



TRABAJOS FINALES DE MAESTRÍA

Recuperación de sacarosa en la cosecha mecánica en verde en caña de azúcar

Propuesta de artículo presentado como requisito para optar al título de:

Magíster en Administración de Empresas

Por el estudiante:

César Augusto MALDONADO CEVALLOS

Bajo la dirección de:

María Elizabeth ARTEAGA GARCÍA

**Universidad Espíritu Santo
Facultad de Postgrado
Guayaquil - Ecuador
Diciembre de 2016**

Recuperación de sacarosa en la cosecha mecánica en verde en caña de azúcar
Sucrose recovery of mechanical harvesting green cane sugar

César Augusto MALDONADO CEVALLOS¹
Maria Elizabeth ARTEAGA GARCIA²

Resumen

La sacarosa es el producto final del proceso agroindustrial de la caña de azúcar y es un factor clave en la planificación de actividades en los ingenios. El resultado de producción de este polisacárido puede verse afectado por varios factores, siendo uno de ellos las labores inherentes al proceso de cosecha, tales como: corte manual o mecanizado y, caña quemada o caña verde. Además, es común que se generen pérdidas debido al tiempo de permanencia de la caña en el campo (TPCC) y la presencia de materia extraña ME (Trash). El propósito de esta investigación fue determinar las pérdidas de sacarosa, mediante la aplicación del modelo estadístico para estimar sacarosa por ciento caña, en 27 semanas de cosecha del ingenio Valdez en el año 2014. Se comprobó que la cosecha mecánica de caña en verde, tiene incremento de ME (Trash) y el TPCC refleja menos horas, resultando un mejor sistema para recuperar sacarosa.

Palabras clave: | Sacarosa, Tiempo de Permanencia de la Caña en el Campo
TPCC, ME (Trash)

Abstract

Sucrose is the final product of the sugar cane agroindustrial process and is a key factor in the planning of sugar mill activities. The production result of this polysaccharide can be affected by several factors, one of them being the tasks inherent to the harvesting process, such as: manual or mechanized cutting, and burned cane or green cane. In addition, it is common to generate losses due to the retention time of the cane in the field (TPCC) and the presence of foreign matter ME (Trash). The purpose of this research was to determine sucrose losses by applying the statistical model to estimate sugarcane sucrose in 27 weeks of harvesting of the Valdez mill in 2014. It was verified that the mechanical harvest of cane in green, has increment of ME (Trash) and the TPCC reflects fewer hours, resulting in a better system to recover sucrose.

Key words | Sucrose, Remaining time of the cane in the field TPCC, ME
(Trash)

¹ Ingeniero Agrónomo, Universidad Agraria del Ecuador – Ecuador. E-mail cmaldonado@valdez.com.ec.

² Ingeniera en Estadística – Informática, MBA, ESPOL. Directora Maestría en Dirección de Proyectos. Universidad Espíritu Santo. Ecuador. E-mail marteagag@uees.edu.ec.

INTRODUCCIÓN

La Industria Azucarera Ecuatoriana, muestra interés en estimar las pérdidas de sacarosa aplicables a los efectos de los tiempos de permanencia de la caña en el campo (TPCC)³, que se define como al tiempo que permanece la caña en el campo hasta ser llevada a fábrica. Para el caso de la quema se debe esperar el tiempo que demora la caña en ser quemada hasta el siguiente día en que se procede a cortarla, puede ser de forma manual o mecánica.

La materia extraña ME⁴ (Trash)⁵, es todo material vegetal, mineral y otros restos, que se incorpora durante la cosecha (hojas, cogollos, ceniza, chupones, caña seca, raíces, tierra, insectos y animales). Esta variable se presenta en porcentaje y depende del tipo de cosecha que se realice y las condiciones de caña quemada o verde. En corte mecanizado verde, a diferencia del manual quemado, los niveles de materia extraña son superiores. Las hojas y los cogollos son el principal problema en el proceso de fabricación, para poder implantar planes de acción que ayuden a la toma de decisiones, y mantener una mayor ventaja competitiva en el mercado. Según lo que manifiestan Larrahondo (2012) y Meyer (2001), las pérdidas de sacarosa y el deterioro de la caña empiezan inmediatamente desde el corte, sea esta caña quemada o en verde; así mismo, afirman que, a mayor tiempo transcurrido entre la cosecha y el proceso de fábrica, se incrementan las pérdidas de sacarosa.

Durante el desarrollo de este proyecto, la sacarosa es la variable a estudiar, que se la expresa en sacarosa por ciento caña, correspondiente al 13% de la composición de la caña de azúcar (Larrahondo, 2012) (Ver Gráfico # 1).

Este artículo tiene como objetivo estimar las pérdidas de sacarosa en 3 diferentes tipos de cosecha.

A partir de este estudio se puede establecer, qué tipo de cosecha permite disminuir los tiempos de permanencia de la caña en el campo.

En el ingenio Valdez del cantón Milagro, señala Murillo (2015) que existe una disminución en relación al contenido de sacarosa, con una pérdida porcentual de 10.53%, en los últimos 3 años, a diferencia de la producción de toneladas de caña por hectárea que se ha incrementado en los años 2012 al 2014 (Ver Gráfico # 2). El estudio realizado en la cosecha de caña en verde, favorece a la sostenibilidad del cultivo de la caña, pero genera residuos no deseados para el proceso industrial, además permite fundamentalmente disminuir los TPCC para evitar las pérdidas de sacarosa por efecto de la actividad microbiana, que tiene mayor incidencia cuando se aplica la cosecha mecánica quemada (Benítez, 2016)

Por otra parte, estudios sobre pérdidas de sacarosa entre quema y molienda, realizado en el Valle del río Cauca; considerando al TPCC y ME Trash, en el corte mecánico, con un promedio de 4.7 kg de sacarosa por tonelada de caña por cada hora (Larrahondo, 2012). A continuación, en el marco teórico se detalla lo relacionado a la recuperación de sacarosa y los principales factores inherentes a este proceso.

MARCO TEÓRICO

Producción de caña de azúcar

La industria azucarera en el mundo, está ubicada en la región tropical a 35° LS y 35° LN (Córdoba, 2014). Durante el año 2014 se cosecharon 23'365,563 ha, cuyo cultivo ha estado limitado en su productividad debido a los niveles tecnológicos empleados para su aprovechamiento. Los mayores productores de caña de azúcar son Brasil, con 10'437.567 ha cultivadas y la India con 5'012.000 ha cultivadas (FOASTAT, 2016). Estos dos países concentran el 66.12% del área sembrada en todo el mundo (Ver Gráfico # 3).

³ Tiempo de permanencia de la caña en el campo.

⁴ ME. Materia extraña.

⁵ Trash: Porcentaje de basura o materia extraña.

A nivel mundial sólo dos países tienen en su totalidad la cosecha mecánica, Australia y Estados Unidos. En Brasil, que es el referente en Sudamérica, para el año 2017 se espera que el 88.80% del área total será cosechada mecánicamente (Córdoba, Arévalo, Mazairo, Ivani, Arévalo, Chaila & Fustaino, 2014).

La producción de caña y sacarosa es de suma importancia en la agroindustria azucarera, ya que constituye el punto de partida para planificar las diferentes actividades en los ingenios, como son la programación de la cosecha, el transporte y la molienda de la caña, la elaboración del presupuesto de operación, el cumplimiento de las entregas de cuotas de sacarosa, así como los ingresos producto de la venta del azúcar y otros subproductos (Subirós, Sánchez, & Esquivel, 2008).

En Ecuador existen ocho ingenios azucareros, la mayoría ubicados en la región costa (San Carlos, Valdez, COAZUCAR, Isabel María, Miguel Ángel y San Juan) y dos en la región sierra (Ingenio Azucarero del Norte, Monterrey) (Garcés, Fiallos, Valdez, & Viteri, 2015).

En Ecuador, se cosechan anualmente 113.227 ha, para producción de azúcar y etanol, la cual ha mantenido una tendencia al alza. La caña de azúcar está localizada principalmente en la Región Costa, con el 74% del área sembrada; solo en la provincia del Guayas existe el 72% (INEC, 2014) (Ver Gráfico # 4).

De acuerdo a Castillo (2014) la producción de caña de azúcar en Ecuador en los últimos cuatro años (2012 al 2015) subió de 75 a 90 TCH⁶. Esto se debe a las inversiones que ha realizado el sector azucarero en investigación científica, implementando tecnologías en el campo. Las industrias azucareras ecuatorianas, han dado importantes cambios en el sistema de cosecha y en el uso de nuevas variedades. De los ingenios existentes, los que han innovado la forma de cosecha son: San Carlos, Valdez y Coazúcar, cambiando el sistema de cosecha, de un 90% de corte manual en el año 2009 a un

80% en promedio de corte mecanizado para el 2014; siendo mayor en el Ingenio Valdez, con el 97.4% en áreas propias y 20% en el sector de cañicultores, estos cambios de tipo de cosecha influyen en la calidad de la caña especialmente por el incremento de ME (Trash). El ingenio Valdez se encuentra ubicado en el área urbana de la ciudad de Milagro, provincia del Guayas, del Ecuador Continental, longitud 79° 36' W, latitud 02° 07' región sur oriental, a una distancia de 36 Kilómetros de la ciudad de Guayaquil y a 470 kilómetros al suroeste de Quito, la capital de la República, con una población demográfica de aproximadamente 166.634 habitantes (INEC, 2013).

Variedades de caña que se cultivan en los ingenios azucareros

Zambrano (2014), establece que, en los últimos cinco años, la producción de caña ha ido en aumento, debido a la siembra de nuevas variedades desarrolladas por el CINCAE⁷ y otras introducidas por los ingenios con mayor potencial de producción y con mayor adaptación a las nuevas condiciones del cambio climático. Al respecto, se menciona que a mayor temperatura puede haber mayor producción. Hasta ahora, se ha liberado seis variedades de caña de azúcar, la primera denominada ECU-01 se liberó en el 2007, la EC-02 en 2009, la EC-03 y EC-04 en el 2010, la EC-05 y EC-06 en el 2013 y, la EC-07 y EC-08 en el 2016.

En el análisis realizado por Castillo (2015) determino que, las industrias azucareras afrontan grandes retos y desafíos que conllevan al desarrollo de nuevas variedades, que se adapten a los cambios climáticos, en un marco de responsabilidad económica, social y ambiental. El promedio de toneladas de caña por hectárea (TCH), fue de 103.4 TCH a nivel de cañicultores y 105.9 TCH a nivel de ingenios, siendo superior a lo registrado en el año 2014. Sin embargo, no sucede con los kilogramos de azúcar por tonelada en cañicultores y a nivel de ingenios; es decir, 3 y

⁶ Toneladas de Caña por Hectárea

⁷ Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador.

5 kilogramos de azúcar por tonelada menos que el año anterior respectivamente.

Para Castillo (2014), los factores que influyen en la calidad de la caña y la concentración de sacarosa son: las nuevas variedades de caña, calidad de materia prima para su proceso, la fertilización, plagas, enfermedades, la edad del corte, maduración de la caña, el tipo de cosecha, permanencia en el campo, materia extraña y los procesos de fábrica.

En los canteros del ingenio Valdez y los agricultores proveedores de la caña, en las últimas tres zafas se han sembrado variedades mejoradas genéticamente, con mayor potencial de producción y mayor concentración de sacarosa, cuyos resultados dependen de su adaptabilidad y nicho ecológico en que se las cultive. Además, otro factor para el incremento de la producción de azúcar es el tipo de cosecha que se emplee (Ver Tabla 1).

Tipos de cosecha de caña de azúcar

De acuerdo al estudio realizado por Chavez (2006) en el estado de Sao Paulo, Brasil, ha determinado el corte de caña quemada y corte mecanizado será prohibida a partir del año 2031; y, para corte manual en el año 2021. En todo el mundo se utiliza el sistema de cosecha mecánica y corte manual de caña quemada; sin embargo, esta labor es considerada inhumana debido a que esta acción perjudica al medio ambiente e incrementa la emisión de gases de efecto invernadero como lo menciona el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, con sus siglas en inglés IPCC⁸ (2006) (Chavez & Bermúdez, 2006).

La industria azucarera ecuatoriana, con la finalidad de incrementar su desarrollo económico, implementó nuevos sistemas de cosecha, debido a la necesidad de mejorar la productividad de la mano de obra y maquinaria (Ortiz, Salgado, Castelán, Mepivoseh, & Córdova, 2012). Se ha determinado que los cambios están enfocados en el campo, introduciendo maquinarias de nueva generación en la cosecha de la caña de azúcar,

debido a la disminución de la mano de obra para tareas de campo. Esta permite realizar una operación versátil que accede a incrementos y manejos de cuotas de molienda eficientes (Galvis, 2010).

Se ha determinado dos grandes factores que influyen en la pérdida de sacarosa: 1) Los factores que afectan la calidad de la caña antes del corte; los cuales están relacionados con todas las actividades agrícolas que se realicen en el campo y las variedades que se siembren; y, 2) Los factores que afectan después del corte, los cuales están íntimamente relacionados a las pérdidas de sacarosa y producción de azúcar, siendo éstos TPCC y ME (Trash). Además del tipo de corte, los niveles de pérdidas de sacarosa pueden incrementar o disminuir, dependiendo de los niveles de los factores antes mencionados (Larrahondo, 2013).

Estrategias de cosecha

La estrategia adoptada por las empresas es automatizar sus procesos, pero dichos cambios no sólo están dados por la adopción de tecnologías, sino por un conjunto de cambios integrales (Rebolledo, 2007). El campo deberá estar preparado para que la maquinaria sea manipulada adecuadamente, desarrolle mayor eficiencia productiva, en terrenos con mayor longitud, aprovechando la mayor efectividad posible de la maquinaria, considerando que la eficiencia de la misma está determinada por el rendimiento de toneladas de caña por hectárea que se obtenga en el campo, lo que está influenciado si la maquinaria labora en caña quemada o caña verde (Suárez, Rodríguez, & Márquez, 2006).

La afirmación de Porter (2009) es que, para ser sostenibles en el tiempo, las empresas se ven en la necesidad de realizar cambios e inversiones en sus procesos, en virtud de la productividad. Por esta razón deben realizar variaciones basadas en nuevas estrategias, para sostener una eficiencia operativa, la que consiste en realizar una actividad similar, pero mejor que la competencia, por lo cual deberán

⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change

mejorar su rendimiento operacional en sus actividades.

Como consecuencia de la cosecha de caña en verde, se tiene un incremento de ME (Trash), que está formado generalmente por material vegetal (hojas, cogollos y cepas) y material mineral (tierra y lodo) (Navarro & Rostgaard, 2014). La presencia de ME (Trash) en los materiales que llegan a la fábrica reducen la pureza de los jugos y la disminución de los niveles de ARE (Azúcar Recuperable Estimado). En estas condiciones la fábrica presenta problemas en los procesos de clarificación y cristalización, terminando en pérdidas finales de sacarosa (Rivera & Chavez, 2003). Cabe indicar que del 75 al 80% del material vegetal residual de la cosecha verde se queda en el campo y del 20 al 25% llega a la fábrica con el traslado de la caña. Del total de material residual que queda en el campo, el 50% es aprovechado para llevar a fábrica y utilizarlo como material para la “Cogeneración” (Vélez, 2010).

Como parte del proceso de modernización, los residuos de bagazo y ME (Trash), son utilizados para generar vapor y alimentar las turbinas proveedoras de toda la energía eléctrica que utilizan las fábricas, evitando de esta manera utilizar combustibles fósiles, para que estos restos, sean fuentes renovables, obteniendo energía limpia, logrando sustentabilidad en esta área (León, Dopico, Triana, & Medina, 2013).

Durante la cosecha es necesario evaluar y determinar el tipo y cantidades de ME (Trash) que ingresa a fábrica; para este fin se utiliza el método de muestreador (core sampler) o muestreo manual. Para clasificar los niveles de ME, en porcentaje, que se obtiene producto del corte en cada uno de los métodos de cosecha, sea corte manual o mecánico, verde o quemado, el material se clasifica según su procedencia (Cardona, 2006).

Los niveles de ME (Trash), difieren dependiendo del tipo de cosecha que se esté realizando, que para el caso de la cosecha mecánica verde llega a valores del 10.39%, en relación al quemado que es de 8.35%; esto

tiene un impacto directo sobre los valores que se registran en los análisis de jugos (Brix, Pol, Pureza, Fibra), debido al incremento de ME (Trash), a pesar de este incremento la sacarosa presente en la cosecha en verde fue superior debido a que no fue expuesta al fuego (Solares, 2012).

Otro factor importante es la entrega de la caña justo a tiempo. Para esto, se debe considerar como elemento importante el transporte en la operación de cosecha, conocer distancias, capacidades y requerimientos de fábrica, lo que permite dar mejor uso a los equipos, al llevar la materia prima a la fábrica, disminuyendo TPCC (Rodríguez, Valencia, Bolívar, 2010).

De acuerdo con los resultados obtenidos en los TPCC, para el caso de la caña cosechada mecánicamente fue de 17 horas y para caña cosechada en verde fue de 6.3 horas. En este último caso se pudo calcular una pérdida de 0.14% sacarosa por cada hora que permanezca la caña en el campo. En la investigación realizada durante el desarrollo del Macro proyecto “Reducción de las pérdidas de sacarosa”, en Colombia, orientada a establecer las pérdidas que se incurren entre la cosecha y la molienda, en los ingenios Cauca y Mayagüez, se llegó a determinar, que por cada hora de permanencia de la caña en el campo existen pérdidas de sacarosa % caña entre 0.08 % y 0.15 %, respectivamente (Larrahondo, 2002).

En el ingenio Valdez, con el corte mecánico quemado se alcanzó 7.66 % de ME (Trash) al momento de procesarlo en la fábrica; mientras que, con la cosecha manual quemada se obtuvo apenas 2.84 % de materia extraña. (CAVSA, 2014).

El TPCC se determina por las condiciones que debe cumplir cada tipo de cosecha, los datos tomados como base para obtener esta información, fueron proporcionados, mediante el software CampoNet, del Departamento de Aseguramiento de Calidad del ingenio Valdez. La empresa pionera en el desarrollo de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en el Ecuador ha sido el Ingenio Valdez, según lo

confirma el CINCAE, en su informe anual del año 2014, lo cual ha sido una respuesta a la escasez de la mano de obra. Este tipo de cosecha comenzó de manera significativa a partir del año 2008, (Castillo, 2015) como se demuestra en el Gráfico # 5.

Adquisición de maquinaria moderna

Son muchas las herramientas que se pueden utilizar para automatizar un proceso agrícola; lo importante es saber que maquinaria es la adecuada que se adapte a sus requerimientos basados en: cantidad, calidad y optimizar los procesos, contribuyendo a un desarrollo sostenible (Rea & Maldonado, 2015). Por esta razón, Azucarera Valdez a partir del año 2007 adquirió dos cosechadoras John Deere; para el año 2008, debido a la falta de mano de obra, se adquirieron 12 cosechadoras y, en el año 2012 se compraron dos más, con un total de 16 cosechadoras, las cuales han podido suplir la falta de mano de obra, logrando mayor eficiencia en el campo (Donoso, 2015).

La importancia del uso adecuado de las maquinarias, Salles (2010) establece que debe existir el apoyo de la tecnología para incrementar la optimización de los equipos de cosecha para mejorar eficiencia en los tiempos. El uso de una operación adecuada en la planificación, asegura mejor productividad y rentabilidad y al mismo tiempo un adecuado manejo de los suelos en función del respeto del ecosistema (Mejía, 2013).

Por su parte, la industria azucarera Argentina, ha optado por implementar el uso de cosechadoras de última generación, las cuales están diseñadas para cosechar la caña en verde, posibilitando la disminución de la ME (Trash) y las pérdidas de sacarosa (Rodríguez, Sopena, Salame, & Vicini, 2010). Estudios realizados, afirman que, con las maquinarias modernas implementadas en Costa Rica, se determinó un incremento de solo el 3 % de ME (Trash) en comparación con el método de cosecha de caña quemada, y que luego de la quema se deteriora la calidad del contenido de sacarosa (Oviedo & Chavea, 2002).

A partir de los estudios realizados y con base en datos de rendimiento real, se estableció un modelo para estimar, y determinar en qué punto de la cadena productiva se presenta la mayor pérdida de sacarosa. De esta forma, lograr focalizar las acciones correctivas y preventivas que permitan mantener altos estándares de rendimiento (Navarro, Ocampo, Caicedo, Larrahondo, & Palma, 2009).

Variables principales de pérdida de sacarosa

En los ingenios azucareros los principales factores que influyen en la pérdida de sacarosa son: tipo de cosecha, el TPCC y ME (Trash).

La cosecha de caña quemada, facilita el corte y evita el traslado de ME (Trash) a la fábrica para simplificar el proceso de extracción de los jugos (Cabrera, 2010). En los actuales momentos las empresas agroindustriales deben regirse al cuidado de los recursos naturales, aire, agua, tierra, flora y fauna, y orientarse a la preservación de estos recursos, en beneficio de las generaciones presentes y futuras, mediante el cuidado y planificación adecuada, salvaguardando las condiciones edafológicas para mejorar la productividad (ONU, 1972).

La diferencia de la cosecha de caña verde, se basa en los materiales de mejor calidad que obtienen, de aquellas que son producto de la caña quemada, pero, existe una desventaja que radica en el incremento en la ME (Trash), que afecta en la disminución de la pureza en los jugos, por el incremento de los compuestos no azucarados, que influyen en el aumento del color, del cual, el 30% corresponde directamente a los jugos de la caña, estos resultados están íntimamente relacionados a hojas verdes, cogollos y tierra, que conllevan a las pérdidas de azúcar en bagazo, cachaza y mieles (Liderman & O'Shea, 2001). Por su parte, Davis (2001) señala que por esta razón es fundamental el abastecimiento a fábrica de materiales de excelente calidad para que, en el proceso, se obtengan mejores rendimientos por tonelada de caña procesada.

La implementación de la cosecha mecanizada, a diferencia del corte manual, presenta una

desventaja debido a que la materia prima es cortada en esquejes entre 25 a 30 centímetros, existiendo mayores puntos o cortes de exposición, los cuales son susceptibles a la infección bacteriana, aún más si se quema previo al corte, para este caso, los niveles de infección por Dextrana, serían aproximadamente diez veces más a partir de las 12 a 48 horas, por consiguiente, más pérdidas de sacarosa, considerando que es el alimento de esta bacteria (Rodríguez, 2009).

Durante el proceso de beneficio de la caña de azúcar, existen pérdidas, clasificadas como *determinadas* e *indeterminadas* (Mosquera, Garzón, & Rubio, 2012). Las pérdidas determinadas son aquellas que se pueden calificar, medir y registrar, por las condiciones en que ingresa la caña a fábrica desde el campo, éstas se cuantifican en el bagazo, cachaza y miel, el buen manejo de los niveles de ME (Trash), y la disminución de los TPCC. Las pérdidas indeterminadas son las que inciden dentro del proceso de fábrica (Corrales & Garzón, 2014).

Según Cock (1995), la cosecha de caña verde, tiene un incremento en el rendimiento de sacarosa % caña de 0.5 a 1.0 punto mayor que aquel alcanzado en caña que había sido quemada, a pesar de tener mayor porcentaje de ME (Trash). Esto sugiere que el aumento del rendimiento es debido a la reducción considerable de los TPCC. Así lo confirman los resultados obtenidos en el Ingenio Providencia.

Otro estudio realizado en Argentina por la EEAOC⁹ (2005), señala que es indispensable el manejo adecuado y control de ME (Trash), lo cual, a más de disminuir los daños causados por la maquinaria en la caña de azúcar, controla las pérdidas de la materia prima y asegura mayor recuperación de azúcar en el proceso industrial (Tonatto, Romero, Leggio, Dignonzelli, Casen, Giardina, Alonso, Scandaliaris & Ullivarri, 2009).

De la misma forma, en un estudio realizado por Larrahondo (2012), la quema de caña mejora la calidad al reducir los niveles de ME (Trash), pero esta práctica destruye la cera que recubre a la caña, rompe la corteza y expone parte del jugo, formando exudados externos que son fuente de contaminación químicos, bioquímicos y microbianos, siendo este último el que influye en mayor porcentaje de 62 % en las pérdidas de sacarosa. Con la práctica de la cosecha de caña quemada se detectaron pérdidas aproximadas de 0.5 % unidades de sacarosa % caña, con relación de la sacarosa % caña presente en la caña sin quemar. A pesar de que con la práctica de cosecha verde es evidente el incremento de materia extraña; así, por cada 1 % de ME (Trash) se obtuvo una disminución de 0.20 unidades de sacarosa % caña.

En los estudios realizados por Thai (2011) y Zossi (2010), determinaron que los niveles de ME (Trash) alteran directamente el color del jugo, por lo cual establecen que, por cada unidad porcentual de ME (Trash) aumenta el color entre 350 a 400 UI¹⁰. Debido a esta problemática la industria deberá cumplir las normativas establecidas para obtener el producto final, azúcar blanco (ICUMSA, 2006).

Según Silva, Castillo, Molina, Benítez, Santacruz, & Castillo (2011), en la industria azucarera australiana al mejorar el contenido de sacarosa se obtiene una rentabilidad de 1.8 veces mayor que la lograda con el aumento de las toneladas de caña, sobre la base de una misma cantidad de azúcar producida.

En relación a lo expuesto, para la recuperación de sacarosa en el ingenio Valdez se consideró el modelo de regresión simple, con las variables TPCC y ME (Trash) principales factores de pérdidas de la sacarosa, tomando en cuenta los tipos de cosecha del cultivo de caña de azúcar: cosecha Manual quemada, cosecha Mecánica quemada y cosecha Mecánica verde. En función de estos resultados se podrá

⁹ Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes. EEAOC, Tucumán Argentina.

¹⁰ Unidad internacional INCUMSA, determina el color del azúcar.

determinar el más adecuado y evitar pérdidas en la producción.

METODOLOGÍA

Para la toma de datos, se aplicó el método de análisis, durante el proceso de la evaluación de TPCC y ME (Trash), logrando sistematizar dicha información, la misma que fue proporcionada de forma directa para el presente estudio.

Población y muestra del estudio

La población para la estimación de la sacarosa fue de 1.845,955 Toneladas de caña, que corresponde a la zafra del año 2014, del ingenio Valdez. Para el análisis de las variables TPCC y ME (Trash) se utilizó información proporcionada por el Departamento de Aseguramiento de Calidad (DAC) correspondiente a las 27 semanas que comprende el periodo de zafra 2014 (Tabla 2a). Para cada tipo de cosecha se tomaron como base los valores promedios de cosecha de este año, en los tres tipos de corte, siendo estos los siguientes:

Manual quemado: 573.241 tm.

Mecánica quemada: 1.007.599 tm.

Mecánica verde: 265.115 tm.

Para la cosecha Manual quemada se tomó como base 42.88 horas, Para la cosecha Mecánica quemada fue 8.58 horas; y, para la cosecha Mecánica verde 0.67 horas (Murillo, 2014).

Factores para la estimación de sacarosa

El presente estudio se considera de tipo analítico descriptivo. Para realizar la estimación de sacarosa de la cosecha de caña de azúcar se procedió a construir un modelo estadístico mediante un análisis de regresión usando los datos de la Tabla 2a.

Mediante el modelo estadístico de regresión lineal, se determinó la estimación de sacarosa, en función de las variables TPCC y ME (Trash).

Modelo estadístico de regresión lineal

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon$$

Dónde:

Y= Sacarosa % caña

$\beta_0, \beta_1, \beta_2$ = Coeficiente de regresión

X_1 = % Trash

X_2 = Tiempo, Hora TPCC

E=error

Los valores de $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ fueron estimados usando en método de mínimos cuadrados y con ayuda del paquete estadístico SPSS®.

Con esta información se elaboraron tablas y gráficos que permitieron verificar la estimación de sacarosa mediante esta ecuación.

Para el estudio se utilizó como base la sacarosa inicial a la cosecha, en los tres tipos de corte, siendo 14.15 % sacarosa en caña.

RESULTADOS

El modelo estimado a partir de los datos de la Tabla 2a, es el siguiente:

Modelo Estimado:

$$\hat{Y} = 15,338 - 0,458X_1 - 0,087X_2$$

En las tablas 2b y 2c se presenta el Análisis ANOVA, los coeficientes de regresión y la prueba de significancia que tiene un Coeficiente de Determinación de $R^2 = 0.71$.

La muestra obtenida por el DAC (2014) del ingenio Valdez, basados en los resultados del modelo de regresión simple para la estimación de recuperación de sacarosa % caña, determinadas en fabrica al momento que ingresa la caña a la molienda, como base las variables TPCC y ME (Trash), permitieron establecer una estimación de pérdidas de sacarosa % caña disminuye por cada hora 0.087 unidades, la cual corresponde a

reducción de sacarosa, en sacarosa % caña del orden de 0.56 %, y por cada unidad porcentual de ME, la sacarosa % caña, disminuye 0.458 unidades, las cuales corresponde a reducción de sacarosa % caña, de 2.98 % (Ver Tabla # 3).

En la cosecha manual quemada, la pérdida de sacarosa % caña por TPCC fue de 3.69 %; mientras que, por la ME (Trash) se perdió el 1.30 % de sacarosa. A esto se suma 0.36 % en fábrica. Considerando todas estas pérdidas la recuperación estimada de sacarosa en este tipo de cosecha es de 8.80 %.

En la cosecha mecánica quemada, la estimación de pérdidas de sacarosa % caña, por TPCC fue de 0.74 %; mientras que, por ME (Trash) existe una pérdida de 3.51 %. Además, las pérdidas en fábrica en este tipo de cosecha es del 0.42 %. Con este tipo de pérdidas se tendría una recuperación estimada de sacarosa del 9.48 %, lo que representa un incremento de 7.72 % más de sacarosa que la obtenida en la cosecha manual quemada.

En la cosecha mecánica verde, la estimación de pérdidas de sacarosa % caña por TPCC fue de 0.06 %; mientras que, por la ME (Trash) se pierde 3.89 % de sacarosa. En fábrica la pérdida es del 0.47 %. Asumiendo todas estas pérdidas, con este método de cosecha se tendría una recuperación estimada de sacarosa de 9.74 %. Este resultado representa 10.61 % más de sacarosa que la obtenida con la cosecha manual quemada.

Sobre la misma base de la ecuación obtenida, se realizaron los cálculos para la estimación de sacarosa por tipo de cosecha, corte manual quemado, corte mecánico quemado y corte mecánico verde, en función de los niveles de TPCC y porcentaje de ME (Trash). A través de este análisis se determinó el impacto de pérdidas en cada uno de los eventos, identificando el tipo de corte en el cual la fábrica podría mejorar su eficiencia. (Ver Tabla # 3.1).

De acuerdo con estos resultados, el impacto de las horas del TPCC, es uno de los factores principales de pérdidas de sacarosa y afecta a

los rendimientos finales en fábrica. Al respecto, tomando como base, la cosecha mecánica verde que tiene un TPCC de 0.67 horas, comparado con la cosecha manual y la cosecha mecánica quemada existe una diferencia de 42.21 y 7.91 horas, respectivamente. En cuanto a la ME (Trash), el corte manual quemado presenta 2.84 % de ME (Trash); mientras que, con el sistema mecánico quemado sube a 4.82 % de ME (Trash) al igual en el corte mecánico en verde que alcanzó 5.64 %.

Finalmente, en el análisis se puede concluir que para cada tipo de corte el TPCC y ME (Trash) son determinantes la estimación de sacarosa.

Considerando los factores que intervienen en el análisis de recuperación de sacarosa, se determina que, el mejor tipo de corte que se deberá aplicar el mecánico verde, porque se llega a recuperar 16.69 libras por tonelada de caña en comparación con el corte manual quemado, con el corte mecánico quemado se logra apenas 4.58 libras por tonelada, asimismo comparando con el corte manual quemado. Tomado en cuenta que el promedio de toneladas por zafra es de 2 millones.

Aplicando este modelo estadístico, se logra estimar la recuperación de sacarosa, en este y en cualquier ingenio, para incrementar el rendimiento de azúcar.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados, la recuperación de sacarosa en la cosecha verde es superior a los demás tipos de cosecha, manual quemada y mecánica quemada, como señala Larrahondo (2012), esto se comprueba en los resultados obtenidos en el modelo estadístico demostrando que la estimación de sacarosa es superior en este tipo de cosecha.

Con la implementación de la cosecha verde, los niveles de ME (Trash) incrementan, pero los TPCC disminuyen radicalmente, evitando el deterioro de sacarosa por efecto bacteriano,

como la manifiesta Rodríguez (2009), es responsabilidad de la industria un buen manejo de los residuos agrícolas, incorporando al suelo y evitando las quemadas. Se deberá evaluar la disminución del rendimiento de la maquinaria por efecto de la cosecha verde, para determinar el incremento de la misma en el campo.

La no quema de la caña de azúcar en un futuro cercano, deberá asociarse a un sistema de cosecha que garantice bajos niveles de ME (Trash), de tal manera evitar las pérdidas de sacarosa entre la cosecha y la molienda, Vélez (2010) sugiere que la fábrica deberá desarrollar un sistema de limpieza en seco, para el aprovechamiento de este material que servirá como combustible para la cogeneración.

Bibliografía

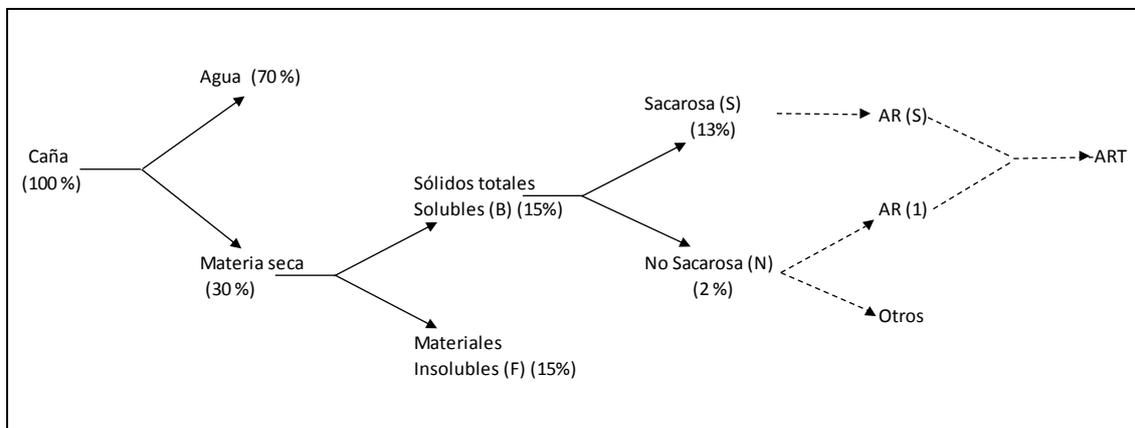
- Benítez, J. (2016). Estudio de la cosecha en verde para el manejo sostenible del cultivo de caña de azúcar. *Universidad de Guayaquil*, 27.
- Cabrera, Z. (2010). *Impacto sobre el ambiente del monocultivo de la caña de azúcar y la fertilización nitrogenada. I. Balance del Carbono* (Vol. 31). Habana, Cuba: Cultivos Tropicales.
- Cardona, J. (Intérprete). (Mayo de 2006). *Sistema de recibo de caña en patios en Colombia*. Cali, Colombia.
- Castillo, R. (2015). Producción de caña de azúcar en la costa ecuatoriana. *Informe Anual 2014 (CINCAE)*, 1-5.
- Castillo, R. (2016). Producción de la caña de azúcar en la costa ecuatoriana. *Informe anual 2015 (CINCAE)*.
- CAVSA. (2014). *Informe Anual de Campo*. Milagro: Departamento de Estadísticas.
- Chavez, M., & Bermúdez, A. (1-4 de Agosto de 2006). Regulaciones internacionales sobre quema de la caña de azúcar. *XVI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA)*.
- Cock, J. (1995). Manejo de la cosecha en estado Verde, Tiempos entre el corte de la caña y molienda. *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*, 23-27.
- Cordana, J. (Mayo de 2006). Sistema de recibo de caña en patios en Colombia. *Taller internacional de cosecha y transporte de caña de azúcar.*, 22- 45.
- Córdoba, Samuel; Arévalo, Roberto; Mazairo, Renato; Ivani, Edna; Arévalo, Lourdes; Chaila, Salvador; Fustaino, María de Lourdes. (2014). Saccharum spp. en Brasil. Una revisión. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 18(3), 49-64.
- Corrales, E., & Garzón, G. (2014). Identificación y cuantificación de pérdidas de sacarosa en el efluente final del proceso de elaboración de azúcar en el ingenio azucarero Riopaila Castilla. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 83 - 91.
- Davis, S. (2001). The chemistry of colour removal: a processing perspective. *Proceedings of the International Society of Sugarcane Technologists*, 75, 328 - 336.
- Donoso, A. (2015). *Informe del Departamento de Talleres Agrícolas*. Taller Agrícola. Milagro: CAVSA.
- FOASTAT. (24 de Enero de 2016). *FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS*. Obtenido de Food and Agriculture Organization of United Nations: http://faostat3.fao.org/download/Q/*/E
- Galvis, D. (Diciembre de 2010). Los sistemas de Corte Mecánico de Caña de Azúcar. Equipos de Cosecha. *Tecnicaña*(26), 21-24.
- Garcés, F., Fiallos, F., Valdez, M., & Viteri, I. (2015). Manejo de enfermedades. *Informe anual 2014 (CENICAÑA)*, 25-41.
- ICUMSA. (2006). *International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis*. (V. Dr, Ed., & A. Bartens, Trad.) Berlin, Alemania: Bartens.
- INEC. (25 de Marzo de 2013). Informe Ejecutivo. *Unidad de Estadísticas Agropecuarias*. Quito, Pichincha, Ecuador: http://200.110.88.41/documentos/web-inec/Estadísticas_agropecuarias/espac/espac%202013/InformeEjecutivoESPAC2013.pdf.
- INEC. (04 de Agosto de 2014). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Obtenido de Ecuador en cifras: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- IPCC; Eggleston, H; Buendia, L; Mika, K; Ngara, T; Tanabe, K;. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (M. Apps, H. Plume, B. Schlamadinger, & S.

- Sok, Edits.) *Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories*, 4.
- Larrahondo, J. (2013). *Definición y alcances de la alcoquímica: La calidad de las materias primas y su impacto en el proceso alcoquímico*. Guayaquil - Ecuador: AETA.
- Larrahondo, J. (2002). Proyecto Pérdida de sacarosa entre cosecha y molienda. *Carta Trimestral Cenicaña*.
- Larrahondo, J. (2012). *Composición y características químicas de la caña de azúcar y su impacto en el proceso de elaboración del azúcar*. Cali.: Universidad del Valle.
- Larrahondo, J., Arcila, J., Porras, V., Rojas, M., & Quintero, A. T. (2002). Efecto de la Aplicación de la Caña en el Campo y de la Materia Extraña Incorporada Durante la Cosecha en las Pérdidas de Sacarosa. *Carta Trimestral Cenicaña*, 60-72.
- León, T., Dopico, D., Triana, O., & Medina, M. (2013). *Paja de la caña de azúcar. Sus usos en la actualidad ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. La Habana Cuba: vol. 47, núm. 2, mayo-agosto, pp. 13-22.
- Liderman, P., & O'Shea, M. (2001). High molecular weight (HMW) colorants and their impact on the refinability of raw sugar. *Proceedings of Australian Society Sugar Cane Technologist*(23), 322 - 329.
- Mejía, V. (2013). *Implementación económicas y socio - ambiental de la mecanización de la caña de azúcar en el municipio de la Virginia y el corregimiento caimalito del Municipio de Pereira*. Pereira - Colombia.
- Meyer, E. (2001). The performance of machinery for mechanical harvesting and loading of sugarcane. *Sugar Technologist's Association.*, 43 - 45.
- Mosquera, H., Garzón, G., & Rubio, J. (2012). Evaluación, análisis y cuantificación de pérdidas de sacarosa de miel final en los procesos de cristalización, agotamiento y centrifugación del Ingenio María Luisa. *Ingenium*, 6(12), 69 - 75.
- Murillo, G. (2015). *Informe anual de producción CAVSA*. Azucarera Valdez S A, Aseguramiento de Calidad, Milagro.
- Navarro, H., & Rostgaard, L. (Enero de 2014). Impacto de la Materia Extraña en la calidad de los jugos de caña y en los indicadores de eficiencia de una central azucarera. (. (Y. A. Carvajal, Ed.) *Centro Azúcar*, 41(1), 44-54.
- Navarro, J., Ocampo, H., Caicedo, E., Larrahondo, J., & Palma, A. (2009). Implementación de un sistema de medición de sacarosa y evaluación de pérdidas de sacarosa entre campo cosecha y fábrica. *Tecnicaña VIII*, 490 - 497.
- ONU. (1972). *La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. En *Naciones Unidas*. Estocolmo: (Ed.), Declaración de la Conferencia de las naciones unidas sobre el medio humano.
- Ortiz, L., Salgado, G., Castelán, E., Mepivoseh, & Córdova. (Noviembre de 2012). Perspectiva de la caña de azúcar cruda en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*(4), 767-773.
- Oviedo, M., & Chavea, M. (2002). Determinación de la Calidad y la Cantidad de la Materia Extraña Presente en las Entregas Comerciales de Caña de Azúcar (*Saccharum spp*) en el Ingenio La Argentina, Grecia, Costa Rica. *Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica*. ATACORI, 183-189.
- Porter, M. (2009). *Ser Competitivo*. Barcelona-España: Deusto.
- Rea, V., & Maldonado, C. (2015). Los Sistemas de Información para lograr un desarrollo competitivo en el sector agrícola. *Ciencia UNEMI*, 122 - 129.
- Rebolledo, A. (Diciembre de 2007). Mecanización de la cosecha de caña de azúcar. *Tecnicaña*, 11(19), 31.

- Rivera, D., & Chavez, M. (2003). *Determinación de los Contenidos de Materia Extraña en las Entregas Comerciales de Caña de Azúcar (Saccharum spp)*. Cartago, Costa Rica. Departamento de Investigación, Gaunacaste - Costa Rica.
- Rodríguez, E. (2009). Dextranase in sugar industry: A review. *sugar Tech*, 11(2), 124-134.
- Rodríguez, L., Valencia, J., José, & Bolívar. (2010). Tráfico de equipos de cosecha, Compactación y Efectos Superficiales. *Tecnicaña*(26), 31 - 35.
- Rodríguez, R., Sopena, R., Salame, P., & Vicini, L. (2010). *Pérdidas durante la Cosecha de Caña de Azúcar* (Vol. 1). Tucumán, Argentina.
- Salles, M. (2010). Optimized agricultural planning of sugarcane using linear programming. *Investigación Operacional*, 31(2), 126-132.
- Silva, Edinson; Castillo, Fernando; Molina, José; Benítez, Ignacio; Santacruz, Amalio; Castillo, Raúl. (2011). Selección de progenitores, varianzas genéticas y heredabilidad para acumulación temprana de sacarosa en caña de azúcar. *Fitotec*, 34(2), 107-114.
- Singh, I; Solomon;. (2003). Post-harvest quality loss of sugarcane genotypes under subtropical climate: Deterioration of whole stalk and billets. *Sugar Tech*, 5(4), 258 - 288.
- Solares, H. (2012). *Proceso de implementación del corte verde en un frente de cosecha mecanizada de caña de azúcar*. Escuintla, Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Suárez, C., Rodríguez, Y., & Márquez, K. (2006). Determinación y análisis de los principales índices de explotación de las cosechadoras de caña CAMECO. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(4), 69-73.
- Subirós, J., Sánchez, A., & Esquivel, E. (2008). *Metodología empleada para establecer la producción de caña en Azucarera El Viejo*.
- Thai, C., & William, D. (2011). *The composition of sugarcane juices derived from burnt cane and whole green cane crop*. In. Brisbane Australia: Queensland University of Technology.
- Tonatto, J; Romero, E; Leggio, F; Digonzelli, P; Casen, S; Giardina, J; Alonso, L; Scandaliaris, J; Ullivarri, J. (2009). Revista Industrial y Agrícola. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Cumbres. EEAOC. *Manual del Cañero, Capítulo # 15, Mejora de la Calidad de la caña*, 185-195.
- Vélez, C. (Diciembre de 2010). Limpieza de caña seca y aprovechamiento vegetal de materia extraña como combustible en Brasil. *Tecnicaña*(26), 10-17.
- Zambrano, A. (20 de Enero de 2014). *Revista El Agro*. Obtenido de www.revistaelagro.com: <http://www.revistaelagro.com/2014/08/26/se-incrementa-produccion-de-azucar/>
- Zossi, S., Cardenas, G., Sorol, N., & Marcos, S. (2010). *Influencia de compuestos azúcares y no azúcares en la calidad industrial de caña de azúcar en Tucumán*. Tucumán: Revista Industrial y Agrícola de Tucumán.

ANEXOS

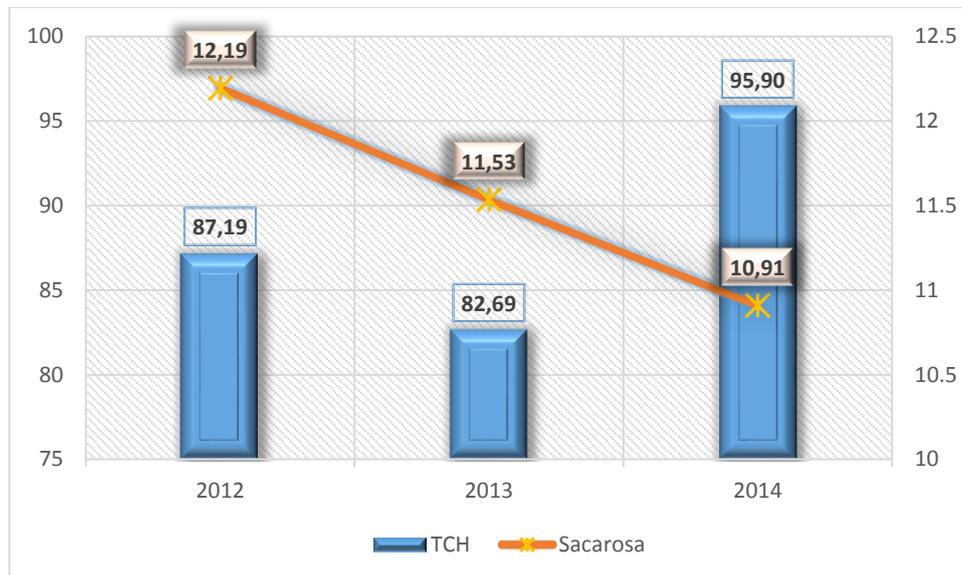
Gráfico # 1



Composición y caracterización química de la caña de azúcar y su impacto en el proceso de elaboración de azúcar

Fuente: Larrahondo, 2012

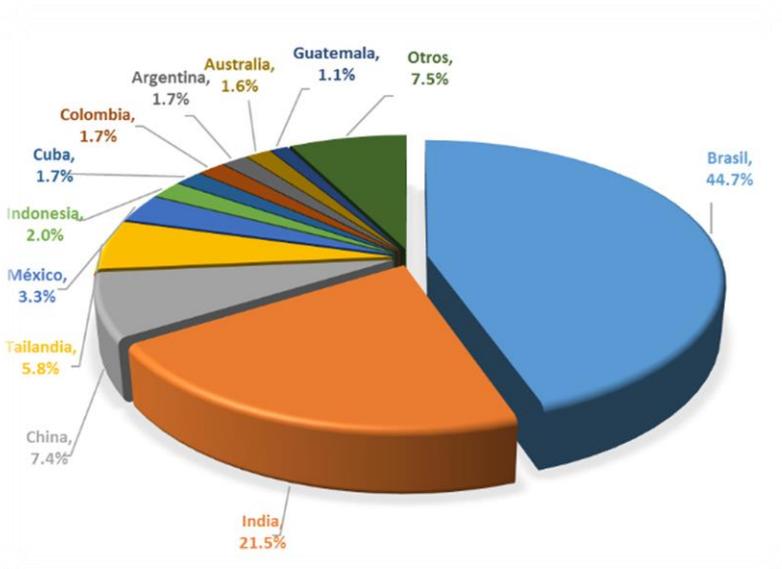
Gráfico # 2



Comportamiento de la producción de caña en toneladas por hectárea (TCH) y Sacarosa % caña. Ingenio Valdez, 2012-2014

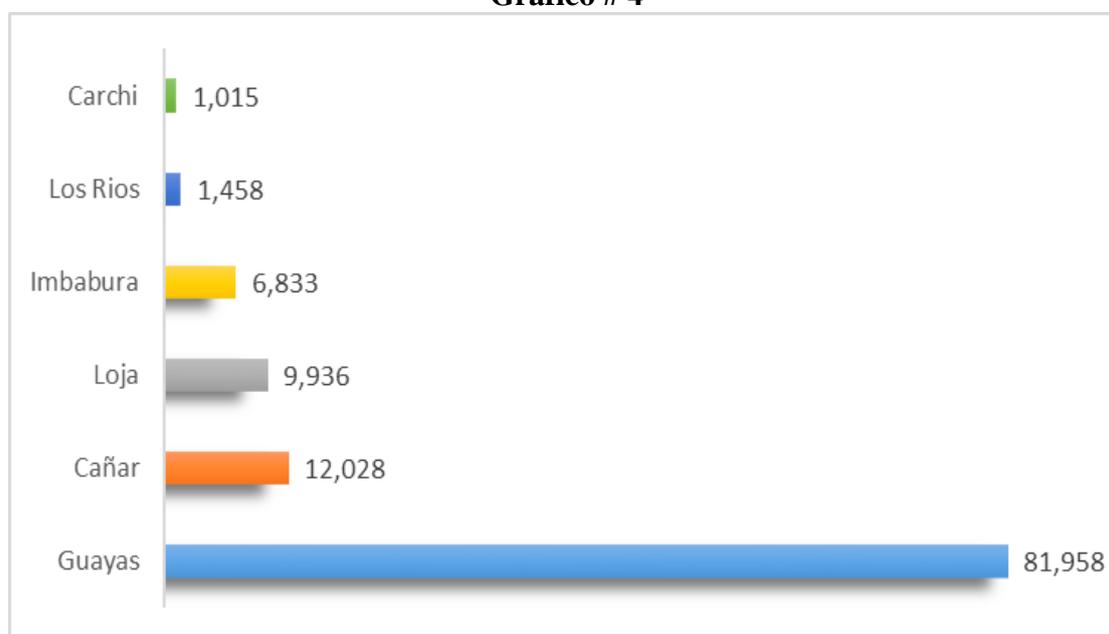
Elaborado por: Maldonado César, 2016

Gráfico # 3



Participación porcentual de la superficie productiva de caña de azúcar por países. 2015
Fuente: (FOASTAT, 2016)

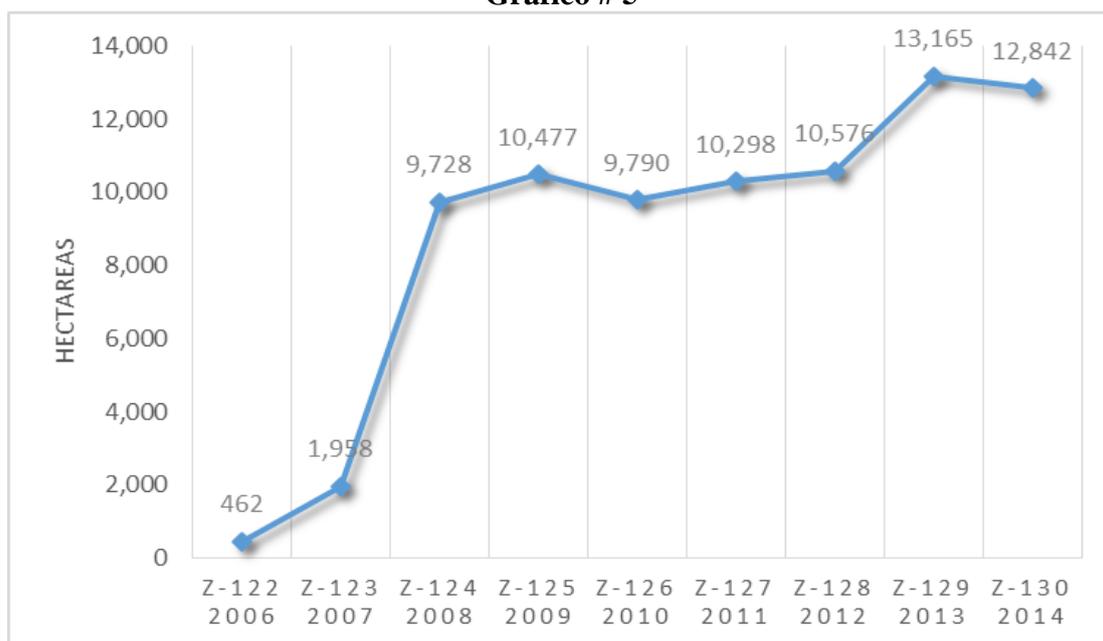
Gráfico # 4



Superficie cosechada de caña de azúcar por provincia en el Ecuador. 2014

Fuente: INEC 2014.

Gráfico # 5



Área de cosecha mecánica en la Compañía Azucarera Valdez S. A. (CAVSA).
2014

Fuente: Departamento de Estadística (CAVSA, 2014).

Tabla 1
Superficie cosechada y Producción de caña por Variedad en las últimas seis zafras del ingenio Valdez.

VARIEDAD INGENIO VALDEZ Y CAÑICULTORES			
ZAFRA	VARIEDAD	HECTAREAS	TONELADAS
ZAFRA - 2009	RAGNAR	13,873.05	877,471.77
	B-7678	5,379.01	341,166.91
	Mezclada	173.26	9,351.00
	ECU-01	217.71	15,413.06
	CR-74250 (SAN CARLOS)	412.21	18,134.79
	CC-8592	886.14	74,173.92
	C-8751 (CUBA)	1.17	61.96
	MPR-317	3.02	193.04
	RD-7511	4.22	393.25
	PUERTO RICO PR1059	6.30	350.47
		6.85	252.44
Total. ZAFRA - 2009		20,962.94	1,336,962.61
ZAFRA- 2010	RAGNAR	10,786.27	778,024.33
	ECU-01	1,421.70	140,444.94
	CC-8592	2,538.24	245,901.38
	B-7678	2,817.78	217,874.23
	Mezclada	104.12	7,544.72
	CR-74250 (SAN CARLOS)	512.80	31,952.57
	RD-7511	4.22	509.77
	C-8751 (CUBA)	6.50	716.01
		6.85	344.42
Total. ZAFRA - 2010		18,198.48	1,423,312.37
ZAFRA - 2011	CC-8592	4,176.92	401,715.17
	B-7678	3,048.69	246,056.67
	ECU-01	3,458.75	353,330.92
	RAGNAR	8,416.72	581,601.69
	CR-74250 (SAN CARLOS)	532.00	33,568.51
	PR-671070	29.09	1,575.07
	Mezclada	90.50	8,181.30
	EC 02	3.57	450.49
	RD-7511	4.22	539.92
	C-8751 (CUBA)	6.00	715.40
Total. ZAFRA - 2011		19,766.46	1,627,735.14
ZAFRA - 2012	B-7678	1,113.88	85,903.41
	ECU-01	4,187.15	409,297.51

	CC-8592	6,102.86	576,109.73
	RAGNAR	6,369.44	484,614.80
	EC-02	146.09	14,179.30
	Mezclada	174.47	15,946.29
	CR-74250 (SAN CARLOS)	471.10	30,032.01
	PR-671070	29.09	2,171.28
	EC-03	93.82	11,228.45
	RD-7511	4.22	350.19
	Total. ZAFRA - 2012	18,692.12	1,629,832.97
ZAFRA - 2013	RAGNAR	4,729.51	321,899.89
	ECU-01	6,235.08	548,992.95
	CC-8592	7,681.16	656,564.20
	Mezclada	259.84	20,605.63
	B-7678	350.72	27,332.29
	EC-02	404.34	43,607.35
	CR-74250 (SAN CARLOS)	461.64	25,597.27
	EC-03	646.24	74,424.38
	PR-671070	36.09	1,320.95
	Total. ZAFRA - 2013	20,804.62	1,720,344.91
ZAFRA - 2014	RAGNAR	3,749.41	314,999.68
	ECU-01	5,738.19	572,555.01
	CC-8592	7,299.73	711,675.24
	B-7678	120.44	12,161.07
	Mezclada	334.33	29,680.08
	CR-74250 (SAN CARLOS)	356.74	26,530.59
	EC-03	694.25	69,818.04
	EC-02	910.15	104,437.34
	PR-671070	12.00	645.34
	EC-05	20.67	2,379.72
	EC-04	4.75	437.69
	CLON-190	6.50	635.53
	Total. ZAFRA - 2014	19,247.16	1,845,955.33

Fuente: Maldonado César, 2016

Tabla 2a. Información semanal de la recuperación de sacarosa % caña, porcentaje de trash y TPCC en la zafra 2014 del ingenio Valdez.

SEMANA	Sacarosa % caña	Materia Extraña Trash %	TPCC Horas
1	10.18	9.92	8.3
2	10.63	5.96	24.1
3	10.45	5.08	21.7
4	10.77	5.15	21.7
5	10.78	4.68	21.9
6	10.69	4.74	19.4
7	10.85	5.68	22.3
8	11.07	5.33	22.2
9	11.36	5.66	21.6
10	11.51	5.38	19.7
11	11.94	4.24	19.7
12	11.68	3.80	19.4
13	11.74	4.42	19.1
14	11.97	4.61	21.3
15	11.2	4.20	18.8
16	12.11	4.23	16.3
17	11.74	4.69	18.0
18	11.87	3.77	18.7
19	12.39	3.37	19.5
20	12.58	3.38	19.0
21	12.25	3.80	17.3
22	12.3	3.67	17.2
23	12.13	3.75	16.6
24	12.12	4.02	17.2
25	11.91	4.76	15.9
26	11.52	4.89	13.5
27	11.33	5.44	15.7

Fuente: Departamento de Aseguramiento de Calidad. DAC

Tabla 2b

Tabla ANOVA (Análisis de la Varianza)

Modelo		Suma de cuadrados	g.l.	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7,974	2	3,987	29,435	0,000 ^a
	Residual	3,251	24	0,135		
	Total	11,225	26			

a. Variables predictoras: (Constante), X₂, X₁
b. Variable dependiente: Y

Tabla 2c

Coefficientes de Regresión (β) y Pruebas de Significación (t).

Modelo		Coefficientes no estandarizados	Error típico.	Coefficientes tipificados	t	Sig.
		β		Beta		
1	(Constante)	15,338	0,609		25,186	0,000
	X ₁	-,458	0,061	-0,882	-7,574	0,000
	X ₂	-,087	0,024	-0,428	-3,675	0,001

a. Variable dependiente: Y

Tabla 3
Estimación de sacarosa en la producción de azúcar en el año 2014. Ingenio Valdez

Tipo de Cosecha	Sacarosa inicial %	TPC C*	Sacarosa -TPCC	M.E.**	Sacarosa - M.E.	Sacarosa perdida en fábrica	SACAROSA ESTIMADA
Manual quemada	14,15	42,88	10,46	2,84	12,85	0.30	8.80
Mecánica quemada	14,15	8,58	13,41	7,66	10,64	0.42	9.48
Mecánica verde	14,15	0.67	14,09	8,48	10,26	0.47	9.74

*Tiempo de permanencia de la caña en el campo

**Materia Extraña

Elaboración: Maldonado César, 2016

Tabla 3.1
Registros por tipo de corte y factores que inciden en la estimación de sacarosa. Ingenio Valdez

Tipo de corte	LbTC (Libras por tonelada de caña)	Materia extraña (Trash %)	TPCC (Horas)
Manual quemada	 157	 2.84%	 42.88
Mecánica quemada	 169	 7.66%	 8.58
Mecánica verde	 174	 8.48%	 0.67

Nota: Datos del Sistemas de Información CampoNet CAVSA.

Elaboración: Maldonado César, 2016.