

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

IMPLEMENTACIÓN DE DOS TURNOS DE QUEMA Y SU INFLUENCIA
SOBRE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO MAGDALENA,
LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA (2009-2013)
ESTUDIO DE CASO

WARNER ALFREDO GONZÁLEZ ACEITUNO
CARNET 52401-94

ESCUINTLA, OCTUBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

IMPLEMENTACIÓN DE DOS TURNOS DE QUEMA Y SU INFLUENCIA
SOBRE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO MAGDALENA,
LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA (2009-2013)
ESTUDIO DE CASO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
WARNER ALFREDO GONZÁLEZ ACEITUNO

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

ESCUINTLA, OCTUBRE DE 2015
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS

VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

LIC. HEBER OBED GARCIA XITUMUL

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES
MGTR. LUIS AMÉRICO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ
ING. MANUEL RODRIGO SALAZAR RECINOS


Guatemala, 16 de Septiembre de 2015

Honorable Consejo:
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos miembros del consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el informe final del Estudio de Caso al estudiante Warner Alfredo González Aceituno, que se identifica con carné 52401-94, titulado: **“Implementación de dos turnos de quema y su influencia sobre la calidad de la caña de azúcar; Ingenio Magdalena, La democracia, Escuintla 2009-2013”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad, por lo que recomiendo se le otorgue la aprobación correspondiente.

Atentamente,



Ing. Agr. Heber Obed García Xitumul.
Colegiado No. 2699

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Estudio de Caso del estudiante WARNER ALFREDO GONZÁLEZ ACEITUNO, Carnet 52401-94 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 06122-2015 de fecha 26 de septiembre de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**IMPLEMENTACIÓN DE DOS TURNOS DE QUEMA Y SU INFLUENCIA
SOBRE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO MAGDALENA,
LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA (2009-2013)**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, al día 1 del mes de octubre del año 2015.


ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios por la bendición de la vida y la oportunidad de superarme y cumplir mis metas.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, por ser parte de mi formación.

Ing. Heber Obed García Xitumul, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Adán Obispo Rodas Cifuentes, por su apoyo incondicional en la realización de correcciones.

Ing. Jefe del departamento de cosecha de ingenio Magdalena, Ing. Alfredo Emilio Catalán Marroquín, por brindarme la oportunidad de desarrollar ésta investigación.

DEDICATORIA

A:

Dios: Quien siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres: Juan francisco González Pineda, Miriam Gladis de González, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mi esposa: Por ser la persona que me ha motivado siempre.

Mis hijas: Por ser la razón de mi esfuerzo, dedicación y mis alegrías, las amo.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	i
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
2.2 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
2.3 FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN EN EL CAMPO	4
2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	5
2.5 ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA SACAROSA	7
2.6 COSECHA DE CAÑA DE AZÚCAR	8
2.7 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CAÑA DESPUÉS DEL CORTE	9
2.8 INVERSIÓN DE LA SACAROSA	10
2.9 DETERIORO DE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR	11
2.9.1 Pérdidas de sacarosa entre corte y molienda	11
2.9.2 Deterioro microbiano	12
2.9.3 Deterioro enzimático	13
2.9.4 Pérdidas de humedad por efecto de la quema de la caña de azúcar	13
2.9.5 Proporcionalidad de azúcares reductores y efecto en el proceso industrial	14
2.9.6 Pérdidas de calidad por apilamiento de caña en los campos de cosecha	14
III. CONTEXTO	17
3.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO	17
3.2 UBICACIÓN DEL ESTUDIO	20
IV. JUSTIFICACIÓN	21

	Página
V. OBJETIVOS	23
5.1 OBJETIVO GENERAL	23
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
VI. METODOLOGÍA	24
6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS	24
6.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	26
6.3 VARIABLES DE ESTUDIO	27
6.3.1 Comportamiento de horas quema y molienda por zafra	27
6.3.2 Rendimiento potencial de azúcar	27
6.3.3 Brix del jugo	27
6.3.4 Porcentaje de pol	27
6.3.5 Azúcares reductores y su relación con la sacarosa	28
6.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	29
6.4.1 Análisis comparativo de resultados	29
VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
7.1 INTERVENCIÓN	30
7.1.1 Proceso de la cosecha de la caña de azúcar	30
7.1.2 Cosecha manual	30
7.1.3 Efecto de la quema	31
7.1.4 Secuencia de actividades	31
7.1.5 Procedimiento de la quema programada	32
7.1.6 Recurso humano y material	34
7.1.7 Proceso del establecimiento de los dos turnos de quema	34
7.2 RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO	36
7.2.1 Comportamiento de horas quema por zafra	36
7.2.2 Rendimiento potencial de azúcar	38
7.2.3 Análisis de pol y grados brix	40
7.2.4 Azúcares reductores y su relación con la sacarosa	42

7.2.5 Análisis de costo beneficio	44
VIII. CONCLUSIONES	45
IX. RECOMENDACIONES	46
X. BIBLIOGRAFÍA	47
XI. ANEXOS	49
11.1 Formato de orden de ingreso de caña	49
11.2 Envío de caña de azúcar	50
11.3 Glosario de palabras	51

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Promedio de la composición química de los tallos y jugos de la caña de azúcar	6
Cuadro 2. Constituyentes químicos del jugo de la caña de azúcar	6
Cuadro 3. Rango de pérdidas de sacarosa en porcentaje por tonelada de caña entera por diferentes tipos de apilamiento	10
Cuadro 4. Disminución de los porcentajes de las variables de la calidad influenciadas por apilamiento de la caña, cosechada manualmente y previamente quemada	15
Cuadro 5. Pérdidas de sacarosa en cosecha manual y mecanizada, con y sin quema previa al corte	16
Cuadro 6. Comportamiento de resultados de horas entre la quema y molienda, entre el método tradicional y los dos turnos de quema	37
Cuadro 7. Análisis de rendimiento de azúcar por hora después de realizada la quema de la caña	39
Cuadro 8. Análisis del comportamiento del porcentaje de pol y grados brix después de realizada la quema	41
Cuadro 9. Comportamiento de los azúcares reductores respecto al contenido de sacarosa en los jugos de la caña.	42
Cuadro 10. Descripción del costo de la implementación del segundo turno de quema.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura molecular de la sacarosa	7
Figura 2. Hidrólisis de la sacarosa	10
Figura 3. Exudados de la caña de azúcar por efecto de la quema	11
Figura 4. Corte de caña de azúcar	15
Figura 5. Apilamiento de la caña en campo	15
Figura 6. Realización de brechas en las áreas en las cuales la cantidad de caña es mayor a la que se necesita quemar	32
Figura 7. Proceso de la quema de la caña de azúcar	33
Figura 8. Utilización de tanques contra incendios como apoyo para el control de quemas	33
Figura 9. Comportamiento del rendimiento de azúcar en relación a las horas entre quema y molienda	39
Figura 10. Comportamiento de grados brix y porcentajes de pol en el jugo de la caña después de realizada la quema de la caña de azúcar	41
Figura 11. Comportamiento de los azúcares reductores en relación al contenido de sacarosa presente en el jugo de la caña, después de la quema	43

IMPLEMENTACIÓN DE DOS TURNOS DE QUEMA Y SU INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA 2009-2013.

RESUMEN

El presente estudio documenta la implementación de dos turnos de quema y su influencia sobre la calidad de la caña de azúcar, en el ingenio Magdalena S.A. La quema de la caña de azúcar es una práctica que se realiza previo a la cosecha, con el objetivo de eliminar la mayor cantidad de hojas secas (trash vegetal), y con ello facilitar el corte; sin embargo, esta actividad ocasiona efectos negativos en la calidad, ya que por naturaleza la sacarosa tiende a deteriorarse inmediatamente después de realizada la quema. Los resultados muestran que el rendimiento de azúcar por tonelada métrica de caña desciende en un promedio de 0.30 kg de azúcar por hora transcurrida en las primeras 24 horas, siendo mayor después de este tiempo. El estudio documentado compara la implementación de dos turnos de quema, con el método convencional de un solo turno de quema; luego de recopilar y analizar la información, se demuestra que esta intervención ha tenido un efecto positivo en la reducción de las horas entre la quema y molienda. De acuerdo a los resultados obtenidos por temporada, se observa una diferencia de 10 horas, al comparar los datos con esta implementación, esto representa una mejora del 27 por ciento en las horas entre quema y molienda, debido a esto se estima una recuperación de sacarosa de 8.69 kg por tonelada métrica de caña de azúcar, siendo este factor el más importante estimado en este estudio de caso.

IMPLEMENTATION OF TWO BURNING PERIODS AND THEIR INFLUENCE ON THE QUALITY OF SUGARCANE; MAGDALENA SUGAR MILL, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA 2009-2013

SUMMARY

This study documents the implementation of two burning periods and their influence on the quality of sugarcane in the Magdalena S.A. sugar mill. The sugarcane burning is a practice carried out prior to the harvest and it is done in order to get rid of the highest amount of dry leaves (trash vegetable), and to facilitate the cutting; however, this activity causes negative effects on the quality since the saccharose by nature deteriorates immediately after the burning. The results show that the yield of sugar per sugarcane metric ton is reduced at an average of 0.30 kg of sugar per hour after the first 24 hours, increasing after that period. The documented study compares the implementation of two burning periods and the conventional method includes only one burning period. After gathering and analyzing the information, it is demonstrated that this intervention has had a positive effect in reducing the hours between the burning and grinding process. According to the results obtained per season, a difference of 10 hours is observed while comparing the data with this implementation; this represents an improvement of 27 percent regarding the hours between the burning and grinding process. Thus, a saccharose recovery of 8.69 kg per sugarcane metric ton is estimated, being this the most important factor estimated in this case stud

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala la producción de caña de azúcar es una de las actividades económicas más importantes. Según la Asociación de Azucareros de Guatemala (2015), la agroindustria representa el 3 por ciento del PIB del país; en la zafra 2013/2014 la producción de azúcar fue de 2,806,578 toneladas, producto de los 12 ingenios establecidos en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu y Santa Rosa, esto representa el 31 por ciento del valor total de las exportaciones agrícolas guatemaltecas y el 15.36 por ciento de las exportaciones totales; la agroindustria azucarera genera alrededor 85,000 empleos, de los cuales 32,000 son cortadores de caña.

Desde la zafra 2008/2009 a la zafra 2012/2013, la producción de caña en el ingenio Magdalena se ha incrementado en un 31.5 por ciento, esto se debe a la expansión del área productiva y a la implementación de nuevas técnicas de producción. Debido a este crecimiento las labores de cosecha y fabricación han tenido que ser innovadores en sus procesos con el fin de ser más eficientes y mejorar la productividad. La cosecha representa el 33 por ciento de los costos de producción; el 4 por ciento se realiza de forma mecanizada y el 96 por ciento de forma manual, para esta labor se contratan alrededor de 7,000 cortadores, con el fin de cumplir con el abastecimiento de caña a la fábrica y terminar la cosecha en el tiempo establecido (Sistema Agrícola, Ingenio Magdalena S.A, 2014).

La quema de la caña es una práctica necesaria en la cosecha manual y se realiza con la finalidad de facilitar el corte, ésta práctica tiene ventajas sobre el corte en verde, entre las que se pueden mencionar: el aumento en la eficiencia en las toneladas de corte por hombre al día, la disminución del riesgo de mordeduras de serpientes y/o animales ponzoñosos.

La quema de la caña de azúcar disminuye el trash vegetal en la chorra de caña, se visualizan mejor los tallos y por ende mejora la calidad y las técnicas de corte,

disminuyendo las pérdidas por caña dejada en campo por efecto de tocón, mal despunte, caña pegada, caña en chorra de basura y caña picada entre otros, además disminuye el riesgo de incendios al momento del corte, sin embargo, la quema de la caña de azúcar tiene efectos negativos en la calidad, debido a la inversión de la sacarosa en dextrosa (glucosa) y levulosa (fructosa), este efecto aumenta progresivamente a medida que transcurre el tiempo, a mayor cantidad de horas entre quema y molienda, menor será la cantidad de sacarosa o azúcar que se puede extraer en la fábrica. Según estudios realizados en el valle del río Cauca, las pérdidas de sacarosa están entre 0.018 y 0.021 unidades porcentuales por hora después de la quema, equivalentes a un promedio de 4.7 kg de sacarosa por tonelada de caña, por día; los daños causados por la quema y el sistema de corte (especialmente mecánico) predispone la materia prima cosechada al ataque de bacterias como *Leuconostoc mesenteroides*, la cual genera polisacáridos, no deseables para el proceso industrial, como las dextranas, las cuales se forman a partir de la sacarosa, contribuyendo así a reducir los contenidos de sacarosa, de los jugos (Larrahondo, 2012).

Con la finalidad de reducir el efecto negativo que tiene la quema en la calidad de la caña, a partir de la zafra 2010-2011 se implementaron dos turnos de quema, esto permite realizar quemas no solo de día sino que también por la noche, a diferencia de utilizar un solo turno, debido a esto se ha observado una reducción de las horas entre la quema y la molienda, lo cual es positivo en la calidad de la caña que se procesa.

Con base en los puntos anteriormente mencionados, se consideró necesario hacer una evaluación y documentación de los registros más importantes del efecto que ha tenido la implementación de estos dos turnos en relación a las horas entre la quema y la molienda y su influencia en la calidad de la caña de azúcar.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar tuvo su origen y evolución en los ingenios de la India, China, y otros países del Asia, fue introducida por Cristóbal Colón a América en 1493. Durante el año 1500 llegó a Brasil y México. El éxito de la caña de azúcar en la agricultura se debe al desarrollo de nuevas variedades, como híbridos interespecíficos. Diferentes variedades se distribuyeron desde la India hasta el Occidente y desde la Polinesia hasta Mauricio y las Indias Occidentales (Larrahondo, 2012).

2.2 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar pertenece al género *Saccharum*, el cual es miembro de la tribu *Andropogonae* y ésta de la familia *Poaceae*. Dentro de este género hay incluidas seis especies: *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. officinarum*, *S. barberi*, *S. sinense* y *S. edule*. Estas últimas tres especies, sin embargo se cree que son de origen interespecíficos o intergenérico. La evidencia molecular no respalda el mantenimiento del estatus de “especies” de *S. barberi* y *S. sinense* (Melgar, Meneses, Orozco, Pérez y Espinosa, 2012).

Las amplias variaciones en el tamaño, color y contenido de sacarosa son resultado de diversas condiciones, tales como: tipo de suelo, clima, manejo agronómico y de la selección varietal. Desde el punto de vista industrial, se puede considerar como la materia prima que se somete a un complejo de procesos, obteniéndose como resultado azúcar de caña (Gavelán, 2014).

2.3 FACTORES QUE INCIDEN EN LA PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN EL CAMPO

Entre los factores que contribuyen a la calidad de la caña de azúcar antes del corte se encuentran: la variedad, las prácticas culturales, la edad de la caña y la época de corte. El contenido de sacarosa, el proceso de maduración el nivel de compuestos no sacarosas, tales como los niveles de azúcares reductores (glucosa y fructosa), polisacáridos solubles y almidones en los jugos, son características varietales que influyen directamente con la calidad de la caña. El desarrollo de la caña está ligado a la nutrición mineral. Algunos nutrimentos tienen efectos adversos sobre la calidad de los jugos en el momento de la cosecha, en tanto que otros la mejoran y son importantes en el proceso fabril. Las aplicaciones excesivas de nitrógeno tienden a disminuir los contenidos de sacarosa y retrasar la maduración; no obstante una fertilización nitrogenada adecuada se asocia con vigoroso desarrollo del cultivo, con incrementos en la producción de caña (Larrahondo, 2012).

Entre otros aspectos importantes que se toman en cuenta es la correcta ubicación de variedades por estrato altitudinal y por tercio de zafra, control adecuado de plagas y enfermedades, no realizar aplicaciones tardías de nitrógeno, temperatura (amplitud térmica), luminosidad y precipitación, edad de corte, programa de cosecha para la zafra, adecuado manejo de madurantes, humedad del suelo 30 días antes de la cosecha, momento óptimo de cosecha (Ospina, 2011).

La reducción en el contenido de humedad de los tallos induce la conversión de los azúcares reductores a sacarosa (proceso de sazonado), sin embargo, los jugos de caña cultivados bajo diferentes grados de estrés hídrico, presentaron aumento en los contenidos de amino-nitrógenos (o aminoácidos), esto ocasiona problemas de clarificación en la fábrica (Larrahondo, 2012).

2.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La sacarosa, fórmula química $C_{12}H_{22}O_{11}$ (peso molecular 342 g/mol), es el principal producto de la fotosíntesis en la caña de azúcar y por consiguiente es el azúcar cristizable más importante de la industria azucarera. El porcentaje aparente de sacarosa (relación masa/masa) se denomina pol, debido a su propiedad dextro-rotatoria, que permite su cuantificación en jugos y materiales azucarados mediante el empleo de un polarímetro o sacarímetro, el cual permite analizar sustancias ópticamente activas. Estos compuestos son aquellos que pueden rotar el plano de la luz polarizada, de dos maneras: hacia la derecha (signo +) denominados Dextro-rotatorios (ejemplo: la sacarosa, la glucosa, las dextranas, etc.) o hacia la izquierda, los cuales rotan el plano de luz polarizada hacia la izquierda (signo -), dando lugar al nombre de Levo-rotatorios (fructosa) (Larrahondo, 2014).

La sacarosa es un disacárido que resulta de la unión química entre dos monosacáridos: glucosa y fructosa consideradas también como azúcares reductores (ambos hexosas o azúcares con seis átomos de carbono). Las estructuras químicas desarrolladas de los monosacáridos precursores involucrados en la reacción química forman un disacárido, esta reacción constituye una biosíntesis que realiza el metabolismo de la caña de azúcar durante su proceso de crecimiento y maduración (Melgar, *et al.*, 2012).

La glucosa y la fructosa forman parte integral del componente tecnológico del brix en la caña de azúcar y son carbohidratos (compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno), clasificados como monosacáridos, eso es que no pueden ser hidrolizados a moléculas o carbohidratos más pequeños. Por otra parte, la sacarosa es clasificada como un disacárido, o sea que está compuesta de dos unidades de monosacáridos: la D-glucosa, y la D-fructosa, unidades mediante un enlace glucosídico. En los cuadros 1 y 2 se describe la variación porcentual en la composición de la caña de azúcar (Larrahondo, 2014).

Cuadro 1. Promedio de la composición química de los tallos y jugos de la caña de azúcar

Componentes	Porcentaje
Agua	70-73
Sólidos	27-30
Fibra seca	15-17
Sólidos solubles (brix)	12-15

(Larrahondo, 2012).

Cuadro 2. Constituyentes químicos del jugo de la caña de azúcar

Constituyente químico	Porcentaje de (brix)
Azúcares	75-92
Sacarosa	70-90
Glucosa	2-4
Fructosa	2-4
Sales	27-30
Inorgánicos	15-17
Orgánicos	12-15
Ácidos orgánicos	1-3
Aminoácidos	1.5-5.5
Otros no azúcares	1.5-2.5

(Larrahondo, 2012).

2.5 ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA SACAROSA

El azúcar es un carbohidrato de fórmula general $C_{12}H_{22}O_{11}$, es un disacárido que consiste de dos compuestos monosacáridos: D- glucosa y D- fructosa con pérdida de una molécula de agua. El nombre químico exacto de la sacarosa es: α -D-glucopiranosii- β -D-fructofuranósido. La sacarosa se encuentra también en los tallos, en las raíces y en los frutos (Gavelán, 2014). Su estructura molecular se visualiza en la Figura 1.

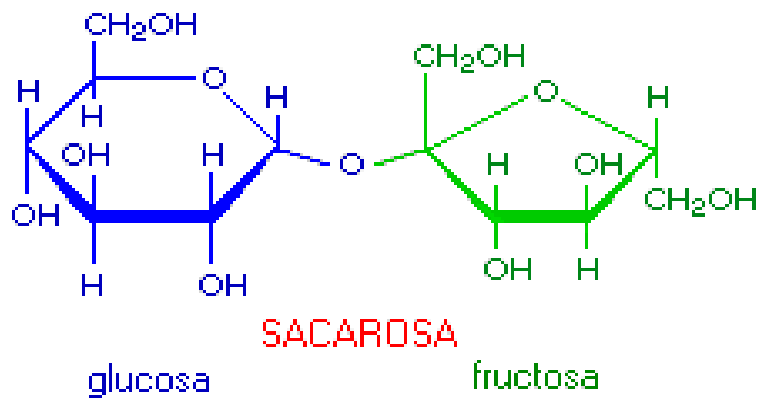


Figura 1. Estructura molecular de la sacarosa (Zepeda, 2012).

2.6 COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La cosecha de la caña de azúcar representa cerca del 33 por ciento de los costos de producción del cultivo; por lo que cualquier variación en esta labor afecta significativamente la rentabilidad del cultivo en comparación con otras labores. La cosecha o zafra está dividida en tercios, debido a las diferencias en productividad de azúcar en el transcurso de la zafra. El primer tercio comprende los dos primeros meses, noviembre y diciembre; el segundo tercio es en enero y febrero, y el último tercio comprende los meses de marzo y abril, ocasionalmente puede llegar a mediados de mayo (Melgar, *et al.*, 2012).

El primer tercio (noviembre y diciembre) se caracteriza por ser el de mayor productividad en toneladas de azúcar por hectárea "TAH", dado principalmente por un rendimiento superior de toneladas de caña por hectárea "TCH" de un 09 por ciento en relación con el promedio.

El segundo tercio (enero y febrero) se caracteriza por ser el de mayor concentración de azúcar, aunque su productividad en TAH es 4 por ciento y TCH 12 por ciento inferior al primer tercio.

El tercer tercio (marzo y abril) se caracteriza por ser el de menor productividad en TAH; con un 28 por ciento menos de TAH en relación con el promedio y un 44 por ciento respecto al primer tercio, esto dado por su rendimiento en TCH y contenidos de azúcares bajos (Melgar, *et al.*, 2012).

Para la planificación de la cosecha en los ingenios se toman en cuenta aspectos importantes como: edad y punto de maduración de acuerdo a la variedad, ubicación y tipo de suelo, cantidad de molienda diaria, tiempo de entrega entre la quema y el ingenio menor a 24 horas para que la fábrica disponga de caña fresca (Melgar, *et al.*, 2012).

2.7 FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DE LA CAÑA DESPUÉS DEL CORTE

Los principales factores que afectan la calidad de la caña de azúcar después del corte son:

- Altura de corte
- Contenido de basuras o material extraño
- Quema y tiempo entre corte y molienda
- Acción de microorganismos

El deterioro de la caña y las pérdidas de sacarosa entre corte y molienda han sido objeto de múltiples estudios. Se reconoce que la pérdida de sacarosa y calidad de la caña empieza casi inmediatamente después del corte, siendo mayor a medida que aumenta el tiempo de permanencia en los patios de la fábrica o en el campo. Después del corte, la caña pierde agua a una tasa de 1 por ciento a 2 por ciento por día, dependiendo de las condiciones ambientales (climáticas) en la cosecha. Esa disminución de agua señala, en algunos casos, un aumento aparente del contenido de sacarosa debido al efecto de deshidratación. Se ha demostrado y reportado además que el 13 por ciento de las pérdidas de sacarosa, después del corte, son de naturaleza química, 25 por ciento se deben a la acción bioquímica de las invertasas endógenas de la caña de azúcar (invertasas ácidas e invertasas neutras) la actividad de la invertasa ácida (pH óptimo de 4.8 a 5.2) aumenta rápidamente después de 72 horas de almacenamiento o tiempo de permanencia o demoras entre el corte y molienda; por otra parte, la invertasa neutra es muy activa a pH de 7.0 (o cercano a este valor) y 62 por ciento son de origen microbiológico. La materia extraña, definida como aquel material que no aporta sacarosa al proceso fabril, está formada por material mineral, hojas, cogollos y tallos terciarios, los cuales contribuyen a reducir los niveles de sacarosa entre el corte y la molienda por efecto de dilución (Larrahondo, 2012).

Cuadro 3. Rango de pérdidas de sacarosa en porcentaje por tonelada de caña entera por diferentes tipos de apilamiento

Tipo de apilamiento	24 horas	48 horas	120 horas
En campo	0.20 – 0.50	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0
En jaulas cañeras	0.20 - 0.80	0.9 - 1.0	
En patios de caña	0.80 – 2.4		

(Larrahondo, 2012).

2.8 INVERSIÓN DE LA SACAROSA

La sacarosa se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas a velocidades que aumentan notablemente, según el aumento de la temperatura y la disminución del pH, con liberación de los monosacáridos constituyentes, según la reacción (Gavelán, 2014).

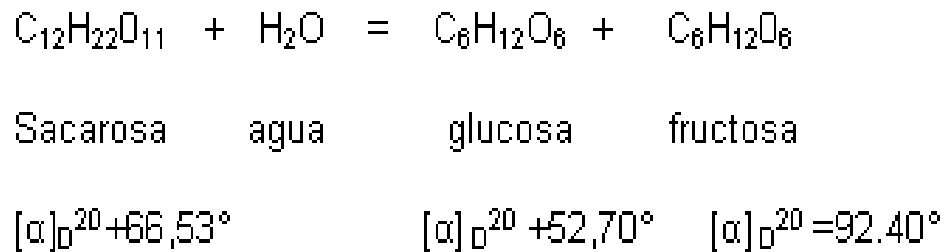


Figura 2. Hidrólisis de la sacarosa (Gavelán, 2014).

2.9 DETERIORO DE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR

2.9.1 Pérdidas de sacarosa entre corte y molienda

Luego del corte la caña está sometida a deterioro, debido en gran parte a la actividad de microorganismos. Este hecho resulta en pérdidas de azúcar y la formación de impurezas indeseables. El grado de deterioro y pérdidas de sacarosa entre corte y molienda está influenciado por diferentes factores, tales como la época de cosecha, sistema de cosecha (quemada o sin quemar, corte manual o mecánico), variedad, materia extraña y tiempo entre cosecha y molienda. Por lo tanto, factores como la tardanza entre el corte y molienda deben mantenerse al mínimo, asociado también a un suministro de caña limpia o de bajo contenido de materia extraña; la quema mejora la calidad de la caña al buscar remover o reducir los niveles de materia extraña, factor clave en las pérdidas de sacarosa, pero esta práctica retira las ceras y el calor del fuego rompe la corteza y expone parte del jugo, formando exudados externos que son fuente de contaminación microbiana, incrementando de esta manera la destrucción de la sacarosa (Larrahondo, 2012).



Figura 3. Exudados de la caña de azúcar por efecto de la quema.

2.9.2 Deterioro microbiano

Los microorganismos crecen rápidamente en la superficie de la caña quemada, incluso tan pronto como 10 minutos después de la quema. Entre los principales microorganismos se pueden citar bacilos como *Xanthomonas*, *Corynebacterium* y hongos como *Rhizopus* y *Aspergillus*, y las levaduras *Rhodotorula* y *Candida*. *Leuconostoc* es muy común, especialmente en la caña quemada y cortada mecánicamente (quemada y sin quemar) y su número aumenta considerablemente después de la quema y corte, o ambos (Larrahondo, 2012).

El deterioro por acción de los microorganismos lleva a la formación de dextranas, y generación de ácidos orgánicos que promueven la hidrólisis posterior de la sacarosa, unidos a un deterioro químico promovido por las enzimas (invertasas) y acción de los ácidos de los jugos de la caña pos cosecha, lo cual incrementa las pérdidas de sacarosa. Los microorganismos utilizan la sacarosa como alimento y causan aproximadamente el 60 por ciento de las pérdidas de azúcar entre corte y molienda. Aparte de las pérdidas directas de sacarosa que ocurren durante la cosecha, el contenido de no-sacarosas, como los azúcares reductores de la caña, se incrementan, llevando a una pérdida mayor de azúcares en mieles y menor recuperación fabril del azúcar (cristal). La velocidad con la cual estos microorganismos metabolizan la sacarosa depende de la temperatura y su actividad es reducida sustancialmente en clima frío. Para Colombia se han estimado pérdidas entre 10-15 kg de azúcar por tonelada de caña, por día; estas pérdidas observadas corresponden no solo a los tiempos de permanencia o tardanzas entre la cosecha y molienda, sino también a otros factores como la materia extraña (Larrahondo, 2012).

2.9.3 Deterioro enzimático

La caña de azúcar es una planta que por naturaleza contiene enzimas, la mayoría de las cuales resultan indispensables para su desarrollo, mientras que otras permanecen inactivas en la planta cuando ésta aún no ha sido cosechada. Sin embargo, al ser cortada, la planta se considera sin vida, por lo cual pierde paulatinamente su sistema de defensa anti-enzimático, dando lugar al deterioro de la misma. Según Larrahondo (2014) “este efecto representa el 25 por ciento del total de las pérdidas de sacarosa en la cosecha de caña de azúcar”. Este deterioro se puede observar y comparar, a través de muestreos en laboratorio, cañas recién cortadas contra otras que poseen varios días de ser cortadas, cuyos resultados son debidos a la conversión de sacarosa en azúcares invertidos, glucosa y fructosa (Zepeda, 2012),

2.9.4 Pérdidas de humedad por efecto de la quema de la caña de azúcar

Según Cenicaña (1995) citado por Larrahondo (2012), en el valle geográfico del río Cauca se encontró que cuando la caña se quema e inmediatamente se corta manualmente (caña entera), el brix se incrementaba entre 10 y 16 por ciento en las primeras 48 horas, en relación con la caña cosechada sin quemar; esta diferencia se debía a la pérdida de humedad en los tallos. De la misma manera, cuando la caña se quemaba y se dejaba “en pie”, se presentaba un descenso diario de 2.7 por ciento en el brix y en el pol, debido al deterioro y la mayor dilución por absorción de agua a través del sistema radicular de la planta siendo mayor después de 48 horas de realizada la quema (Larrahondo, 2012).

Los factores climáticos y el tiempo de permanencia de la caña apilada en el campo influyen en el deterioro de la calidad la caña, la pérdida de humedad de la caña varía entre 1.5 y 2.5 por ciento dependiendo de la temperatura, el viento y la humedad relativa a los cuales esté expuesta, esta pérdida influye en el aumento del contenido de fibra lo cual es negativo en el proceso de fabricación (Tuchán, 2014).

La alta humedad relativa y la temperatura propician la proliferación de microorganismos consumidores de sacarosa, en términos generales la pérdida de sacarosa oscila entre 0.23 y 0.27 kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña de azúcar en las primeras 24 horas después de realizada la quema (Tuchán, 2014).

Estudios más recientes realizados con la variedad CC85-92, bajo condiciones de un ingenio azucarero del Valle del Cauca, permitieron determinar pérdidas de peso de 2.0 por ciento por día, asociados con disminuciones de 0.024 unidades porcentuales por hora para la caña quemada y cortada inmediatamente. Por otra parte, para la misma variedad y condiciones de cosecha, la caña quemada y dejada en pie exhibió pérdidas de 0.032 unidades porcentuales por cada hora de atraso en el corte, después de la quema, este hecho enfatiza la importancia de efectuar el corte de la caña quemada lo más pronto posible, con la finalidad de garantizar el suministro de una caña de buena calidad y reducir las pérdidas de la caña pos cosecha (Larrahondo, 2012).

2.9.5 Proporcionalidad de azúcares reductores y efecto en el proceso industrial

El aumento de azúcares reductores en el jugo de caña afecta el proceso de fabricación, ya que limita la recuperación de azúcar y favorece la formación de miel final. Como un valor macro, por cada unidad de incremento de azúcares reductores, se incrementa la producción de miel final en 1 galón (3.785 L) por tonelada de caña (Monzón, 2011).

2.9.6 Pérdidas de calidad por apilamiento de caña en los campos de cosecha

Ensayos comerciales realizados con la variedad MZC74-275 cosechada manualmente (con quema previa) y apilada en el campo, permitieron señalar incrementos de no-sacarosa entre 0.3 y 0.4 unidades porcentuales por cada día de apilamiento, asociados con disminuciones de la pureza entre 2.0 y 3.0 unidades. Además, se observó en estos estudios, que la fibra (%) de caña exhibía incrementos entre 0.2 y 0.50 unidades por día a partir del momento de corte, durante las primeras 100 horas de estar apilada en campo (Larrahondo, 2012).

Cuadro 4. Disminución de los porcentajes de las variables de calidad influenciadas por apilamiento de la caña, cosechada manualmente y previamente quemada

Variable	Precosecha	24 horas	48 horas
Sacarosa % caña (S)	16.0	15.6-15.5	15.2-15.0
No-sacarosa % caña	1.4	1.7-1.8	2.0-2.2
Pureza (%)	92	90.0-89.0	88.4-87.2
Fibra % caña (F)	15.0	15.2 - 15.5	15.4 – 16.0
ARE (%) ¹	14.8	14.3 – 14.2	13.8 – 13.5

(Larrahondo, 2012).



Figuras 4 y 5. Corte y apilamiento de caña en campo.

Cuadro 5. Pérdidas de sacarosa en cosecha manual y mecanizada, con y sin quema previa al corte

Cosecha	Pérdidas de sacarosa % caña/hora	Pérdida de sacarosa % caña/día
Manual		
Sin quema (en verde)	0.018	0.40
Con quema	0.020	0.50
Mecanizada		
Sin quema (en verde)	0.021	0.50
Con quema	0.30	0.70

(Larrahondo, 2012).

En la zafra 2010/2011, los porcentajes de azúcar en precosecha de los diferentes ingenios de Guatemala oscilaron entre 15 y 16.5 por ciento (138.8 a 149.69 kilogramos de azúcar por tonelada métrica); mientras que en báscula (coresampler) estos porcentajes oscilaron entre 13.30 y 13.80 por ciento (120.66 a 125.19 kilogramos por tonelada métrica) y en promedio para la agroindustria azucarera de Guatemala el porcentaje industrial al final de la zafra fue de 10.65 por ciento (96.62 kilogramos de azúcar por tonelada métrica). Estos tres valores para un ingenio en la zafra 2010/2011 significa que solo un 70 por ciento del azúcar formado en campo se recupera al final del proceso industrial, lo que representa una valiosa oportunidad de mejora (Melgar, *et al.*, 2012).

III. CONTEXTO

3.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO

Según resultados obtenidos en el ingenio Magdalena, en la zafra 2008-2009, el promedio ponderado de horas entre la quema y la molienda fue de 42.41 horas. A pesar de los esfuerzos por disminuir las horas entre quema y molienda, en la cosecha no se lograba bajar ese promedio, debido a las limitaciones que se tenían en esa época, ya que contaban con un solo turno de quemadores, estos trabajaban jornadas diurnas, lo que permitía realizar quemas en el horario de 06:00 a 18:00 horas, con este horario se tenían que realizar quemas en horas de la tarde, lo que se cortaba en la primera tarea de corte al día siguiente, incrementando las pérdidas de sacarosa debido a que la caña quedaba quemada en pie hasta por 14 horas antes del corte.

Con la finalidad de reducir el efecto negativo que tiene la quema en la calidad de la caña, se probó realizar quemas durante la noche, esto implicó que se extendieran los horarios de trabajo de los quemadores, se tuvo que hacer modificaciones a los tiempos de descanso para poder realizar quemas durante el día, sin embargo, los descansos no eran suficientes, ocasionando desgaste físico debido a esta labor, incrementando el riesgo de accidentes laborales, ya que no se limitaban solo al proceso de quema, sino que entre sus labores también estaba el llenado del tanque contra incendios y el abastecimiento de agua a los cortadores.

Sin embargo, se obtuvieron resultados positivos en las pruebas realizadas durante la noche, observándose una disminución en el promedio de horas entre la quema y la molienda y se tomó en consideración implementar dos turnos en la siguiente temporada. A partir de la zafra 2010/2011 se implementaron dos turnos de quema por frente, uno con horarios de trabajo diurno y el otro nocturno, rotándose semanalmente, esto ha permitido realizar quemas más apegadas al corte, logrando disminuir las pérdidas de sacarosa debido a las horas que pasa la caña quemada en pie.

El mayor beneficio de estos dos turnos está en la realización de quemas nocturnas. En esta nueva modalidad de trabajo los quemadores tienen que monitorear las condiciones climáticas, tales como: precipitación pluvial (lluvias), viento, humedad relativa, temperatura y lo más importante la inversión térmica, se le denomina así al descenso de la temperatura en la capa baja de la atmósfera, influenciado por el aire frío en la parte alta, esto suele darse a partir de las 22 horas hasta las 05 de la mañana en distintos horarios dependiendo de la época del año, esto ocasiona que la humedad contenida en el aire se condense, provocando el punto de rocío, esto humedece los cañaverales impidiendo o complicando la quema.

Esta condición es muy variable en los tres tercios de la zafra, entre noviembre y diciembre, el comportamiento de la humedad relativa, la temperatura, y el viento, presentan mucha variación, incluso la presencia de lluvias repentinas y la variación de la inversión térmica hace que sea más difícil determinar el momento óptimo para realizar la quema, a diferencia del segundo tercio de la zafra, entre enero y febrero, cuando la condición del clima es más estable, permite realizar quemas incluso por la madrugada.

El tercer tercio de la temporada de zafra, entre marzo, abril y mayo, las condiciones son muy similares a las del primer tercio y se debe al acercamiento de la época de invierno, por tal razón los quemadores deben de estar más atentos a los cambios de clima que se puedan dar, y se debe a las lluvias repentinas que en determinado momento impiden el proceso de la quema ocasionando problemas al corte.

Los turnos de quemadores están organizados de la siguiente manera: un caporal, cinco quemadores y un operador de tractor, en total siete personas. Estos se encargan de evaluar la condición de los pantes a quemar, evaluando riesgos, humedad del suelo, clima, determinan los puntos de abastecimiento de agua necesaria para prevenir que el fuego se expanda en la quema y la distribución de tanques de abastecimiento de agua potable a los cortadores de caña durante el día.

En la zafra 2012-2013, las quemas no programadas llegaron a tener un efecto hasta en un 18 por ciento del total de las áreas de producción, generalmente estas quemas son efecto de problemas de tipo social que tiene la empresa, por inconformidad en algunas personas y/o comunidades; sin embargo, como parte de la responsabilidad social, la empresa ha empleado políticas de apoyo a las comunidades y actividades de concientización, este flagelo se ha podido reducir muy poco, ocasionando pérdidas significativas y se debe a que en su mayoría los cañales que se queman de manera no programada son cañales que no tienen edad de corte, o que tienen pocos días de haber sido aplicados con madurante, perdiendo el objetivo de los productos aplicados.

A la fecha se están evaluando alternativas de control para minimizar este problema, entre estas alternativas se han implementado nuevos equipos que han tenido resultados positivos, como por ejemplo, la utilización de camiones con tanque contra incendios, este tipo de brigadas se utilizan para controlar las quemas no programadas y se ha logrado reducir las quemas de gran dimensión a conatos de incendios, reduciendo de esta manera las pérdidas debido a este flagelo.

3.2 UBICACIÓN DEL ESTUDIO

Este estudio se llevó a cabo en el ingenio Magdalena, ubicado en la finca Bugarvilia, sus coordenadas 17° 07' 10" N 90° 55' 48" W, está situado a una altura de 61 msnm, pertenece al municipio de la Democracia, del departamento de Escuintla, en la región sur-central de la república de Guatemala. Limita al norte con la finca Santa Marta, al noroeste con la finca Quien Sabe, al oeste con la finca San Patricio, al sur con la finca Santa Ricarda y el parcelamiento El Pilar, al este limita con el río Achiguate y el municipio de Masagua. Su actividad económica tiene influencia en los departamentos de Escuintla, Santa Rosa, Suchitepéquez y Retalhuleu, en donde se encuentran las fincas de producción de la caña de azúcar.

IV. JUSTIFICACIÓN

Se han realizado análisis en los cuales se ha demostrado que la pérdida de la sacarosa contenida en los tallos de caña, inicia inmediatamente después de realizada la quema, sin embargo, las pérdidas se incrementan a medida que transcurre el tiempo hasta la molienda, las pérdidas de sacarosa están entre 0.018 y 0.021 unidades porcentuales por hora después de la quema, equivalentes a un promedio de 4.7 kg de sacarosa /t de caña, por día (Larrahondo, 2012).

Resultados obtenidos en el ingenio Magdalena, indican que en la zafra 2008-2009 el resultado de las horas entre quema y molienda fue de 42.41 horas en promedio, y en la zafra 2009-2010, el resultado fue de 40.59 horas en promedio, este problema ocasionaba pérdidas significativas en la producción de azúcar a lo largo de todo el proceso, sin embargo, el objetivo de la cosecha ha sido proveer a la fábrica la mayor cantidad de caña con menos de 24 horas en promedio, debido a esto se implementaron nuevas técnicas con el fin de reducir este factor.

En la zafra 2010-2011 se implementaron dos turnos de quema, esto tuvo resultados positivos en la reducción de las horas entre la quema y molienda, debido a que ya no solo se realizan quemas durante el día, sino que ahora se realizan quemas durante la noche, siempre y cuando las condiciones climáticas permitan realizar una buena quema, esto ha permitido disminuir las horas de permanencia de caña cosechada en campo, transporte y molienda hasta en un promedio de 29.01 horas en esa zafra, esto representa un 30.09 por ciento de reducción del tiempo entre quema y molienda respecto a las dos zafras anteriores. Esta mejora se puede observar y hacer comparaciones, con base en los resultados obtenidos desde que se implementó este sistema.

Debido a la importancia que tienen las horas quema en el proceso de recuperación de azúcar, se tomó la decisión de realizar este estudio de caso, para lo cual se recabaron datos obtenidos en las zafras 2008-2009, y 2009-2010 con el fin de tener referencia y poder hacer las comparaciones con los resultados obtenidos entre las zafras 2010-2011 ,2011-2012 y 2012-2013, siendo éstas últimas en las que se realizó la implementación de los dos turnos de quema, respondiendo a las variables en estudio.

Lo que se analizó fue la disminución de las horas que existen entre la quema y la molienda, en relación a la implementación de los dos turnos de quema y el efecto que ha tenido en la calidad de la caña de azúcar que se procesa en la fábrica.

V. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer la influencia de la implementación de dos turnos de quema sobre la calidad de la caña de azúcar.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar los resultados de las horas entre la quema y molienda, derivado de la implementación de los dos turnos, con relación a la forma tradicional del proceso.
- Mostrar el comportamiento del rendimiento potencial de azúcar por tonelada de caña en relación a las horas entre la quema y molienda.
- Determinar el comportamiento de los grados brix y la pol en el análisis del jugo de la caña, en relación a las horas entre quema y molienda.
- Analizar la influencia de las horas entre la quema y la molienda en el incremento de los azúcares reductores y su relación con la sacarosa.
- Determinar a través de un análisis económico la rentabilidad de la implementación del segundo turno de quema.

VI. METODOLOGÍA

6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS

Con base en la observación de las actividades que se realizan en la cosecha de la caña de azúcar, en el ingenio Magdalena, se identificaron aquellos procedimientos que intervienen en la quema y se ingresaron al sistema para crear la base de datos que posteriormente se clasifica y evalúa con base a las variables de estudio.

Basado en un programa de cosecha, cada jefe de frente, junto con el supervisor de corte, y el supervisor de alce, realizan una caracterización de las fincas, tomando en cuenta las condiciones que puedan afectar el proceso de la quema, el corte, alce y transporte de la caña.

Previo a la realización de la quema se debe seguir con ciertos procedimientos como los siguientes: se abre una orden de ingreso de caña en el sistema de producción agrícola, donde se incluyen los datos de la finca, sector y lote, la hora de quema, o en su caso el corte en verde, la cantidad de caña a quemar y el área.

Estos quedan registrados en una base de datos, los cuales se incluyen en el envío de caña y se corroboran al momento de ingresar la caña a la báscula, quedando registrados todos los datos hasta la hora de ingreso a la fábrica y cuando se destaran las unidades.

Para recabar la información, se solicitó al Jefe del Departamento de Cosecha del ingenio Magdalena, el acceso a la base de datos para hacer las consultas necesarias para la realización del estudio de caso.

Se recopiló toda la información del sistema agrícola y de los datos obtenidos en el laboratorio de caña, dichos datos relacionados a las horas quema de la zafra 2012-2013, se realizaron comparaciones de los datos obtenidos en zafras anteriores, así mismo con la información de la base de datos electrónicos del historial de los indicadores obtenidos desde la zafra 2008-2009 a la zafra 2012-2013 se realizó una comparación de resultados relacionados con la implementación de los dos turnos de quema.

Se solicitó información al Jefe de Laboratorio de Caña sobre los registros históricos de los análisis de calidad de la caña de azúcar obtenidos desde la zafra 2008-2009 a la zafra 2012-2013. Para la validación de los datos se solicitó el apoyo al Jefe del Departamento de Investigación del ingenio Magdalena y al Jefe de la cosecha de la zona de oriente.

6.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se recopilaron los datos descritos en las variables correspondientes a los periodos 2008/2009 - 2012/2013; se tomaron los resultados obtenidos en las temporadas de zafra 2008/2009 y 2009/2010; periodo en los cuales se operaba con un solo turno de quema y se compararon con los de las temporadas de zafra 2011/2012 y 2012/2013, periodo en el cual se implementaron los dos turnos de quema, se encontró diferencia en los datos obtenidos entre los dos períodos.

Se clasificaron y se organizaron los datos obtenidos y se determinó la información a tomar en cuenta para el estudio, se realizó un extracto de los datos clasificados en los períodos, de acuerdo a las variables en estudio.

Se entrevistó al Jefe del Laboratorio de Caña, quien tiene a su cargo extraer las muestras y analizarlas, así mismo, al Jefe del Departamento de Investigación, quienes tienen experiencia en el tema.

En el presente estudio de caso se analizó la información obtenida durante las últimas cinco zafras, analizando los resultados obtenidos en relación con las horas entre la quema y la molienda utilizando un solo turno de quemadores y la diferencia que existe al utilizar dos turnos de quemadores. Además, se analizaron los datos relacionados con las horas ente la quema y la molienda y su influencia en la calidad con que ingresa la caña a la fábrica; se analizó la pérdida de sacarosa con relación a las horas que transcurren después de la quema. Se analizaron los factores que intervienen en la calidad de la caña que se evalúan en el CoreSampler.

6.3 VARIABLES DE ESTUDIO

6.3.1 Comportamiento de horas entre quema y molienda por zafra

Análisis comparativo de resultados en horas entre quema y molienda, utilizando un turno de quema y dos turnos de quema.

La calidad de la caña de azúcar se determina a través de los parámetros cuantitativos expresados de la siguiente manera:

6.3.2 Rendimiento potencial de azúcar

Se refiere al total de azúcar recuperable de la caña, expresada en kg de azúcar por tonelada de caña.

6.3.3 Brix del jugo

Se refiere al contenido de sólidos solubles totales presentes en el jugo, expresado en porcentaje, los brix incluyen a los azúcares y los compuestos que no son azúcares; pueden ser medidos en el campo, utilizando un refractómetro manual, se extraen los jugos de las muestras tomadas en campo y se revisan comparando los brix de la parte basal y la parte apical, haciendo una relación, si la relación es igual a 1 la planta está en su punto de madurez; de ser mayor en la parte apical de la planta, está en periodo de senescencia; de ser mayor en la parte basal de la planta, se considera como inmadura (Netafim, 2014).

6.3.4 Porcentaje de pol

Es el contenido real de azúcar de caña presente en el jugo. Se determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado como porcentaje pol (Netafim, 2014).

6.3.5 Azúcares reductores y su relación con la sacarosa

Se refiere al porcentaje de otros azúcares (fructosa y glucosa) presentes en el jugo, un menor nivel de azúcares reductores indica mayor contenido de sacarosa en los jugos de la caña.

Dextranas: Los no componentes de la sacarosa en la caña extraídos al jugo se contabilizan generalmente en una medida de la pureza del jugo y éstos influyen en la pérdida de azúcar en la melaza. Hay otro no componente de la sacarosa el cual necesita ser considerado por sí solo, debido a que no solo afecta la pérdida de azúcar en la melaza sino también afecta severamente el proceso del jugo de la caña. Este componente es la dextrana, este no es un producto natural de la caña, sino una consecuencia de la acción microbiana consecuencia de largos retrasos en la cosecha, o en el tándem de molienda. Las dextranas son polímeros de la glucosa producidas por microorganismos presentes en los campos cañeros, en las fábricas y refinerías, los cuales consumen sacarosa. La dextrana se encuentra mayormente en la caña deteriorada. La presencia de dextrana indica una pérdida de sacarosa y crea problemas a los productores, al aumentar la viscosidad, reducir los rendimientos de azúcar, aumentan las impurezas de la miel e inhiben la filtración, los altos niveles de dextrana aumentan la viscosidad de las masas cocidas a un punto donde el azúcar no puede ser recuperada, en casos graves, y en casos menos severos reducen significativamente la velocidad de giro de las operaciones de ebullición y aumentan la pérdida de azúcar en la melaza (Lulejaquelin, 2012).

6.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.4.1 Análisis comparativo de resultados

La información de las variables de estudio se analizaron de forma descriptiva, los valores se presentan en gráficas y cuadros para poder hacer las comparaciones entre los años en donde se utilizó un turno de quema y cuando se implementaron los dos turnos de quema, con relación a las horas por zafra, utilizando como base los datos de las zafras 2008/2009 y 2009/2010, en las cuales se usaba un solo turno de quema, comparado con las zafras 2010/2011, 2011/2012, y 2012/2013, período en el cual se implementaron los dos turnos de quemadores.

Los valores referentes a la calidad también se analizaron de forma descriptiva, se presentan gráficas para hacer las comparaciones sobre el efecto que tiene las horas entre la quema y la molienda en cada una de las variables en estudio.

Se hizo un análisis financiero con base en los resultados obtenidos en la implementación de los dos turnos de quema, para determinar su rentabilidad.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 INTERVENCIÓN

7.1.1 Proceso de la cosecha de la caña de azúcar

La cosecha se realiza en la época de verano, a partir de noviembre hasta finales de abril debido a las condiciones favorables para el corte alce y transporte de la caña, sin embargo, debido al crecimiento en la producción en las últimas temporadas se ha extendido hasta el mes de mayo.

Esta actividad se inicia con la elaboración de un programa de cosecha en el cual se organiza la secuencia de corte a seguir, ajustándose constantemente durante toda la temporada de zafra de acuerdo a la cantidad de molienda de la fábrica y a la madures de la caña.

El ingenio Magdalena cuenta con dos tipos de cosecha, manual y mecanizada, ésta última no ha superado el 4 por ciento del total en las últimas cinco zafras entre las 2008/2009 – 20012/20013, período en las cuales se tomó esta información.

7.1.2 Cosecha manual

Debido a que el 96 por ciento de la cosecha en el ingenio Magdalena se ha realizado de forma manual, y el resto de forma mecanizada, es necesario quemar la mayor parte de la caña previo a la cosecha, con la finalidad de reducir los riesgos a los cortadores a que sean mordidos por serpientes o cualquier otro tipo de animal ponzoñoso; entre otros beneficios está el incremento en el rendimiento de toneladas cortadas por hombre al día, la reducción de la basura o trash vegetal, a excepción de las áreas donde se encuentren tendidos eléctricos, colindancias con comunidades y carreteras en donde el corte se realiza en verde con la finalidad de reducir los riesgos de incendios, contaminación visual en las carreteras y cortes de energía eléctrica.

7.1.3 Efecto de la quema

Se realizaron estudios en el laboratorio respecto a la influencia que tiene la quema en la calidad de la caña, se pudo observar que a partir de que ésta se realiza, inicia el proceso de degradación de la sacarosa, hidrolizándose, dando lugar a la formación de glucosa y fructosa, debido a su naturaleza este tipo de mieles no son posibles de cristalizar en la fábrica. La degradación de la sacarosa se incrementa a medida que transcurre el tiempo, por tal razón es necesario que la caña llegue a la fábrica en el menor tiempo posible.

7.1.4 Secuencia de actividades

Con base en la observación de las actividades que se realizan en la cosecha, se determinó la secuencia del procedimiento de quema de la caña, basados en el programa de cosecha, el jefe de frente encargado, junto con el supervisor de corte y caporal de quema, determinan la cantidad de caña a quemar para ese día y el día siguiente, tomando en cuenta los siguientes aspectos: logística del circuito de accesos y salida de las unidades de transporte de caña, enganche y desenganche de jaulas.

Posteriormente se procede a estimar la cantidad de toneladas por hectárea y la variedad de la caña, con el fin de establecer la hora más apropiada para realizar la quema y el área que tenga las toneladas necesarias para el corte requerido. Si el área, de acuerdo al tonelaje productivo, es mayor a la necesaria se procede a realizar una brecha para limitar el área a quemar.



Figura 6. Realización de brechas en las áreas en las cuales la cantidad de caña es mayor a la que se necesita quemar.

7.1.5 Procedimiento de la quema programada

Previo a la realización de la quema, el supervisor de corte juntamente con el caporal de turno proceden a revisar el área a quemar, evaluando aspectos como colindancias, infraestructuras, quinéles y condición de las rondas de los pantes, se debe de abrir una orden de ingreso de caña en el sistema agrícola, éste se encarga de autorizar el ingreso de la caña a la fábrica tomando en cuenta toda la información de la finca y el área a quemar. Posteriormente se procede a quemar el cañal, tomando en cuenta las medidas de seguridad ya establecidas.



Figura 7. Proceso de la quema de la caña de azúcar.



Figura 8. Utilización de tanques contra incendios como apoyo para el control de quemas.

7.1.6 Recurso humano y material

Los frentes de cosecha contaban con un solo turno de quema, estos laboraban en horarios diurnos, limitando la realización de quemas a horas del día, desaprovechando la posibilidad de realizar quemas durante la noche. Estos turnos estaban integrados por siete personas las cuales se estructuraban de la siguiente manera; un caporal encargado de grupo, un tractorista y cinco quemadores. Dentro de la maquinaria con que cuentan para realizar la quema están: Un tractor banguar de 150 hp, un tanque para agua con una capacidad de 11,356 litros, equipado con un motor de agua de 5 hp y una manguera de 7 m, para controlar incendios.

Dentro de los materiales y el equipo de quema se pueden mencionar: una bomba de mochila provista con un mechero para iniciar la quema, una bomba de mochila para sofocar incendios, como combustible que se utiliza para iniciar la quema está el diésel, sin embargo, se está implementando el uso del fúsel, que es un derivado de la producción de alcohol. Previo a la quema el personal debe colocarse su equipo de protección personal.

7.1.7 Proceso del establecimiento de los dos turnos de quema

Se logró determinar mediante estudios realizados en el laboratorio, que las pérdidas por efecto de la quema son significativas, y se debe a que disminuye el potencial de azúcar recuperable en los jugos de la caña, una de las alternativas evaluadas y que ha tenido resultados positivos en la disminución de las horas entre quema y molienda, es la realización de quemas por la noche, por tal razón se decidió implementar otro turno de quema para lo cual se decidió contratar otras siete personas más para esta labor, el proceso de intervención inició en la temporada de zafra 2010-2011, con el objetivo de tener disponibilidad de personal de quema en los horarios nocturnos, que evalúen y procedan con la quema cuando sea conveniente y lo más apegado posible al corte.

Se procedió a reclutar y capacitar al personal en cuanto a los procedimientos y las medidas de seguridad que se deben tomar en cuenta para realizar la quema.

Entre las actividades más importantes que realiza este personal, es la de evaluar las condiciones climáticas que se puedan presentar durante el día y la noche, por ejemplo la presencia de lluvias y la inversión térmica que se presenta durante la noche y madrugada, estos factores podrían en determinado momento complicar o impedir la quema ocasionando problemas en el corte.

7.2 RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

7.2.1 Comportamiento de horas quema por zafra

Al evaluar los resultados obtenidos en las horas entre la quema y molienda de la caña de azúcar, en zafras 2008/2009 y 2009/2010 se observa que los valores superan las 40 horas en promedio, como consecuencia de utilizar un turno de quema, esto ocasionó pérdidas significativas en los rendimientos de azúcar en la fábrica, según análisis hechos en el laboratorio, demuestran que en este periodo de tiempo la pérdida de sacarosa por tonelada de caña alcanzó los 31.36 kg de azúcar, esta pérdida es importante tomando en cuenta que la mayor cantidad de caña que se cosecha se realiza quemando la caña antes del corte, debido a esto, a partir de la zafra 2010/2011 se procedió a la implementación de dos turnos de quema. Como consecuencia de esta intervención, los resultados muestran que las horas entre la quema y molienda se redujeron 11 horas en promedio, al compararlo con los resultados utilizando un solo turno de quema, esto representa una mejora del 27 por ciento en la horas entre la quema y la molienda, lo cual es importante en términos económicos debido a la pérdida de sacarosa por hora que esto representa, tomando en cuenta que la producción de caña por zafra ha crecido un 31.5 por ciento hasta la zafra 2012/2013. En el Cuadro 6 se muestra que estos valores se mantienen en las zafras 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, en las cuales se utilizaron los dos turnos de quema.

Cuadro 6. Comparación de resultados de horas entre la quema y molienda, entre el método tradicional y dos turnos de quema

Temporadas de zafra	Método zafra 2008/2009	tradicional zafra 2009/2010	Dos zafra 2010/2011	turnos de zafra 2011/2012	Quema zafra 2012/2013
Caña quemada	97.04%	97.39%	91.94%	92.73%	87.55%
Caña cosechada sin quemar	2.96%	2.61%	8.06%	7.27%	12.45%
Toneladas cosechadas	4,306,677	5,120,585	3,986,500	5,326,873	6,287,131
Toneladas de azúcar	449,554	510,109	403,574	525,818	611,768
Promedio de horas entre quema y molienda/zafra	42.41	40.59	29.01	31.11	31.09

7.2.2 Rendimiento potencial de azúcar

Los resultados obtenidos en ingenio Magdalena, sobre el análisis de rendimiento de azúcar por tonelada métrica de caña en diferentes horas después de realizada la quema, muestran que el rendimiento potencial de azúcar por tonelada de caña, desciende un promedio de 17.02 por ciento en el contenido de sacarosa en 40 horas después de realizada la quema, este efecto se da como consecuencia del deterioro de la calidad, influenciado por procesos químicos y el aumento bacteriológico que ocasiona la pérdida de los porcentajes de sacarosa contenidos en los jugos de la caña.

En el Cuadro 7 se muestra que el comportamiento del rendimiento en kg de azúcar por tonelada métrica de caña desciende en un promedio de 0.30 kg de azúcar por hora transcurrida en las primeras 24 horas, después de este tiempo el deterioro de la caña se incrementa a 1.01 kg de pérdida por hora transcurrida hasta las 32 horas, sin embargo, las pérdidas son mayores después de este tiempo, se determinó que la pérdida de azúcar por hora aumenta a 1.08 kg por tonelada de caña hasta las 40 horas, disminuyendo la cantidad de azúcar recuperable en la fábrica, se estima que después de este tiempo la pérdida por hora transcurrida es mayor, tomando en cuenta el crecimiento bacteriológico que contribuye a la formación de dextranas, complicando el proceso de extracción de la sacarosa al momento de la molienda.

Como consecuencia de implementar dos turnos de quema, se calcula que de acuerdo a los valores de rendimientos obtenidos, una recuperación de 11.31 kg de azúcar por tonelada de caña, tomando en cuenta que en la zafra 2012/2013 la molienda fue de 6, 287,131 t de caña, con una producción de 611,768 t de azúcar de este valor el 11.62 por ciento se debe al resultado de la implementación de dos turnos de quema respecto a la utilización del método tradicional de un turno de quema, esto representa una recuperación de 71,107 t de azúcar en esta temporada, lo cual es significativo tomando en cuenta el precio internacional del azúcar.

Cuadro 7. Análisis de rendimiento de azúcar por hora después de realizada la quema de la caña

Muestras	kg de az/t de caña
Sin quema	141.52
08 h después de la quema	140.70
16 h después de la quema	136.45
24 h después de la quema	134.24
32 h después de la quema	126.12
40 h después de la quema	117.43

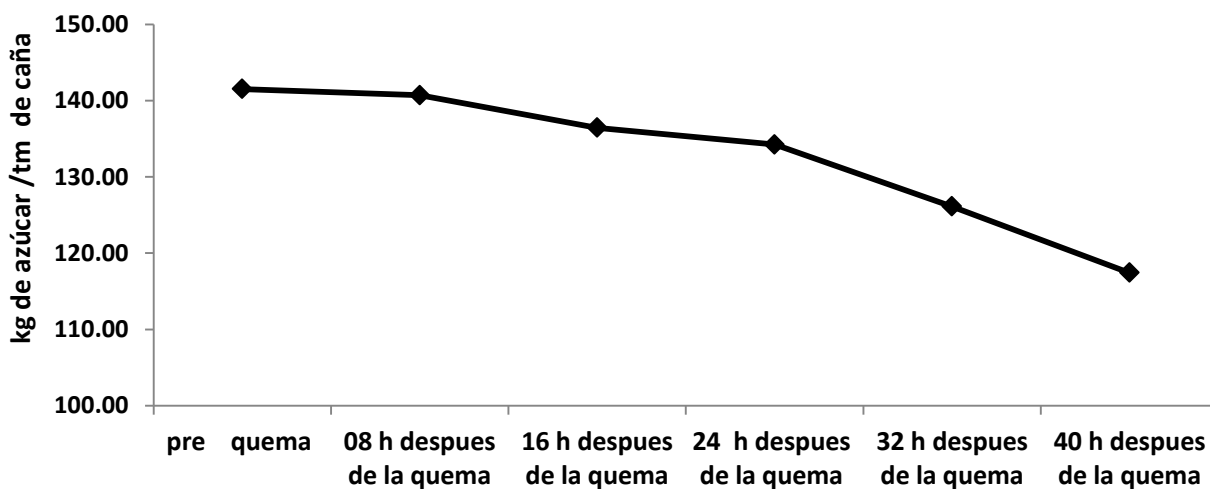


Figura 9. Comportamiento del rendimiento potencial de azúcar en relación a las horas entre quema y molienda.

7.2.3 Análisis de pol y grados brix

Al evaluar los resultados de análisis realizados en el laboratorio de caña de azúcar de ingenio Magdalena, se determinaron los parámetros de pol y brix en los jugos de la caña en diferentes horas después de realizada la quema.

Se observa en el cuadro 8 que existe una relación constante entre las dos variables en las primeras 16 horas de haber realizado la quema, estos valores demuestran que el contenido real de azúcar o pol diluido en el total de sólidos en el jugo de la caña, se mantiene en proporciones similares durante este periodo; a partir de las 16 horas los grados brix aumentan progresivamente a medida que transcurre el tiempo, siendo mayores después de 24 horas; a partir de este tiempo los porcentajes de grados brix aumentan progresivamente, no así el contenido de pol en los jugos, estos valores descienden como consecuencia del desdoble de la sacarosa en glucosa y fructosa y al aumento de microorganismos consumidores de sacarosa, dando lugar a la formación de dextranas, ocasionando una mayor concentración de sólidos diferentes a la sacarosa en el jugo de la caña.

Los resultados que se observan en 40 horas muestran que del 17.81 por ciento de sólidos diluidos en el jugo de la caña, solo 12.50 por ciento es sacarosa, lo cual es negativo en la producción, debido a los bajos rendimientos de azúcar por tonelada métrica que se obtienen con este resultado.

Cuadro 8. Análisis del comportamiento de porcentaje de pol y grados brix después de realizada la quema

Muestras	Brix	Pol
Sin Quema	18.13	15.13
08 h después de la quema	17.63	15.07
16 h después de la quema	16.75	14.52
24 h después de la quema	16.98	14.24
30 h después de la quema	17.56	13.18
40 h después de la quema	17.81	12.50

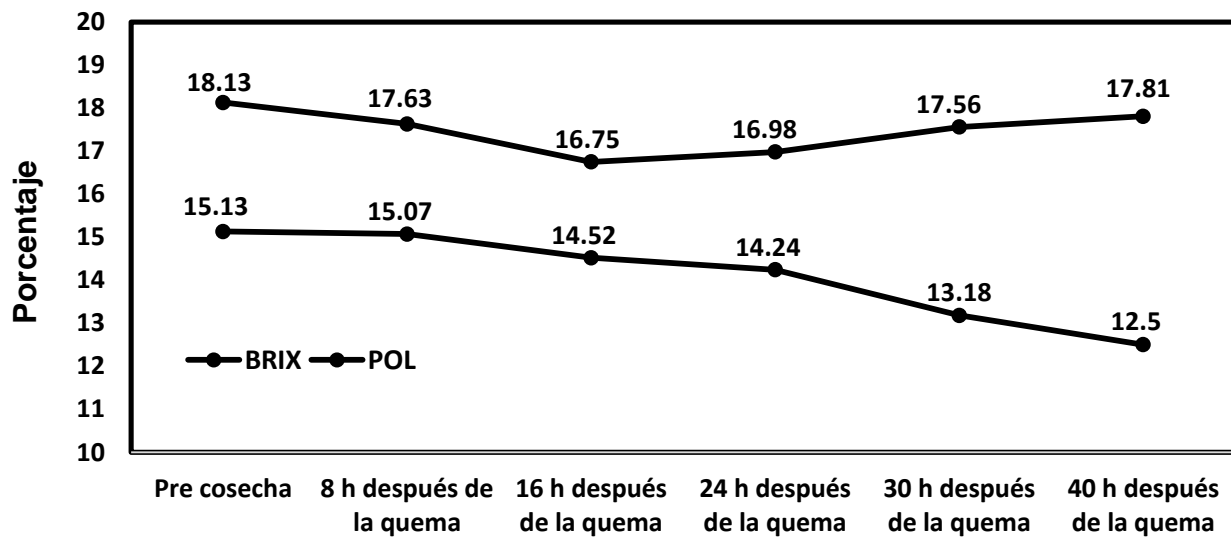


Figura 10. Comportamientos de grados brix y porcentajes de pol en el jugo de la caña después de realizada la quema.

7.2.4 Azúcares reductores y su relación con la sacarosa

Los resultados de análisis de laboratorio de caña del Ingenio Magdalena, muestran el comportamiento de los azúcares reductores respecto al deterioro de la sacarosa en los jugos de la caña, en un rango de 0 a 40 horas.

En el cuadro 9 se determina que a medida que la sacarosa disminuye, los valores de glucosa y fructosa tienden a aumentar, esto se debe a la ruptura de la molécula de sacarosa formando glucosa y fructosa, esta relación aumenta a medida que transcurre el tiempo después de la quema; se observa que el aumento de las dextranas tiene un comportamiento similar con el de la glucosa y fructosa pero en menor proporción, esto se debe a que la formación de dextranas depende del crecimiento de microorganismos que se alimentan de sacarosa y de condiciones ambientales que favorezcan su desarrollo.

Cuadro 9. Comportamiento de los azúcares reductores respecto al contenido de sacarosa en los jugos de la caña.

Factores	16 horas	40 horas
Glucosa	0.00	46.00
Fructosa	13.00	54.00
Dextranas	14.00	28.00
Sacarosa	85.00	55.00

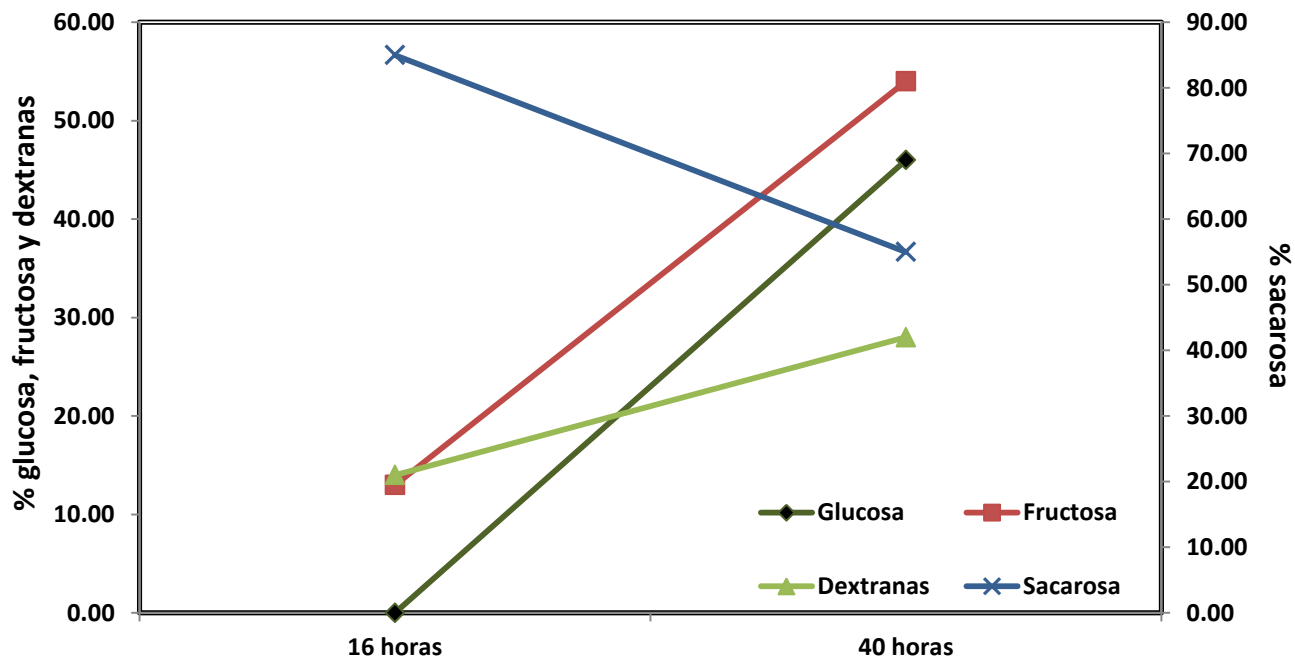


Figura 11. Comportamiento de los azúcares reductores en relación al contenido de sacarosa presente en el jugo de la caña, después de la quema.

7.2.5 Análisis de beneficio costo

Cuadro 10. Descripción de costos de implementación del segundo turno de quema.

Concepto	Método tradicional	Costo de implementación
Costo de mano de obra	\$ 602,553.85	\$ 602,553.85
Costo de maquinaria	\$ 357,748.01	\$ 536,598.14
Costo de materiales	\$ 31,830.24	\$ 31,830.24
Costo total de la quema	\$ 960,301.86	\$ 1,139,151.99

En el cuadro 10 se describen los costos de mano de obra por la implementación de un segundo turno de quema que fue de \$ 602,553.85 el cual está integrado por siete personas, al igual que el turno ya establecido. Los costos de los materiales utilizados para la realización de la quema de cañaverales fueron de \$ 31,830.24 siendo igual al costo del método tradicional de un solo turno de quema. El costo de maquinaria fue de \$536,598.14 con un incremento del 1.49 por ciento en relación al método tradicional debido a la realización de quemas nocturnas.

Utilidad

En la zafra 2012/2013 se tuvo una recuperación de 71,107.45 t de azúcar por efecto de la implementación de dos turnos de quema, lo cual es significativo tomando en cuenta el precio internacional por tonelada de azúcar que fue de \$ 361.77 por t lo que genero un ingreso de \$ 25, 724,542.19, lo cual se demuestra en el análisis de beneficio costo.

Relación beneficio costo B/C

$$\frac{\$ 25, 724,542.19}{\$ 1, 139,151.99} = \$ 22.58$$

La implementación del turno de quema tuvo una respuesta favorable en la relación del costo beneficio de \$ 22.58 por cada dólar que se invirtió en dicha implementación.

VIII. CONCLUSIONES

- Se determinó que al implementar los dos turnos de quema los valores de horas entre la quema y molienda de la caña, se redujeron en 27 por ciento con respecto a la utilización de un solo turno de quema, esto tiene efectos positivos en la producción de azúcar, tomando en cuenta que del total de caña producida en el campo, el 90 por ciento se cosecha quemando la caña.

- El rendimiento de azúcar fue de 98.64 kg/t de caña en el rango de 0 a 30 horas con la utilización de los dos turnos de quema, comparado con 89.95 kg/t en el rango de 0 a 40 con la utilización de un turno de quema, esto representa una recuperación de 8.69 kg/t más de azúcar por temporada de zafra, derivado de la reducción de las horas entre la quema y molienda.

- Se determinó que el grado brix se incrementa a medida que transcurre el tiempo entre la quema y la molienda, como consecuencia del aumento de sólidos diluidos en el jugo de la caña, a diferencia del porcentaje de pol, este disminuye como resultado de la degradación de la sacarosa.

- Se determinó que las horas entre la quema y molienda influyen en el aumento de los azúcares reductores. En un rango de 0 a 40 horas se observó que la sacarosa disminuyó 20 por ciento a partir de realizada la quema.

- De acuerdo al análisis de costo beneficio se determinó que la implementación de los dos turnos de quema es rentable, con una relación de 22.58 : 1 como resultado de la disminución de las horas entre la quema y la molienda.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que la caña ingrese a la fábrica en un tiempo menor a 24 horas después de realizada la quema, para mejorar el rendimiento de azúcar por tonelada de caña.
- Se recomienda buscar otras alternativas que ayuden a la reducción de las horas entre la quema y la molienda, como por ejemplo, fraccionar la cantidad de caña a quemar en un número mayor de quemas.

X. BIBLIOGRAFÍA

Asociación de Azucareros de Guatemala, ASAZGUA. (2015). *Datos estadísticos de la agroindustria azucarera de Guatemala*. Recuperado el 25 de mayo de 2015. Disponible en <http://www.azúcar.com.gt/economia3.html>

Gavelán, M. (2014). *Evaluación de la inversión de la sacarosa*. Recuperado el 30 de agosto de 2014. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos58/evaluacioninversion-sacarosa/evaluación-inversion-sacarosa4.shtml>

Larrahondo, J. (2012). *Composición y características químicas de la caña de azúcar y su impacto en el proceso de elaboración del azúcar*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Larrahondo, J. (2014). *Conceptos fundamentales en la industria azucarera y sucroquímica* (págs. 6-7). Santiago de Cali: CATORCE Camilo Torres Serna y CIA S. en C.S.

Lulejaquelin. (2012). *Dextrana*. Recuperado el 12 de 08 de 2014, disponible en <http://www.buenastareas.com/ensayos/Dextrana/3447322.html>

Melgar, M; Meneses, A; Orozco, H; Pérez, O; Espinosa, R. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Guatemala (pp. 48, 296-305). Guatemala, Guatemala: Artemis Edinter, S.A.

Monzón, O. (2011). *Relación del contenido de azúcares reductores*. Recuperado el 14 de 09 de 2014, disponible en http://http://atagua.org.gt/doctos_XII_Congreso_Nacional/Fabrica,jueves2011,PDF/RelaciondelcontenidodelosAzúcaresreductores.pdf

Netafim. (2014). *Manejo de la cosecha*. Recuperado el 15 de 08 de 2014, disponible en http://www.sugarcane crops.com/s/agronomic_practices/harvesting_management/

Ospina, J. (2011). *El camino de la sacarosa esto es folclore*. Recuperado el 20 de Agosto de 2013, disponible en <http://www.atagua.org.gt/web/wp-content/>

Sistema Agrícola, IMSA. (2014). base de datos del sistema agrícola de ingenio Magdalena S.A. Guatemala.


Tuchán, L. (2014). *Análisis de trash en caña de azúcar*. División de investigación y desarrollo agrícola, ingenio Magdalena S.A. Guatemala.

Zepeda, E. (2012). *Propuesta de alternativas para la reducción de pérdidas de sacarosa en un ingenio azucarero*. Tesis de pregrado, Ingeniero Químico. Universidad de El Salvador, El Salvador. Recuperado el 05 de 07 de 2014, desde http://ri.ues.edu.sv/1647/1/tesis-PROPUESTA_DE_ALTERNATIVAS_DE_REDUCION_DE_PERDIDAS_DE_SACAROSA.pdf

XI. ANEXOS

11.1 Formato de orden de ingreso de caña

Con esta boleta se autoriza el ingreso de la caña al ingenio, en el cual se especifican los datos puntuales del origen de donde viene la caña, hora de quema, tipo de quema o corte verde, estos datos se ingresan al sistema agrícola, y se elabora el envío de caña en el campo, para luego ser corroborada la información al ingresar las unidades a la báscula.

INGENIO MAGDALENA, S.A.	RE-CAT-COR-001	Versión: 02	
ORDEN DE INGRESO DE CAÑA			
FRENTE _____	DICTADA POR: _____	No. <input style="width: 50px;" type="text"/>	
FINCA: _____	LOTE: <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px;" type="text"/>	AREA TOTAL: <input style="width: 100px;" type="text"/>	
ORDEN DE QUEMA: <input style="width: 50px;" type="text"/>	TONS. ESTIMADAS: <input style="width: 50px;" type="text"/>	HORA DE QUEMA: _____	<input type="checkbox"/> AM <input type="checkbox"/> PM
FECHA INICIO DE QUEMA: _____	FECHA HORA FIN DE QUEMA: _____		
HECTAREAS A QUEMAR: _____	HAS PENDIENTES DE QUEMA: _____		
LOTE TERMINADO:	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	FECHA DE CORTE: _____	
CAÑA Q. NORMALMENTE:	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	CAÑA QUEMADA NO PROGRAMADA: ACCIDENTAL / MANO CRIMINAL	<input type="checkbox"/> ACC <input type="checkbox"/> M/C
CAÑA CORTADA EN VERDE:	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		<input type="checkbox"/> Fte.
CAÑA QUEMADA DES. DE CORT. EN VERDE:	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	APILADOR	<input type="checkbox"/> Admón.
		<input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> T	
LOTE ATIPICO: <input style="width: 50px;" type="text"/>	CAÑA POSTRADA: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO	CAÑAL TIPO: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	
DATOS DE REFERENCIA			
1 TEMPERATURA: <input style="width: 50px;" type="text"/> C°		2 VELOCIDAD VIENTO: <input style="width: 50px;" type="text"/> Km/H	
3 % H.R. <input style="width: 100px;" type="text"/>			
_____ SUPERVISOR CORTE		_____ JEFE DE FRENTE	

11.2 Envío de caña de azúcar

Se elabora en el campo al momento de cargar las jaulas cañeras, con la información del personal de corte y los datos de la orden de ingreso de caña.



- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1- Literal de apuntador | 16- Literal de empresa del operador |
| 2- Código de apuntador | 17- Código operador de alzadora |
| 3- Turno | 18- Función de movimiento interno |
| 4- Frente de corte | 19- ID de movimiento interno |
| 5- Frente de alce | 20- Literal de empresa del operador |
| 6- Código de finca | 21- Código de operador de movimiento |
| 7- Sector | 22- Función jaula |
| 8- Lote | 23- ID de jaula |
| 9- Código de producto | 24- Fecha de inicio de carga |
| 10- Descripción de tipo de producto | 25- Fecha de fin de carga |
| 11- Tipo de producto | 26- Número de envío |
| 12- Tipo de corte | 27- Total de cortadores |
| 13- Fecha de corte | 28- Total de uñadas |
| 14- Función de alzadora | 29- Literal de la empresa del cortador |
| 15- ID de alzadora | 30- Código del cortador |
| | 31- Uñadas por cortador |
| | 32- Resto de cortadores en el envío |

11.3 GLOSARIO DE PALABRAS

Palabras utilizadas comúnmente en la cosecha de la caña de azúcar:

Agarrada: Tarea que se le asigna a cada cortador, consta de seis surcos de ancho y el largo varía dependiendo de la condición del cañal y del requerimiento de caña.

Brix: Es el contenido de sólidos solubles en el jugo de la caña.

Caña picada: Son trozos pequeños producto de un mal corte, normalmente la caña debe de tener un solo corte, debido a que la maquinaria no es capaz de recoger trozos pequeños menores a un metro de largo.

Chorra: Apilamiento de la caña en hileras a lo largo de una agarrada.

Despunte: Consiste en cortar la parte apical de la planta cogollos.

Aceite fúsel: Es un combustible derivado de la fabricación del alcohol, se utiliza para la realización de la quema de cañales.

Granel: Es la caña larga que se corta con gente.

Pol: Es el porcentaje real de azúcar contenido en el jugo de la caña.

Tocón: Parte basal del tallo de la caña.

Trash: Es todo material diferente a la caña de azúcar, puede ser de origen vegetal o mineral.

CoreSampler: Es un dispositivo que se utiliza para extraer muestras de caña de las jaulas para ser analizadas en laboratorio.