña de azúcar y por lo tanto adquiere una mayor importancia en la industria azucarera, porque rompe la molécula de sacarosa a través de la enzima dextranasa, dando origen a las dextranas (Villa, 2008; Batule 2008; Flores y Pérez 2013) es por ello que la presente revisión bibliográfica, muestra el efecto que genera la presencia del *Leuconostoc mesenteroides* en la caña de azúcar utilizada como materia prima en la producción de azúcar.

ACCIÓN DEL MICROORGANISMO *Leuconostoc mesenteroides* EN LA CAÑA DE AZÚCAR.

Desde el momento que la caña de azúcar es cosechada o quemada si es el caso, y hasta que el jugo se clarifica a altas temperaturas, la sacarosa está expuesta a la acción enzimática, generada por los microorganismos, presente en el jugo de caña, que se adaptan mejor a la naturaleza del jugo de caña y en consecuencia generando las mayores pérdidas en la industria azucarera.

El *Leuconostoc mesenteroides* es un microorganismo mesófilo (aerobias o facultativos) que pertenece al grupo de las bacterias ácido láctica (Ángel y col., 2009) Gram Positiva (Villa, 2008) y no es

patógeno para el ser humano, se alimenta y desarrolla en soluciones diluidas de sacarosa, en condiciones de temperatura entre 20-40 °C, pH ligeramente ácido de 5-7, y concentración de sacarosa de 10-15 ° Pol. (Serrano, 2006). Por las características física y química del jugo de caña de azúcar hacen que este, sea un excelente medio de sustrato para el desarrollo de los microorganismos; especialmente el *Leuconostoc mesenteroides* (Cuervo, 2010). Este puede proceder del suelo, de la suciedad en los tallos, hojas de la caña o del aire contaminante, y cualquier orificio en la corteza del tallo de la caña.

FORMACION DE LA MOLECULA DE DEXTRANO O DEXTRANA

La caña de azúcar está constituida principalmente por agua (73-76) %, fibra seca (11-16) % y sólidos solubles (10-20) %. el jugo o guarapo que se obtiene después de la extracción de la caña sin deterioro, tiene en su composición química en base seca, sacarosa en (70-88) %, glucosa en (2-4) %, Fructosa en (2-4) %, y otros elementos como minerales, proteínas, ceras, grasas y ácidos en forma libre o combinada. Es por ello que el *Leuconostoc mesenteroides* se multiplica rápidamente en este medio, porque desdobra

la sacarosa y la transforma en dextrana. Por el contrario, la glucosa y fructosa dispersa en el medio son considerados azúcares reductores, los cuales no pueden cristalizarse.

La sacarosa es un disacárido que pertenece al grupo de los hidratos de carbonos un producto sólido y químicamente es un disacárido constituido por una molécula de glucosa o Dextrosa y otra molécula de fructosa o Levulosa (Figura 1).

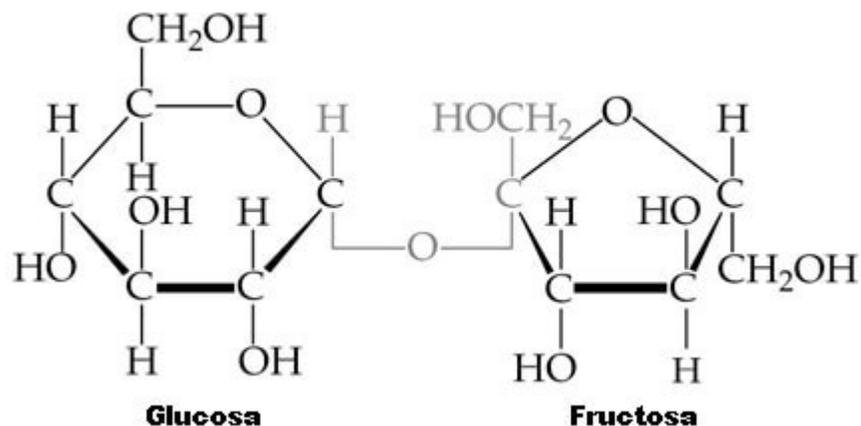


Figura 1. Molécula de Sacarosa o Azúcar

Las Dextranas o Dextranos son polisacáridos bacterianos de alto peso molecular, formados por unidades de Glucosa o Dextrosa, adheridas por enlaces de cadena rectas en contenidos mayormente por enlaces α -1,6 glucosídicos (>95%), con menor proporción de enlaces α -1,2, α -1,3 o α -1,4 en los puntos de ramificación. (Rodríguez, 2005; Larrahondo, 1995). Se forma extracelularmente por medio de las funciones metabólicas a través de la enzima dextrano-sucrosa o dextransacarasa,

una glucosiltransferasa que cataliza la transferencia de unidades glucosídicas desde la sacarosa hasta el extremo reductor de la cadena de dextrano en crecimiento (Alcalde, 1999), para así, obtener la hidrólisis de la sacarosa por vía microbiológica (Mora y col., 1999) y formar no solo los polímeros de dextrano, sino también produciendo los levanos que son formados por uniones moleculares de levulosa o frutosa por interrupción de la enzima levanosacarasa (Ver Fig.2).

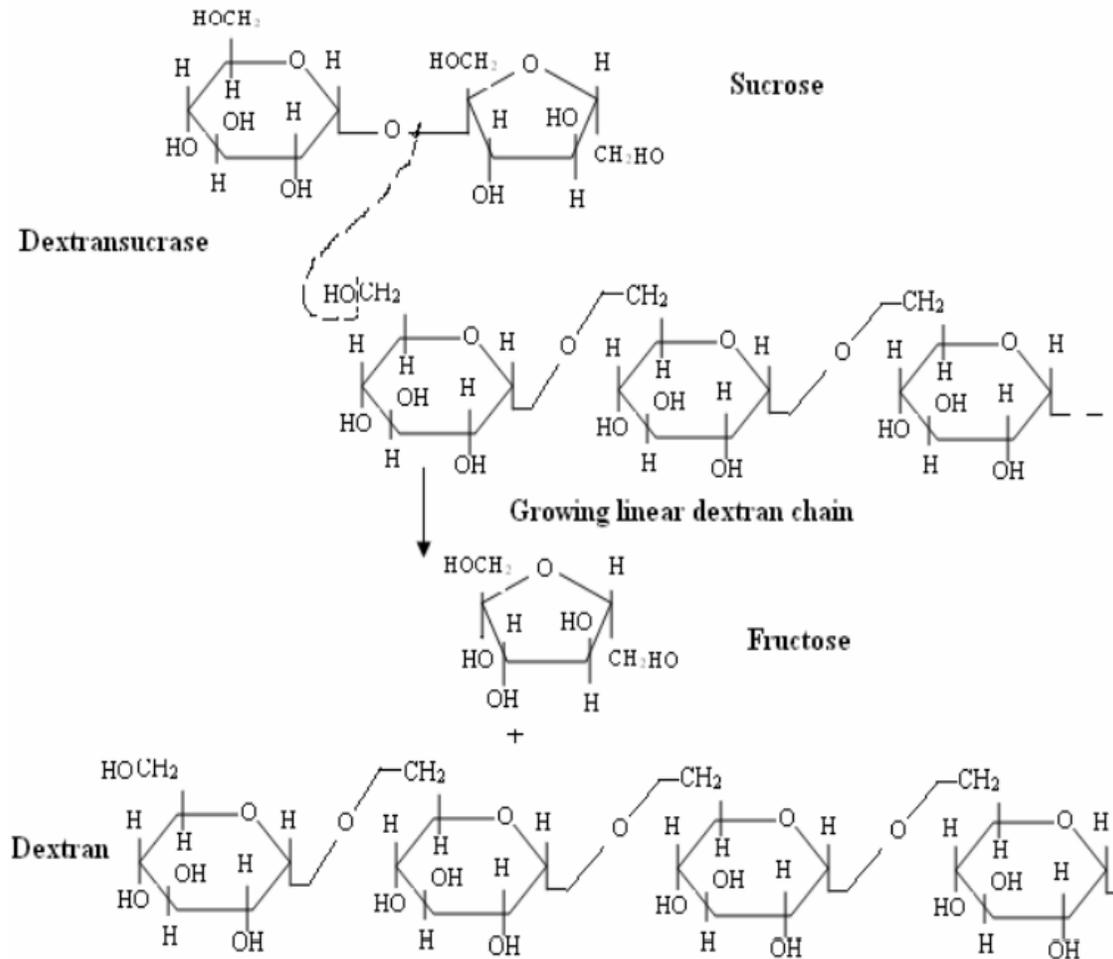


Figura 2. Ruptura molécula de Sacarosa por acción del *Leuconostoc mesenteroides*.

Fuente: Alcalde (1999)

El efecto perjudicial de las dextranas comienza desde el momento en que éstas se forman, ya que para ello agota la sacarosa de manera irreversible, una vez que se invierte la sacarosa, no puede recuperarse. Según Rodríguez (2005) por la presencia del 0,05 % de dextrana en el azúcar crudo se necesita consumir para su formación 0.2 kg/ton de azúcar o 0.02 kg/ ton de caña procesada (González y col., 2015). Otra consecuencia de las dextranas presente en el proceso de producción de azúcar es su actividad óptica dextrorrotatoria o dextrógiras, que desvía el rayo de luz hacia el lado derecho, aumento la lectura polarimétrica en °Pol, hasta 3 veces más que la sacarosa, generando un alto valor falso de °Pol en el jugo de caña y en consecuencia pérdidas económicas a la industria azucarera por brindar un cálculo alterado del rendimiento teórico o Grado Azucarero. Así mismo, De la Rosa (1998) demostró que en soluciones azucaradas

puras en presencia de 180 ppm de dextrana se incrementó el valor de la polarización en un 0,05 °S. Otro estudio realizado en el central Argentina, determino que durante las primeras 6 horas de crecimiento del *Leuconostoc mesenteroides* a una temperatura de 30 °C consumió sacarosa a razón de 8.46 g/L/h. (Cuddihy, 2000; Mohammed y col., 2015).

Así mismo, no solo se generan pérdidas directas de sacarosa por el desarrollo del *Leuconostoc mesenteroides* en la caña de azúcar, sino que este produce subproductos durante la quema y después del corte como: el ácido acético, ácido láctico y ácido butírico, y otros compuestos orgánicos como el manitol y el etanol, los cuales ayudan aún más al descenso del pH y aumento de la acidez del jugo, acelerando de esta manera el deterioro químico por la inversión de la sacarosa (Larrahondo, 1995; Cardenas, 2010).

FACTORES QUE INFLUYEN EN DESARROLLO DE DEXTRANAS EN LA CAÑA DE AZUCAR

El tipo de cosecha. Cuando la caña se corta por medio de la cosecha mecanizada se obtiene las llamadas cañas rolitos, incrementando las zonas de acceso para el crecimiento del *Leuconostoc mesenteroides*. En consecuencia, acelerando el desarrollo de las dextranas (Issa, 2008)

Daños por quema. Esta operación se realiza para eliminar las hojas y malezas para facilitar la cosecha, pero también remueve la cubierta serosa del tallo, causado por las altas temperatura entre (55-85) °C y el fuego en el tallo, generando puntos de acceso para el crecimiento microbiano. A pesar de que *Leuconostoc mesenteroides* es un microorganismo mesófilo, se ha detectado en las cañas aproximadamente la misma carga microbiana antes y después de la quemada, aumentado considerablemente con el pasar del tiempo (Benitez y Guagalango, 2011)

Tiempo entre cosecha y molienda: es proporcional el tiempo de corte de la caña a la molienda y el deterioro por el ataque del *Leuconostoc mesenteroides*. Independientemente del tipo de cosecha y si se utiliza la quema. Según Rodríguez (2005) cañas procesadas con más de 14 hr de la cosecha es indicativo de formación de dextrana en ellas. Y al transcurrir 12 hr formación de 350 ppm, 24 hr 750 ppm y 48 hr 3200 ppm Cuddihy y Rauh (1999).

Otros Daños por ruptura de la corteza: por insectos, roedores, aplastamiento por los tractores o por las alzadoras que expone los tejidos ofrecen un medio idóneo para el crecimiento del *Leuconostoc mesenteroides*.

CONCLUSIÓN

El *Leuconostoc mesenteroides* es un microorganismo facultativo que consigue en el jugo de caña de azúcar un excelente medio de sustrato para su desarrollo y la formación de dextrana. Este microorganismo puede proceder del suelo, de la suciedad en los tallos, hojas de la caña o del aire contaminante, y cualquier orificio en la corteza del tallo de la caña.

El efecto perjudicial de las dextranas comienza desde el momento en que éstas se forman, ya que para ellos agota la sacarosa de manera irreversible, una vez que se invierte,

no puede recuperarse, también genera un aumento falso de lectura polarimétrica, por su actividad óptica dextrorrotatoria, hasta 3 veces que la sacarosa, y en consecuencia pérdidas económicas a la industria azucarera por brindar un cálculo alterado de grado azucarero.

La quema, tipo de cosecha mecanizada en cañas rolitos y el tiempo entre el corte y la molienda incrementan el desarrollo del *Leuconostoc Mesenteroides* y la formación de dextrana, ocasionando mayores pérdidas indeterminadas por deterioro microbiológico.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcalde, M., (1999) Modificación química y estabilización de Glicosiltransferasas: Ciclodextrin glicosiltransferasa y Dextransacarasa (Tesis doctoral). Universidad Complutense de Madrid, España.
- Ángel, J., Cuervo, R., Cárdenas, H., Durán, J., Mejía, L., Rodríguez G. (2009). Efecto de las concentraciones salinas en la inhibición de *Leuconostoc mesenteroides* en un ingenio azucarero del Valle del Cauca. Revista Redalyc. 7 (1):13-18.
- Batule, E. 2008. Pérdidas de sacarosa en la fabricación del azúcar de caña. Serie azucarera. (2):99-104.
- Benitez, J. Guagalango, R., (2011) Evaluación de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de sanitización de jugos de caña en el área de molinos del Iancem (Tesis de Pregrado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Cárdenas, A. (2010). Introducción al Proceso Agroindustrial Azucarero. Central Venezuela.
- Cuddihy, J., Porro, M., Rauh, S. (2000). The presence of total polysaccharides in sugar production and methods for reducing their negative effects. Midland Research Laboratories.
- Cuddihy, J., Rauh, J. (1999). Dextranase in sugar production: Factory experience. Midland Research Laboratories.
- Cuervo, R., Ledesma, J., Duran, J., Argote, F. (2010). Aislamiento y control microbiológico del *Leuconostoc mesenteroides* en un ingenio para optimizar el rendimiento de azúcar y el etanol. Facultad de ciencias Agropecuarias; 8(2): 31-40.
- De la Rosa, R (1998) Las dextranas: su efecto sobre la polarización de la sacarosa y la economía azucarera. II. International Sugar Journal 1998;100 (1192):198-203.
- Fao 2014. Perspectivas agrícolas OCDE-FAO 2005-2014 [Documento, en línea] Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/008/y9492s/y9492s07.htm#bm07.2>.
- Flores, B., Pérez, V. (2013). Determinación y cuantificación del isotiocianato de metilo

- (MITC) bajo diferentes parámetros de operación mediante cromatografía de líquidos de alta resolución (CLAR) (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Química, México D.F., México.
- González, M., Zarco, H., Duran, C. (2015). Uso del ditiocarbamato de sodio como agente biocida contra *leuconostoc mesenteroides* en los ingenios azucareros. Memorias XXXVII Convención Nacional y Expo-ATAM, Vera Cruz, México.
- Issa, A., (2008) Presence of Dextran and It's Negative Effects on Cane Sugar Production in Sudan (Tesis doctoral) University of Khartoum. Sudan.
- Larrahondo, J. (1995). Calidad de la caña de azúcar. Cenicaña. Colombia.
- Mohammed, B., Salem, E., Abdalmoneim, O., Salah, H. (2015). Investigations of the influence of dextran on sugar cane quality and sugar cane processing in Kenana sugar factory. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 7(4):381-392.
- Mora, A., Astudillo, M., Ospina, O., Raminbault, M., (1999). Contaminación Microbiana durante la Molienda. Tecnicaña. 4-7.
- Petit, H. 2016. Evaluación de las Pérdidas en el proceso de producción de azúcar crudo en el central azucarero rio turbio (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ), San Carlos, Venezuela.
- Petit, H. (2017). Determinación del pago de la caña de azúcar al agricultor en Venezuela. Agrollanía Vol. 14 / Enero-Diciembre, 2017: 29 ISSN: 1690-8066.
- Rodríguez, E., (2005). La dextranasa a lo largo de la industria azucarera. Biotecnología Aplicada. (22):11-19.
- Serrano, L. (2006). Determinación de las poblaciones microbiológicas en el proceso de extracción de jugo de caña de azúcar en el ingenio Manuelita S.A. (Tesis de Pregrado) Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Venezuela, (2009). Normas que regulan la recepción, muestreo, análisis y cálculo de rendimiento de la caña de azúcar de producción nacional por parte de los centrales azucareros en todo el territorio nacional. Decreto N° 6915 Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 39263. Caracas. Septiembre 14.
- Venezuela, (1994). Norma Venezolana de Azúcar Crudo, COVENIN 235:1994 Comisión Venezolana de Normas Industriales, Segunda Revisión. Caracas. Agosto 10.
- Venezuela (1995). Norma Venezolana. Azúcar Refinado, COVENIN 234:1995 Comisión Venezolana de Normas Industriales, tercera Revisión. Caracas. Diciembre 06.
- Villa, R. (2008). Efectos de microbiocidas y antagonistas microbianos sobre microorganismos causales del deterioro postcosecha de caña y su impacto en las pérdidas de sacarosa en el ingenio (Tesis de Maestría) Instituto Politécnico Nacional Tlaxcala, Mexico.
- Zepeda, E. (2012). Propuesta de Alternativa para la reducción de Pérdidas de Sacarosa en un ingenio Azucarero (Tesis de Pregrado). Universidad del Salvador.