

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

EVALUACIÓN DE TIPOS DE APILADOR PARA ALZADORA SP 2254 EN COSECHA  
DE CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA  
TESIS DE GRADO

**LUIS FELIPE VALENZUELA MAGAÑA**  
CARNET 21693-06

ESCUINTLA, MAYO DE 2015  
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

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

EVALUACIÓN DE TIPOS DE APILADOR PARA ALZADORA SP 2254 EN COSECHA  
DE CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA  
TESIS DE GRADO

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

POR  
**LUIS FELIPE VALENZUELA MAGAÑA**

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

ESCUINTLA, MAYO 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**

ING. JUAN CARLOS BARRUNDIA REYES

### **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES  
ING. CÉSAR ESTUARDO DE LA CRUZ MUÑOZ  
LIC. GUITI MANUEL GAMBOA SANTOS

Guatemala, 23 de abril de 2015

Miembros  
Consejo de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Campus Central

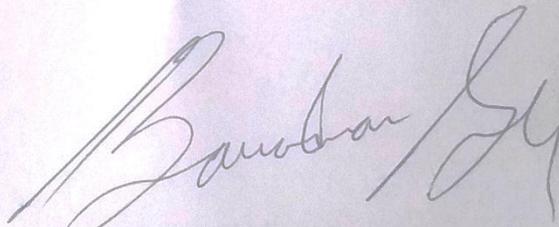
Estimados Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Luis Felipe Valenzuela, carné 2169306, titulado: "EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE APILADOR PARA ALZADORA SP 2254 EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA".

Considero que el mismo cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado.

Sin otro particular,

Atentamente:



Juan Carlos Barrundia Reyes  
Código URL 21291



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante LUIS FELIPE VALENZUELA MAGAÑA, Carnet 21693-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Escuintla, que consta en el Acta No. 0650-2015 de fecha 2 de mayo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE TIPOS DE APILADOR PARA ALZADORA SP 2254 EN COSECHA DE CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO MAGDALENA, LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA**

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, a los 27 días del mes de mayo del año 2015.

  
\_\_\_\_\_  
**ING. REGINA CASTANEDA FUENTES, SECRETARIA**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
**Universidad Rafael Landívar**



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

**DIOS** que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

**La Universidad Rafael Landívar**, Facultad de Ciencias ambientales y agrícolas por ser parte de Mi formación.

**Ing. Juan Carlos Barrundia**. Por su Asesoría, revisión y corrección de la presente Investigación.

**Lic. José Luis De Paz**. Jefe de zona central ingenio Magdalena, por permitirme llevar a cabo esta investigación.

**Ing. Adán Obispo Rodas Cifuentes**, por su apoyo, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

## DEDICATORIAS

- A:
- DIOS: Siempre me dio sabiduría, fortaleza y siempre me ilumino el camino correcto para poder lograr mis metas.
- MIS PADRES: Rafael Valenzuela y Lilian Amparo Magaña, por todo su apoyo incondicional que me brindaron durante todo este tiempo y que siempre creyeron en mi.
- MI ESPOSA: Lidani Mendez, que siempre supo darme las palabras de aliento que necesitaba en el momento justo
- MI HIJO: Santiago André que en el tramo final fue mi fuente de inspiración.
- MIS AMIGOS: Que siempre apoyaron a través de este largo tiempo.

# ÍNDICE

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
	RESUMEN	
I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	MARCO TEÓRICO	2
2.1	ORIGEN E HISTORIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	2
2.2	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
2.3	MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	3
2.4	FISIOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	6
2.5	COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR	7
2.6	TIPOS DE COSECHA	9
2.6.1	Cosecha completamente manual	9
2.6.2	Cosecha mixta ó parcialmente mecanizada	10
2.6.3	Cosecha mecanizada	12
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
3.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	16
IV.	OBJETIVOS	17
4.1	GENERAL	17
4.2	ESPECÍFICOS	17
V.	HIPÓTESIS	18
VI.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1	LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
6.2	MATERIAL EXPERIMENTAL	20
6.3	FACTOR ESTUDIADO	20
6.4	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS	20
6.5	DISEÑO EXPERIMENTAL	20
6.6	UNIDAD EXPERIMENTAL	20
6.7	MANEJO DEL EXPERIMENTO	21
6.8	VARIABLES DE RESPUESTA	22
6.9	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	22

	<b>Página</b>
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1 TONELADAS POR VIAJE DE CAÑA	23
7.2 PORCENTAJE DE TRASH MINERAL	25
7.3 RENDIMIENTO DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA (kg/t)	27
VIII. CONCLUSIONES	29
IX. RECOMENDACIONES	30
X. BIBLIOGRAFÍA	31
XI. ANEXOS	34

## ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	Página
Cuadro 1. Prueba de t para la variable toneladas de caña por viaje, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar.	23
Cuadro 2. Prueba de t para la variable porcentaje de trash mineral, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar.	25
Cuadro 3. Prueba de t para la variable rendimiento de azúcar por tonelada de caña, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar.	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
Figura 1.	Sistema radicular de la caña de azúcar	4
Figura 2.	Hoja de la caña de azúcar	5
Figura 3.	Flor de la caña de azúcar	6
Figura 4.	Toneladas de caña por viaje, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar	24
Figura 5.	Porcentaje de trash mineral, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar	26
Figura 6.	Rendimiento de azúcar por tonelada de caña, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar	28

EVALUACIÓN DE TIPOS DE APILADOR PARA ALZADORA SP 2254 EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR, INGENIO MAGDALENA; LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA.

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo comparar dos tipos de apilador para la alzadora SP 2254 durante la cosecha de caña de azúcar, en la finca Manantial, del Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla. Para la investigación se utilizó un arreglo de parcelas pareadas, con dos tratamientos y 25 repeticiones. Las variables de respuesta fueron: toneladas de caña por viaje, porcentaje de materia extraña de origen mineral y rendimiento de azúcar por tonelada de caña. De acuerdo con los resultados, se encontró diferencia significativa para la variable toneladas de caña por viaje, con el apilador tipo trineo se registro mayor peso por cada viaje de caña, (33.5 T/jaula) comparado con el apilador convencional (31.5 T/jaula). El porcentaje de materia extraña de origen mineral disminuyo en un 32% al utilizar el apilador tipo trineo, y no se encontró efecto de los tratamientos para la variable rendimiento de azúcar por tonelada de caña. Se recomienda dar seguimiento y buscar mejoras al sistema de alce, con el objetivo de lograr el aumento en toneladas de caña transportadas al ingenio y minimizar la cantidad de materia extraña que se envía en cada viaje.

## EVALUATION OF STACKER TYPES TO THE COLLATOR SP 2254 IN SUGAR CANE, INGENIO MAGDALENA; LA DEMOCRACIA, ESCUINTLA

### **SUMMARY**

The research aimed to compare two types of stacker to the collator SP 2254 during the sugar cane harvest, in the Manantial Farm of Magdalena Mill, La Democracia, Escuintla. An array of paired plots was used, with 2 treatments and 25 repetitions. The variables were: tons of cane per trip, foreign matter from mineral origin percentage and sugar yield per ton of cane. According with the results, significant difference was found for the variable tons of cane per trip, with the sleigh stacker greater weight was recorded for each trip cane, (33.5 T/cage) in comparison with the conventional stacker (31.5 T/cage). The foreign matter from mineral origin percentage decrease in 32% when was used the sleigh stacker, and didn't find effect in the treatments for the variable sugar yield per ton of cane. It is recommended to follow up and seek improvements to the system, with the objective to get an increase in tons of cane transported to the mill and minimize the amount of foreign matter that is sent for each trip.

## I. INTRODUCCIÓN

Para Guatemala el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) se ha convertido en uno de los más importantes, ya que con la exportación de azúcar ingresa una fuerte cantidad de divisas, convirtiéndose así en el segundo rubro en importancia de ingresos para el país (Asazgua, 2006).

Uno de los problemas que aqueja a la producción de caña de azúcar es la disminución en los rendimientos de azúcar por tonelada de caña, esto provocado por el aumento en el porcentaje de materia extraña o trash que ingresa a la fábrica durante la cosecha, debido a que al momento de alzar la caña a los vehículos que la transportan al ingenio, se recoge además de caña, tierra y piedras que son llevadas al ingenio, lo que provoca consecuentemente pérdidas importantes y muy significativas tanto en el producto final obtenido como en el beneficio económico percibido. La cosecha de la caña requiere de una adecuada organización, con la finalidad de llevar al ingenio la cantidad de caña necesaria y con la mejor calidad.

Estudios técnicos han demostrado que contenidos crecientes de materia extraña en la caña cosechada, provocan una importante disminución de la calidad en la materia prima, asociado a una reducción en la pureza de los jugos, aumento de los azúcares reductores, incremento del contenido de fibra, lo que genera una reducción en la capacidad de extracción y la reducción del pol, entre otros aspectos negativos.

Actualmente operan 12 ingenios, ubicados en cuatro departamentos de la costa del Pacífico, entre ellos se encuentra el Ingenio Magdalena, que al igual que otros ingenios ha estado en la búsqueda de nueva tecnología que minimice el daño en los rendimientos provocados por la materia extraña o trash, para lo cual se evaluó la adaptación del apilador tipo trineo a una alzadora SP 2254, con el objetivo de analizar el efecto en los rendimientos de azúcar por tonelada de caña.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ORIGEN E HISTORIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

No se conoce con exactitud el origen de la caña de azúcar; sin embargo, se considera que su origen se encuentra en la región que comprende parte de la India, China, Nueva Guinea y zonas aledañas, por encontrarse ahí el mayor número de especies (Subirós, 1995).

La especie *Saccharum officinarum* L. fue importante en la dieta de las civilizaciones primitivas, alrededor de 3000 A.C, y era empleada para ser mascada e ingerir su jugo. La referencia más antigua, que existe del azúcar, es del siglo IV A.C. en Persia, donde se usaba con fines medicinales. La India es considerada como el primer centro de explotación comercial de la caña de azúcar (Sánchez, 1997).

Con relación al cultivo de caña en Guatemala, en el año de 1493 Cristóbal Colón en su segundo viaje, trajo de las Islas Canarias la primera semilla de caña de azúcar al Nuevo Mundo. En Santo Domingo comenzó a cultivarse en gran escala. De las Antillas pasó a Luisiana; de donde se extendió a otras regiones de América Latina (Sánchez, 1997).

Antes de finalizar el siglo XVI, había ya en Guatemala molinos para extraer el jugo de la caña de azúcar: Trapiches (panela y azúcar café o mascabado) y los primeros ingenios (caña cristalizada). Aquella naciente agroindustria pasó a constituir un factor muy importante en la economía colonial durante los siglos XVII y XVIII, con una infraestructura cada vez mayor (Molina, 2004).

El cultivo de la caña de azúcar juega un papel relevante en la economía nacional, especialmente por la inestabilidad de precios en el mercado mundial de los productos tradicionales de importancia económica. La agroindustria azucarera genera más de 62,000 empleos directos, de los cuales dependen más de 350,000

guatemaltecos. Además, la agroindustria azucarera reporta más de 33,000 cortadores de caña para la época de zafra (ASAZGUA, 2009).

## 2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar pertenece a la familia Poaceae, y al género *Saccharum*. Las variedades cultivadas comercialmente pertenecen a la especie *Saccharum officinarum* L. y se les llaman cañas nobles (Sánchez, 1997).

División:	Embryophitasiphonogama
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Monocotyledoneae
Orden:	Glumiflorae
Familia:	Poaceae
Tribu:	Andropogonae
Subtribu:	Saccharae
Género:	<i>Saccharum</i>

El género *Saccharum* está constituido por cuatro especies domésticas: *S. officinarum*; *S. edule*; *S. barberi*, *S. sinensis* y dos silvestres: *S. spontaneum* y *S. robustum* (Subirós, 1995).

## 2.3 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

El conocimiento de los órganos que conforman la planta de caña de azúcar permite definir el papel que cada uno de ellos desempeña en el desarrollo del cultivo y su importancia agroeconómica. Las partes importantes son: raíz, tallo, hoja y flor (Buenaventura, 1994).

### a. Sistema radicular de la caña de azúcar

El sistema radicular de la caña de azúcar le sirve de anclaje al suelo y absorber los nutrimentos y el agua necesaria para su desarrollo (ver figura 1). Está

constituido con dos tipos de raíces: primordios radiculares y raíces permanentes (Buenaventura, 1994).



Figura 1. Sistema radicular de caña de azúcar (Sandoval, 2010).

Los primordios radiculares se forman a partir del anillo de crecimiento ubicado en cada uno de los nudos de los tallos, son delgados y ramificados. Se desarrollan al entrar el tallo en contacto con la humedad del suelo y le permiten a la planta satisfacer la necesidad de agua durante los primeros días de desarrollo (Buenaventura, 1994).

Las raíces permanentes se forman cuando se desarrollan los tallos nuevos como consecuencia del macollamiento. La cantidad, longitud y edad de las raíces según la variedad son más numerosas que los primordios radiculares; más gruesas y de rápido crecimiento (Buenaventura, 1994).

#### **b. Hojas de la caña de azúcar**

La hoja es un órgano especializado, cuya principal función es llevar a cabo la fotosíntesis y se origina en cada nudo (ver figura 2), están distribuidas en forma

alterna en el tallo, cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina, y la unión entre ellas forma lo que se llama lígula. En cada extremo de la lígula existe una aurícula con pubescencia variable (Buenaventura, 1994).



Figura 2. Hoja de caña de azúcar

El tamaño, el ancho y disposición de la hoja son características varietales, pero no afectan la capacidad de la planta para producir azúcar. La vaina es tubular y envuelve al tallo y sirve de anclaje a la hoja, puede ser lisa o estar recubierta de pelos urticantes, cuya cantidad y longitud depende de las variedades (Buenaventura, 1994).

### **c. Flor de la caña de azúcar**

La formación de la flor constituye la fase reproductiva del cultivo, ocurre cuando se presenta una serie de condiciones fisiológicas (edad, nutrición) y ambientales (fotoperiodo, temperatura, humedad) favorables. La inflorescencia es una panícula abierta, cuya forma, color, tamaño y ramificación dependen de la variedad (ver figura 3). Son hermafroditas, a veces autoestériles, formadas por un ovario y dos estigmas, largos y plumosos (Subirós, 1995).



Figura 3. Flor de caña de azúcar (Sandoval, 2010).

#### **2.4 Fisiología de la caña de azúcar**

Según Sánchez (1997), es una planta capaz de almacenar el máximo de energía solar por hectárea/mes, medida por medio del poder calorífico de la sacarosa sintetizada, la mayor concentración de sacarosa está en la parte madura de cada tallo (entrenudos). Una parte de los azúcares son utilizados por la planta en la respiración y en la formación de tejidos, llegada la madurez, la otra parte se almacena en los tallos como alimento de reserva.

Aunque las raíces son los principales órganos de absorción, las hojas pueden aprovechar el rocío durante épocas de sequía y los elementos minerales de fertilizantes foliares. Según la edad de la planta, con sus hojas transpira diariamente de 200 a 750 cm<sup>3</sup> de agua. Cuando la transpiración es mayor que la absorción de agua, las hojas se enderezan y se enrollan, lo que disminuye las pérdidas de agua de 10% a 20 % (Subirós, 1995).

Las condiciones climáticas deben ser favorables para que la caña de azúcar complete satisfactoriamente las distintas fases: germinación, crecimiento y

maduración. Los cuatro principales factores climáticos que influyen en la fisiología son: la temperatura, precipitación, radiación y el viento.

La caña de azúcar se adapta fisiológicamente desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a 1,500 m (4,995 pies). Al nivel del mar madura a los 12 o 14 meses de edad, y alturas de 1100 a 1500 m (3,500 a 5,000 pies) tiene un período vegetativo de 15 a 22 meses o más. El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de la caña se encuentra entre 18 °C y 30 °C, con una precipitación anual mínima de 1500 mm bien distribuidos (Sánchez, 1997).

Según Alexander (1973), citado por Amaya, Cock, Hernández e Irvine (1995), la temperatura óptima para la fotosíntesis es relativamente alta y se encuentra alrededor de 34 °C, es necesario notar que la temperatura en las hojas que reciben la radiación solar en forma directa es, generalmente, más alta que la temperatura en el aire.

El viento, según su velocidad, daña el follaje, aumenta la evapotranspiración, reduce el crecimiento, causa la ruptura de los tallos e inclusive arranca las macollas desde la base. Velocidades mayores a 40 km por hora, reducen significativamente el rendimiento de la caña (Sánchez, 1997).

## **2.5 COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

En Guatemala la cosecha de caña se desarrolla en un período de seis meses, que es denominado zafra, esto a diferencia de otras regiones como Colombia, Perú y Hawai, que al ubicarse en diferentes latitudes, pueden cosechar sin mayores variaciones climáticas, a lo largo de todo el año (Giraldo, 1995).

El objetivo principal de la labor es proporcionar a las áreas de producción el servicio de corte, alce y transporte de caña con la finalidad de cumplir con el plan de productividad para el área de campo, mismo que incluye fechas de corte de acuerdo a conceptos agronómicos, a la vez cumplir con un suministro constante y

oportuno para el área de fábrica. Quizás la explicación más coherente para la cosecha de la caña de azúcar en ingenios azucareros es la dada por Cárdenas (1986), la cosecha constituye una de las labores más importantes. Esta operación requiere de una adecuada organización, con el fin de llevar al ingenio la cantidad de caña necesaria para cumplir con los presupuestos anuales de molienda y producción, en la forma más oportuna y con la mejor calidad, para obtener los beneficios esperados.

Lo evidente es que en el caso de los ingenios azucareros la principal función de la cosecha es la de la reducción de desperdicios de la materia prima, sumada a cumplir con el oportuno momento de corte para alcanzar los mayores beneficios posibles, esto no puede ser posible sin una adecuada planeación que incluya a todos los actores y procesos que participan en la producción de caña. El tipo de combinación corte, alce y transporte ha dependido más que otra cosa de las necesidades de abastecimiento que se han mostrado crecientes durante los últimos años y a las condiciones de topografía y presencia de piedra; sin embargo, es evidente que la calidad de la caña enviada a la fábrica depende mayormente de el tipo de corte empleado y en segundo lugar del tipo de alce. En el caso del transporte no tiene mayor incidencia en la calidad final, pero constituye el costo más alto de la cosecha, por lo que es esencial que sea eficiente para tener costos bajos. Normalmente se define a los sistemas de cosecha como manuales y mecanizados; sin embargo, en Guatemala se ha hecho una combinación de prácticas que han dado origen a una clasificación más amplia (García, 2008).

La planeación de la cosecha se convierte en la actividad más importante como estrategia para el cumplimiento de las metas productivas, debido a que como se mencionó anteriormente, agrupa los conceptos de las áreas técnicas, producción y logísticas en busca de un balance de todos los aspectos priorizándolos. Dicho de otra manera, debe originar el plan de cosecha, conteniendo todos los recursos a utilizar y ser una herramienta de agricultura de precisión (Cock, 1995).

La planeación básica de la cosecha debe estar en función de planes de producción que contemplen períodos a mediano plazo, debido a que esto rige hacia donde se quiere llevar el diseño y distribución varietal de las áreas en función de obtener la “ finca ideal “ en función de producción y por consiguiente aprovechamiento de recursos (Cock, 1995).

En muchos de los casos un aspecto muy importante que dificulta la planeación de la cosecha es la presencia de proveedores, con los cuales debe ejecutarse una gestión muy cercana para contar con datos reales y debido a que pueden tener planes de producción distintos a los propios. Año con año se deben ir haciendo ajustes en relación a los cambios en los paquetes tecnológicos, pero sin lugar a dudas hay una estructura de pasos a seguir que puede ser de la siguiente manera:

## **2.6 TIPOS DE COSECHA**

Como se mencionó con anterioridad, en Guatemala se acostumbra a hacer una clasificación de sistemas de cosecha en función de la mezcla de prácticas y combinaciones (García, 2008). Cabe mencionar que también se puede incluir dentro de estas combinaciones la presencia o no de quema previo al corte, aunque salvo restricciones de cercanía a carreteras o a la presencia de tendidos eléctricos, es normal que se programe quemar previo a la cosecha. Sin embargo, se puede clasificar la cosecha por su combinación de corte y alce en:

### **2.6.1 Cosecha completamente manual**

Este tipo de cosecha se realiza en lugares en los que se encuentran restricciones de accesos, por lo cual es favorable utilizar camiones de 10 a 15 toneladas, con una cama a la que se le divide con marcos de madera a los que se les denomina tramos, el corte y carga del camión se realiza manualmente con cuadrillas de trabajo, que por lo regular están compuestas por 7 hombres, la caña preferiblemente para este sistema debe ser erecta y con quema previa al corte. Este sistema se utiliza cada vez menos, debido a que principalmente es una labor ejecutada por personal contratista, el cual necesita ser supervisado muy de cerca

para verificar que cumplan con las obligaciones laborales, sociales, ambientales así como normas de seguridad operacional (PSH, 2005).

### **2.6.2 Cosecha mixta ó parcialmente mecanizada**

En esta agrupación se encuentra corte manual en cualquiera de sus versiones como maletado, chorra continua y mini chorra, que también es llamado chorra discontinua. En todos los casos lo usual es quemar previo al corte (García, 2008).

En el caso del sistema maletado lo usual es el uso de machete recto y el cortador corta y agrupa la caña cosechada en “maletas” de aproximadamente 1 metro de alto por 1.20 m de ancho y el acomodo de caña entera larga de aproximadamente 2 metros, este sistema de corte es usualmente utilizado en lugares con pendientes pronunciadas, se trabaja con 5 surcos por cortador, y la carga o alce a los camiones se realiza con tractores que son modificados para funcionar como grúas cañeras (García, 2008).

En el caso de la chorra continua, en Guatemala usualmente se utiliza el machete australiano, que fue introducido a Guatemala en 1981 desde Colombia, a donde ingresó a mediados de los setenta (Giraldo, 1995) y es de uso común en todos los ingenios azucareros, por lo regular se utilizan 5 surcos por chorra. Es el tipo de cosecha que más se utiliza en Guatemala. En la corporación Pantaleón se utiliza en áreas sin presencia de piedra. El sistema tiene la bondad de facilitar la caña cortada por hombre, por día, con promedios que usualmente alcanzan las 7 toneladas métricas.

Para el alce de la caña se utilizan alzadoras, dentro de las cuales principalmente se encuentran las de la marca Cameco, en cualquiera de sus versiones, aunque las más comunes con las series SP-1850 y las SP-2254, con eficiencias promedio de 40 y 75 toneladas métricas alzadas por hora. Estos equipos por lo regular cargan directo a las carretas o jaulas que se acoplan y desacoplan de los camiones por medio de tractores y son ingresadas al campo para el efecto. Este sistema debe ser cuidadoso con la presencia de piedra, ya que puede cargar

accidentalmente piedras ocasionando daños principalmente a las masas de molinos en fábrica ó a las mismas, principalmente en el componente denominado apilador, que es el utilizado para juntar la caña que carga la garra de la alzadora.

En el caso de la minichorra, este tipo de cosecha requiere de una mayor cantidad de cortadores que el anterior para satisfacer las necesidades de caña de la fábrica. Es recomendado principalmente para áreas con alta presencia de piedra y se recomienda originalmente para cortar chorras de 6 surcos (Méndez, 2001). El promedio de caña cortada por hombre en la corporación Pantaleón es de 5.87 toneladas métricas por día con este sistema, se utiliza por lo regular una chorra de 5 surcos. La caña se dispone en la chorra de una manera intermitente ó de pequeños montones, que son los que le dan el nombre al sistema y se utilizan las mismas alzadoras que en el sistema anterior, aunque sin utilizar el apilador, lo que provoca que la eficiencia de alce sea menor que la obtenida en el sistema de chorra continua en un 25% aproximadamente (PSH, 2005).

En el año 2005 fue introducido por la corporación Pantaleón el Sistema de mini chorras tipo Brasil (García, 2008), el cual ha sido principalmente evaluado en función de el promedio de corte que ha aumentado notablemente, debido a las variantes que implica, pero principalmente al uso de una sola quema por día y al uso del machete brasileño.

#### **2.6.2.1 Sistema de alce con apilador de trineo**

Para alzar la caña mecánicamente se han implementado dos tipos de alza: uno sin apilador-mini chorra y el apilador trineo-chorra continua, éste último se ha utilizado en el Ingenio La Unión y en el Ingenio Pantaleón; este sistema de trineo fue diseñado por el Doctor Ospina de nacionalidad Colombiana (CENICAÑA, 2005). El uso del apilador de trineo ha aumentado las toneladas de caña transportadas por viaje en un 10%, debido a que la cantidad de caña que se alza con cada uñada es mayor. Con este sistema también se ha logrado disminuir la cantidad de trash mineral por tonelada enviada a la fábrica, debido a la forma del apilador. Este

sistema es más eficiente, ya que se puede utilizar el corte de chorra continua y por lo tanto cargar más toneladas por hora, los cortadores en promedio aumentan su rendimiento una tonelada por día.

Con el sistema convencional (corte manual y ordenamiento de la caña en mini chorras, alzado mecanizado sin apilador) se obtienen rendimientos de alce de 60 toneladas promedio por cada dos jaulas en cada viaje. El rendimiento de la alzadora es de 56 toneladas por hora y se tiene 1.5% de trash mineral. Mientras que con el apilador de trineo el rendimiento de la alzadora es de 65 toneladas métricas por hora y se reduce a 1% el trash mineral.

### **2.6.3 Cosecha mecanizada**

En Guatemala la cosecha mecanizada se inició en el año 1993, por el Ingenio El Pilar y en el Ingenio Pantaleón un año después. Para ésta se utilizan máquinas cosechadoras que se ocupan tanto del corte como del alce de la caña, además de que se utilizan tractores con vagones autovolcables, por lo que no es necesario desacoplar carretas o jaulas de los camiones, cargándolas directamente acopladas al camión (PSH, 2005). Las máquinas utilizadas en Guatemala han variado conforme el tiempo en cuanto a modelos, series y marcas, aunque en la actualidad las más comunes son las de marca John Deere, seguidas por las Austoft, que son las pioneras en esta rama a nivel mundial, derivadas de la combinada versátil Toft.

La principal variante en el diseño de estas máquinas es con respecto al número de hileras o surcos que se pueden cosechar a la vez, existiendo de uno y dos surcos, aunque en Guatemala se ha utilizado hasta el momento de una sola hilera. Las principales limitantes de operación de este sistema son la topografía irregular y la existencia de piedra. En el caso de la corporación Pantaleón se estima que podría llegar a un máximo de un 65% del área haciendo inversiones en adecuación y diseño de campos más extracción de piedra de áreas con presencia moderada (Natareno, 2002).

Hasta el momento la oposición principal al sistema deriva del alto contenido de materia extraña trasladada a la fábrica aún con corte en quemado, a la alta susceptibilidad al deterioro superficial, ya que se aumenta el número de cortes en la caña y daño físico, por lo tanto facilita la exposición a contaminación por tierra, hongos y bacterias, todo esto teóricamente afectando el proceso de elaboración de azúcar e incrementando el consumo de químicos para clarificación, como aumentando el riesgo de presencia de dextranas (Ripoli, 2002) .

#### **2.6.3.1 Cosecha mecanizada quemada**

Las variantes que principalmente pueden hacerse en la cosecha mecanizada son la presencia o no de la quema previa al corte. En Guatemala lo normal es el corte en quemado debido a que las eficiencias de corte son teóricamente más altas que las de corte en verde, por la disminución de biomasa (García, 2008).

#### **2.6.3.2 Cosecha mecanizada verde**

La cosecha mecanizada en verde no es más que la ejecución de la cosecha de manera mecanizada en ausencia de la tradicional quema. Existe al menos un estudio documentado sobre cosecha mecanizada verde realizado por Del Cid (2006), que abarcó el desarrollo de este tipo de cosecha sobre un área de 190 ha, pero no cuenta con análisis de fábrica.

En condiciones lluviosas el residuo dejado en el campo por la cosecha verde mecanizada produce condiciones de exceso de humedad que pueden derivar en la presencia de problemas fitosanitarios que inciden en la germinación de las cepas, no obstante en suelos permeables y cepas aporcadas por encima del nivel del suelo estos problemas no se presentan (Cock, 1995).

La cosecha de caña verde mecanizada ha sido una práctica de buena aceptación a nivel de zonas semi-áridas, debido a los beneficios resultantes de una cobertura de residuos vegetales que reducen las pérdidas de agua por evaporación, mejoran la penetración de la lluvia al suelo, reducen los riesgos de erosión, mejoran la

fertilidad de los suelos, reducen la población de malezas y en general se siguen alternativas de labranza mínima que resultan en menores costos de producción de caña (Torres y Villegas, 1997).

Cock (1995) reporta que el efecto de la caña sobre los rendimientos de azúcar es difícil de cuantificar, no obstante en Brasil, Australia y Colombia se considera que puede ser de 0.5 puntos porcentuales, además el tiempo transcurrido entre la quema y entrega a fábrica produce pérdidas que alcanzan hasta un 0.4% por cada hora transcurrida después de la quema y finalmente menciona que observó que el promedio de rendimiento corregido para materia extraña de un lote cosechado en verde contra quemado, fue entre 0.5 y 1 % superior, sugiriendo que el aumento en el rendimiento se debió a la caña fresca por la no presencia de quema.

Son aspectos a considerar y no desventajas los puntos teóricamente negativos producto de la cosecha verde mecanizada (Ripoli, 2002), dentro de los que están:

- El incremento en la cantidad de trash vegetal
- Incremento de infestación de chinche salivosa
- El costo más alto por tonelada cosechada (mayor mantenimiento)
- Precisa de un mejor conocimiento de los factores limitantes de cosechabilidad.
- Necesidad de mayor sistematización de lotes (diseño en función de mecanizar).

También describe ventajas tal es el caso de:

- Ausencia de quemas y por lo tanto de contaminación
- Mejora propiedades fisicoquímicas del suelo por el retorno de materia orgánica
- Mejora propiedades microbiológicas
- Reduce las pérdidas de sacarosa por la ausencia de quema.

### **2.6.3 Programación general de la cosecha**

La información base de áreas debe ser enriquecida con mucha información adicional dentro de la que destaca:

- Disponibilidad y tipo de riego
- Presencia de piedra
- Tipo de suelo, presencia de vetas
- Tipo de maduración de cada variedad
- Estrato altitudinal
- Clasificación de lotes en función de cosecha
- Programa de renovaciones
- Número de cortes por lote
- Distancia a fábrica
- Aspectos logísticos como accesos y rutas
- Presencia de tendidos eléctricos
- Horarios de quema en función de comunidades

Los puntos anteriores ayudarán a determinar la mejor distribución geográfica de frentes de cosecha a lo largo de la zafra, la logística o forma de operar que definirá el cálculo de los recursos a emplear. Todo esto es importante en la búsqueda de acoplar la logística a favor de la productividad y una vez ubicadas las fechas de corte consensuadas con las áreas técnicas y de producción, se establecerán otros criterios que se emplearán como herramientas en el ajuste del programa que se mantiene dinámico a lo largo de su ejecución, esto incluye actividades como muestreos pre cosecha y uso de madurantes (PSH, 2005).

Muchos de los ajustes en el programa se originan por las quemas no programadas y por la búsqueda de mantener una operación de transporte equidistante. En el caso de cada frente de cosecha es necesario ejecutar programas periódicos, con el fin de dar seguimiento al programa general y realizar los ajustes necesarios (PSH, 2005).

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

Para Guatemala la producción de azúcar se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas. Los 12 ingenios que conforman la agroindustria azucarera y las 5 organizaciones que la integran, contribuyen decisivamente al desarrollo de medio centenar de municipios del país y de más de un millón de personas, con lo que se constituye en un factor determinante para el progreso de Guatemala.

El incremento en los precios internacionales del azúcar ha hecho que cada día se mejoren todos los procesos que intervienen en la producción, con la finalidad de obtener mayores rendimientos de azúcar por tonelada de caña.

Un factor importante que afecta el rendimiento de azúcar por hectárea, son los contenidos de materia extraña (basura o trash) que normalmente acompañan las entregas de caña a los ingenios, esto representa una seria preocupación para el sector azucarero guatemalteco, en virtud de que afectan no solo el rendimiento, sino también la calidad e incrementan significativamente los costos de producción.

En algunos ingenios implementaron rediseñar los apiladores de las alzadoras con el fin de disminuir el contenido de materia extraña de origen mineral (tierra, piedras) y se estableció el uso del apilador tipo trineo.

Por lo anterior, surge la necesidad de hacer evaluaciones que permitan generar y/o validar este tipo de tecnología, para tener la certeza de que la misma será de beneficio para los productores de caña de azúcar. Como una contribución en el proceso de generación de tecnología local, en la presente investigación se evaluaron dos tipos de apiladores, el de tipo trineo y el convencional, en alzadoras SP 2254.

## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

- Comparar dos tipos de apilador, para la alzadora SP 2254, durante la cosecha de caña de azúcar en el Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

Determinar la eficiencia en toneladas de caña por viaje, utilizando el apilador de trineo vs el apilador convencional.

Determinar la reducción en el porcentaje de materia extraña de origen mineral presentes al utilizar dos tipos de apilador, durante la cosecha de caña de azúcar.

Determinar el rendimiento de azúcar por tonelada de caña al utilizar el apilador de trineo vs el apilador convencional.

## **V. HIPÓTESIS**

- En al menos uno de los tratamientos a evaluar mejorará la eficiencia en toneladas de caña por viaje.
- En al menos uno de los tratamientos a evaluar disminuirá la cantidad de materia extraña que ingresa a fábrica.
- En al menos uno de los tratamientos a evaluar mejorará el rendimiento de azúcar por tonelada de caña.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio se llevó a cabo en la finca Manantial, ubicada en el municipio de La Gomera, Escuintla, dista 5 kilómetros de la cabecera municipal y a 59 kilómetros de la cabecera departamental. Se localiza en la latitud 14° 05' 06" norte y en la longitud 91° 03' 04" oeste. La Gomera se encuentra situada en la parte sur del departamento de Escuintla, en la Región V o Región Central, limita al norte con el municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa; al sur con el Océano Pacífico; al este con los municipios de San José y La Democracia; y al oeste con el municipio de Nueva Concepción, todos del departamento de Escuintla. Cuenta con una extensión territorial de 640 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altitud media de 35 metros sobre el nivel del mar, por lo que generalmente su clima es cálido.

Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, la precipitación anual del área se encuentra entre 1,000 y 1,100 mm. El clima se clasifica como cálido húmedo y se marcan perfectamente las dos estaciones del año, invierno (época lluviosa) y verano (época seca). La época de invierno inicia generalmente en el mes de mayo y termina en el mes de octubre y la de verano comienza en noviembre y termina a finales del mes de abril. La temperatura varía entre 31° y 33 °C.

## **6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL**

- Se utilizaron dos tipos de apiladores, el de trineo y el convencional; ambos adaptados a la alzadora SP 2254.
- Cultivo de caña de azúcar variedad CP72-2086

## **6.3 FACTOR ESTUDIADO**

Tipo de apilador

## **6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

Se evaluaron 2 tratamientos:

Tratamiento 1: Apilador tipo trineo

Tratamiento 2: Apilador convencional

En ambos tratamientos se midió el llenado de una jaula de caña con capacidad para 30 toneladas.

## **6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Para la investigación no se utilizó ningún diseño experimental, se hizo un arreglo de parcelas pareadas, con dos tratamientos y 25 repeticiones.

## **6.6 UNIDAD EXPERIMENTAL**

Cada unidad experimental estuvo constituida por una jaula, con capacidad de 30 toneladas de caña.

## **6.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **6.7.1 Quema de la caña**

Se procedió a realizar la quema respectiva de los lotes de caña, según programación de cosecha

### **6.7.2 Corte**

El corte de la caña en los lotes programados se realizó de forma manual, utilizando machete tipo colombiano.

### **6.7.3 Alce**

Se procedió a alzar la caña cortada a las jaulas, utilizando las alzadoras SP 2254 y con la adaptación de ambos tipos de apiladores.

### **6.7.4 Transporte**

El transporte se realizó en camiones con jaulas con capacidad para 30 toneladas, estas fueron llevadas a fábrica, en donde se realizó el pesaje y los muestreos correspondientes.

## 6.8 VARIABLES DE RESPUESTA

- **Toneladas de caña por viaje:** se tomaron lecturas en el pesaje de 50 jaulas, 25 por cada apilador y se procedió a determinar el promedio en toneladas de caña por viaje.
- **Porcentaje de trash mineral:** se tomaron al azar 25 viajes, 25 por cada apilador y se procedió a determinar el porcentaje de materia extraña de origen mineral contenidos en los mismos.
- **Rendimiento de azúcar por tonelada de caña:** a los 25 viajes tomados al azar se les determinó en el laboratorio, el rendimiento de azúcar por tonelada de caña.

## 6.9 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los datos obtenidos para cada variable fueron analizados a través de una prueba “t” de Student.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 TONELADAS DE CAÑA POR VIAJE

La variable toneladas de caña por viaje (cuadro 4) fue analizada a través de una prueba “t” de student, los resultados se muestran el cuadro 1.

Cuadro 1. Prueba t para la variable toneladas de caña por viaje, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254, en el cultivo de caña de azúcar

	<i><b>Apilador convencional</b></i>	<i><b>Apilador tipo trineo</b></i>
Media	31.562	33.518
Varianza	1.506	3.486
Observaciones	25.000	25.000
Coefficiente de correlación de Pearson	- 0.309	
Diferencia hipotética de las medias		-
Grados de libertad	24.000	
Estadístico t	- 3.863	
P(T<=t) una cola	0.000	
Valor crítico de t (una cola)	1.711	
P(T<=t) dos colas	0.001	
Valor crítico de t (dos colas)	2.064	

Según el cuadro 1, se encontró diferencia altamente significativa para la variable toneladas por viaje de caña. Con el apilador de tipo trineo se registró mayor peso por cada viaje de caña (33.5 t/jaula), comparado con el apilador convencional (31.5 t/jaula), esto debido a que con el apilador de trineo, se modifica la técnica de carga, en la cual el tamaño de cada uñada es menor, el acomodamiento en la jaula es más adecuado por el espacio que queda al disminuir el porcentaje de trash.

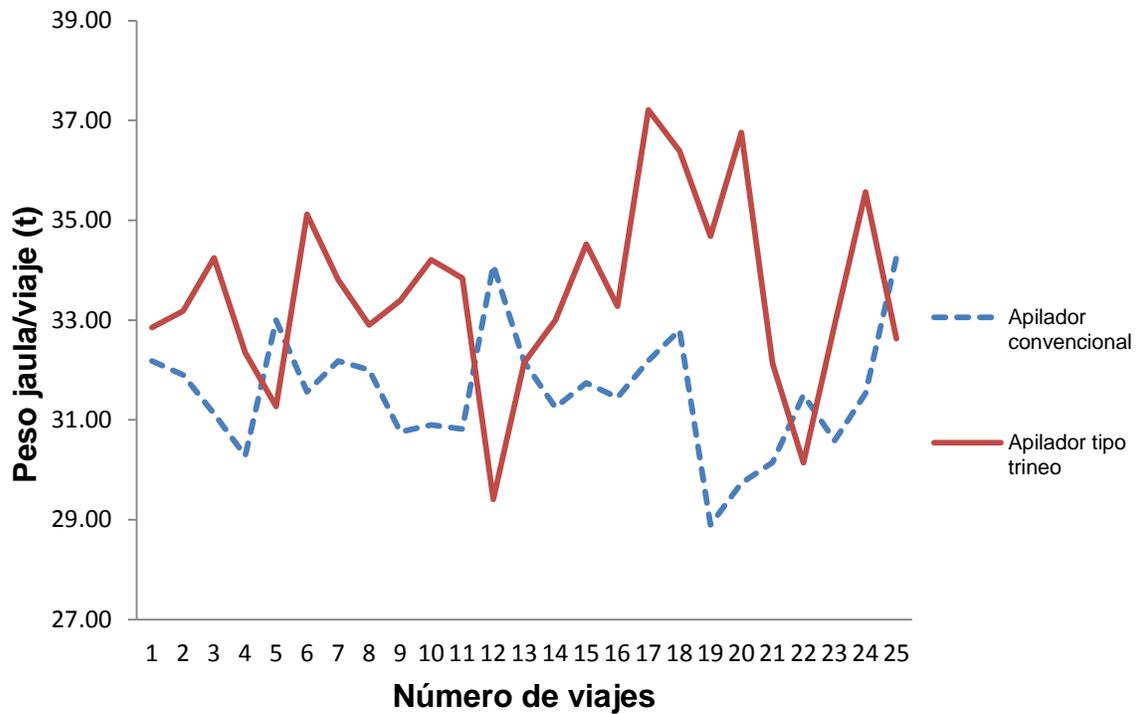


Figura 4. Toneladas de caña por viaje, en la evaluación de dos tipos de apilador para la alzadora SP 2254, en el cultivo de caña de azúcar

La figura anterior muestra en forma general, que donde se utilizó el apilador tipo trineo (25 observaciones) la media por viaje fue superior, como resultado el promedio determinado fue de 33.5 t/viaje, mientras que utilizando el apilador convencional se obtuvo un promedio de 31.56 t/viaje.

## 7.2 PORCENTAJE DE TRASH MINERAL

Los valores de trash mineral se muestran en el cuadro 4. Los resultados de la prueba “t” de student para la variable porcentaje de trash mineral, se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Prueba t para la variable porcentaje de trash mineral, en la evaluación de dos tipos de apilador para la alzadora SP 2254, en el cultivo de caña de azúcar

	<b>Apilador convencional</b>	<b>Apilador tipo trineo</b>
Media	1.25	0.8384
Varianza	0.275716667	0.073472333
Observaciones	25	25
Coeficiente de correlación de Pearson	0.103106177	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	3.638979935	
P(T<=t) una cola	0.000652313	
Valor crítico de t (una cola)	1.71088208	
P(T<=t) dos colas	0.001304626	
Valor crítico de t (dos colas)	2.063898562	

Se encontró diferencia altamente significativa para el porcentaje de trash mineral, el mismo disminuyó a un 0.84% al utilizar el apilador de tipo trineo, debido a que con éste implemento se separa la caña del suelo y se levanta; y con el apilador convencional se arrastra la caña, llevando consigo trash dentro de la uñada. Con esto se garantiza una disminución en la cantidad de materia extraña enviada a fábrica y se mejora la calidad del jugo extraído para el proceso de fabricación de azúcar.

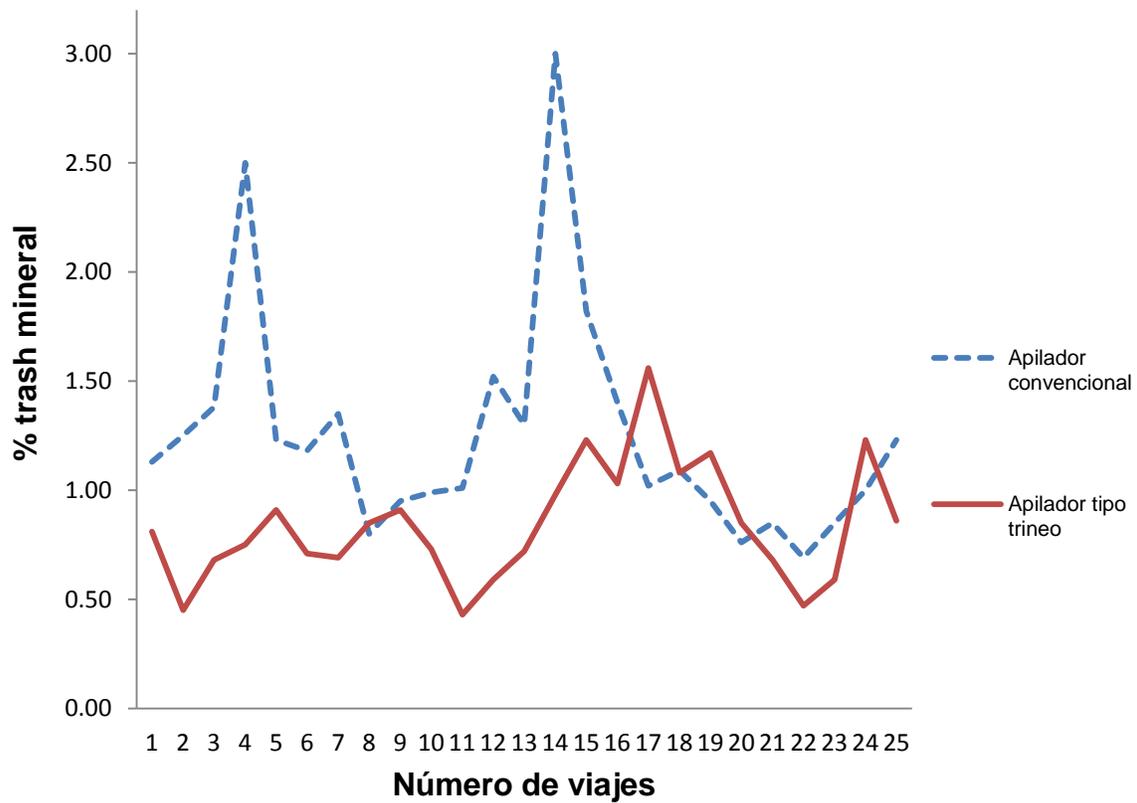


Figura 5. Porcentaje de trash mineral, en la evaluación de dos tipos de apilador para la alzadora SP 2254, en el cultivo de caña de azúcar.

Se observa en la figura anterior que el porcentaje de trash mineral disminuyó en forma general al utilizar el apilador tipo trineo, la media fue menor y esto beneficia la calidad de azúcar producida en fábrica.

### 7.3 RENDIMIENTO DE AZÚCAR POR TONELADA DE CAÑA (kg/t)

Los resultados del rendimiento de azúcar se muestran en el cuadro 5. Los resultados de la prueba “t” de student, para la variable rendimiento de azúcar por tonelada de caña, se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 3. Prueba “t” para la variable rendimiento de azúcar por tonelada de caña, en la evaluación de dos tipos de apilador para la alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar.

	<i>Apilador convencional</i>	<i>Apilador tipo trineo</i>
Media	107.8363636	110.1636364
Varianza	32.6322314	9.209366391
Observaciones	25	25
Coefficiente de correlación de Pearson	-0.291085997	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	1.614700135	
P(T<=t) una cola	0.0597238	
Valor crítico de t (una cola)	1.71088208	
P(T<=t) dos colas	0.1194476	
Valor crítico de t (dos colas)	2.063898562	

Según el cuadro 3, utilizando la prueba “t” de student, no se encontró diferencia significativa para la variable rendimiento de azúcar por tonelada de caña. La caña alzada con el apilador convencional presentó un rendimiento promedio de 108 kg de azúcar/t de caña, mientras que al utilizar el apilador tipo trineo se obtuvo un rendimiento de 110 kg de azúcar/t de caña.

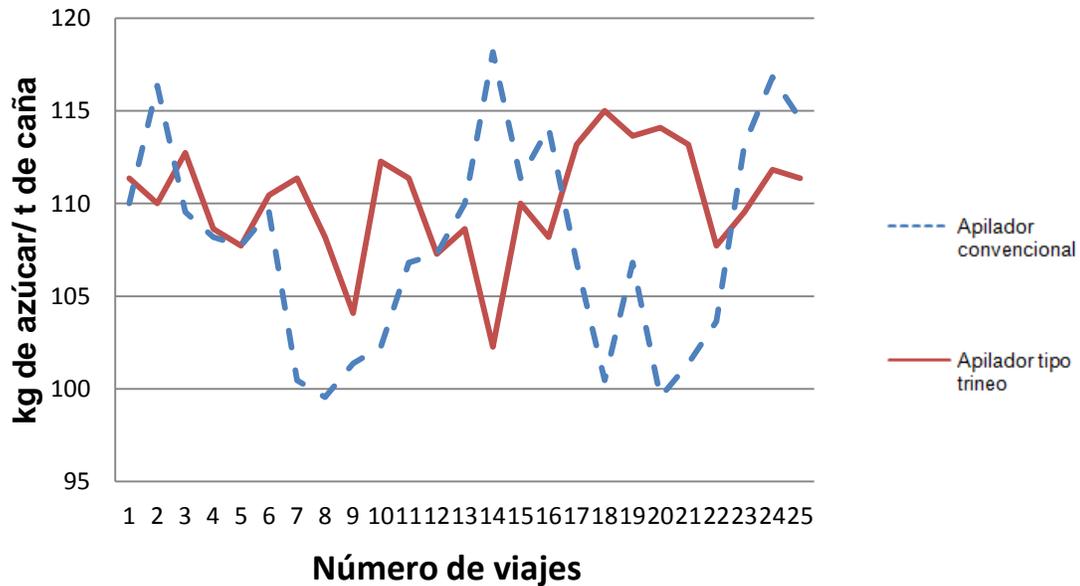


Figura 6. Rendimiento de azúcar por tonelada de caña, en la evaluación de dos tipos de apilador para alzadora SP 2254 en el cultivo de caña de azúcar

La figura anterior muestra que donde se utilizó el apilador tipo trineo (25 observaciones) la media por viaje fue superior en la mayoría de casos, como resultado el promedio encontrado fue de 110 kg de azúcar/t de caña, mientras que utilizando el apilador convencional se obtuvo un promedio de 108 kg de azúcar/t de caña. Esto debido a la disminución de trash mineral, ya que con menos trash, el proceso de recuperación de azúcar en fábrica, es más eficiente.

## VIII. CONCLUSIONES

- La eficiencia alcanzada en el transporte, por viaje de caña, al evaluar dos tipos de apilador fue de 33.5 toneladas por jaula con el apilador de tipo trineo y 31.5 toneladas con el apilador convencional, para una diferencia de 2 toneladas por viaje.
- El porcentaje de materia extraña de origen mineral (trash mineral) fue afectado significativamente por los tratamientos evaluados, el porcentaje alcanzado al utilizar el apilador tipo trineo fue de 0.84% y utilizando el apilador convencional 1.25%, para una diferencia de 0.41%, esto significa una reducción en los niveles de trash, con lo que se evita pagar trash como caña cortada, alzada y transportada, además se favorecen los procesos de fábrica, impactando positivamente en los costos de producción de azúcar.
- No se encontró efecto de los tratamientos para la variable rendimiento de azúcar por tonelada de caña.

## **IX. RECOMENDACIÓN**

- Cuantificar los beneficios que representa el cambio de apilador en el alce de caña, en los procesos de fábrica, tales como, la reducción de los caudales de agua, la cantidad de químicos necesarios para el procesamiento de la caña y tiempos de mantenimiento de la fábrica.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Amaya, A; Cock, J.H; Hernández, A; Irvine, J. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera. (en línea). Cali,CENICAÑA. Consultado 18 ene. 2013.  
Disponible en:  
[http://www.cenicana.org/pdf/documentos\\_no\\_seriados/libro\\_el\\_cultivo\\_cana/libro\\_p31-62.pdf](http://www.cenicana.org/pdf/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p31-62.pdf)
- Asazgua (2006) Informe anual de actividades de la agroindustria cañera de Guatemala. Asociación de azucareros de Guatemala.
- ASAZGUA. (2009). Documento Informativo: Cultivo de Caña de Azúcar. Guatemala.
- Buenaventura, C. (1994). Curso del cultivo de caña de azúcar. CENGICAÑA, Guatemala 45 p.
- Cárdenas, A. (1986). La cosecha de la caña de azúcar, Memorias del curso dictado en la Ciudad de Cali. Colombia: Tecnicaña.
- CENICAÑA, (2005). (Centro de Investigaciones de la caña de azúcar de Colombia). Informe anual 2005. 57 p.
- Cock, J. (1995). Manejo de la caña para cosecha en estado verde, El Cultivo de la caña de azúcar en la Industria Azucarera de Colombia, pp 364-370. Colombia: Cassalet, Torres y Echeverri.
- Del Cid, H. (2006). Cambio del sistema de cosecha de caña de azúcar de manual quemado a mecanizado verde en finca San Jorge. Tesis. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

- García, J. (2008). Implementación del sistema de minichorras tipo brasileño. Tesis. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.
- Giraldo, F. (1995). Cosecha, alce y transporte. El Cultivo de la caña de azúcar en la Industria Azucarera de Colombia, pp 357-363. Colombia: Cassalet, Torres y Echeverri.
- Mendez, R. (2001). Corte manual con chorra discontinua ingenio Madre Tierra. Memoria X Congreso Nacional de la Caña de Azúcar, pp 59-64
- Molina, J. (2004). De Trapiche a Ingenio, la aventura de una empresa familiar. Editorial Guatemala, Guatemala 336 p.
- Natareno, R.L. (2002). Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) Evaluación de Métodos de Manejo a la Cosecha (Contenido de tesis). URL
- Pantaleón Sugar Holding. (2005) Manual de procedimientos de Cosecha, Sistema de Gestión de la calidad, (primera actualización). Guatemala: Pantaleón.
- Ripoli, C. (2002). Cosecha mecanizada verde. Revista Atagua, Guatemala pp15-16.
- Sánchez, A. (1997). Agronomía del cultivo de la caña de azúcar *Saccharum officinarum*. Disponible en:  
[www.centrosprovinciales.org/biomasa/presentacion\\_biologia\\_cana\\_azucar.pdf](http://www.centrosprovinciales.org/biomasa/presentacion_biologia_cana_azucar.pdf)
- Sandoval, G. (2010). Evaluación de tres métodos de labranza de suelos para el control de chinche salivosa (*Aeneolamia* sp. Hemiptera: Cercopidae) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*: Poaceae) en finca carrizal, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Ing. Agr. Guatemala. URL. 74 p.

Subirós, F. (1995). El Cultivo de la Caña de Azúcar. 1ra Edición San José, Costa Rica. 44 pp.

Torres, J., Villegas, F. (1997). Manejo de residuos de la cosecha de caña verde, Memorias del cuarto Congreso de Técnicos de la Caña de Azúcar, pp 133-147. Cali Colombia: Buenaventura.

## **XI. ANEXOS**

Cuadro 4. Datos de campo relacionados con el peso promedio por jaula llenadas con diferente apilador y el porcentaje de trash mineral determinado en

cada viaje.

Apilador normal			Apilador trineo		
viaje	Peso promedio jaula viaje	% trash mineral	viaje	Peso promedio jaula viaje	% trash Mineral
1	32.18	1.13	1	32.85	0.81
2	31.90	1.25	2	33.18	0.45
3	31.12	1.38	3	34.25	0.68
4	30.28	2.50	4	32.35	0.75
5	33.00	1.23	5	31.27	0.91
6	31.56	1.18	6	35.12	0.71
7	32.18	1.35	7	33.81	0.69
8	32.00	0.80	8	32.90	0.85
9	30.76	0.95	9	33.39	0.91
10	30.90	0.99	10	34.21	0.73
11	30.82	1.01	11	33.84	0.43
12	34.10	1.52	12	29.41	0.59
13	32.16	1.30	13	32.15	0.72
14	31.25	3.00	14	33.00	0.98
15	31.74	1.82	15	34.52	1.23
16	31.45	1.40	16	33.28	1.03
17	32.19	1.02	17	37.21	1.56
18	32.80	1.09	18	36.39	1.08
19	28.90	0.95	19	34.68	1.17
20	29.73	0.76	20	36.76	0.85
21	30.15	0.85	21	32.13	0.68
22	31.50	0.69	22	30.14	0.47
23	30.59	0.85	23	32.91	0.59
24	31.53	1.00	24	35.57	1.23
25	34.26	1.23	25	32.63	0.86
promedio	31.56	1.25	promedio	33.52	0.84

Cuadro 5. Rendimiento de azúcar (kg/t de caña) colectada con dos tipos de apiladores.

<b>Muestra</b>	<b>Apilador convencional</b>	<b>Apilador tipo trineo</b>
1	111.36	110.00
2	110.00	116.36
3	112.73	109.55
4	108.64	108.18
5	107.73	107.73
6	110.45	109.55
7	111.36	100.45
8	108.18	99.55
9	104.09	101.36
10	112.27	102.27
11	111.36	106.82
12	107.27	107.27
13	108.64	110.00
14	102.27	118.18
15	110.00	111.36
16	108.18	114.09
17	113.18	106.82
18	115.00	100.45
19	113.64	106.82
20	114.09	99.55
21	113.18	101.36
22	107.73	103.64
23	109.55	113.18
24	111.82	116.82
25	111.36	114.55
<b>Promedio</b>	<b>110.16</b>	<b>107.84</b>

## **GLOSARIO**

**Alzadora:** es una máquina que recoge la caña de azúcar a granel, la deposita dentro de un equipo de transporte de caña (jaula), donde es transportada al ingenio para su proceso definitivo.

**Apilador:** es la parte de la alzadora que sirve para arrumar o sea acomodar la caña para ser alzada.

**Brecha:** son surcos de caña que se agobian previos a una quema o se cosechan para conformar melgas en la cosecha mecanizada.

**Caporal:** Persona encargada de un grupo de 60 cortadores de caña, que vela por el orden, calidad y distribución de tareas en el campo.

**Cepa:** parte basal de la caña que contiene las yemas de donde rebrotarán las nuevas plantas y las raíces.

**Chorra:** práctica que consiste en ir acumulando la caña cortada, a medida que se va avanzando en el corte, el lugar de la colocación de la caña dependerá en primer lugar del número de surcos que se esté cortando, y en segundo lugar del tipo de alzadora, porque según la serie de las alzadoras así será la ubicación del apilador

**Cogollo:** parte superior del tallo con bajo contenido de sacarosa

**Copete:** caña depositada arriba de la altura de la jaula

**Corte a ras:** cuando el cortador está realizando el corte, deber aplicar la norma de corte de dejar el tronco a ras del suelo.

**Despuntar:** eliminar la punta o cogollo de la caña.

**Garra:** la garra o uña es la parte final de la pluma de la alzadora que sirve para prensar la caña que se va cargando a las jaulas de transporte, la capacidad de la garra es de 10 quintales (455 kg).

**Jaula:** equipo de arrastre acoplado al cabezal para el transporte de la caña.

**Lote:** es el área sembrada con caña que tiene un mismo manejo.

**Luchada:** número de surcos que se le asignan a cierto número de cortadores para cortar en forma simultánea, generalmente son 5 a 7 surcos.

**Mamón:** tallos jóvenes, no molederos, menores de 1 m de altura en el momento de la cosecha.

**Mesa:** es la calle o separación que está entre surcos o líneas de caña de azúcar de 1.5 metros entre surco y surco.

**Minichorras:** caña cortada y acomodada sobre el suelo en forma de montones discontinuos.

**Nido:** lugar en que el cortador despeja o limpia para iniciar el corte de caña de la tarea asignada.

**Pante:** área sembrada con caña delimitada por rondas o caminos, es una porción del lote.

**Patín:** bajar el implemento (apilador) al nivel de terreno. La función del apilador

**Punto de enganche y desenganche:** lugar cercano al alce, donde se desacoplan y acoplan los equipos de arrastre.

**Quema:** es aquel cañal, el cual ha sido sometido al fuego, para facilitar el corte de la caña. La quema de un cañal se puede clasificar en buena o mala.

**Ronda:** caminos internos

**Surco:** hilera de caña.

**Tajo:** fracción de luchada, asignada para que la corte un cortador.

**Tocón:** parte basal del tallo que queda sobre la superficie del suelo después del corte

**Trash:** todas las materias extrañas que no son tallos de caña ( hojas, cogollos, mamones tierra, piedras, malezas, otros)

**Trineo:** Apilador modificado para recoger la caña cortada y ordenada con el método de chorra continua. Cuya función es reducir la cantidad de piedras y tierra que llega a la fábrica.

**Uñada:** es la caña que prensa con la uña la alzadora al cargar la jaula o carreta utilizada para trasladar la caña al ingenio.

**Zafra:** período de cosecha de la caña de azúcar (de noviembre a mayo).