

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

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MUESTREO PARA DETECCIÓN DE  
MATERIA EXTRAÑA EN CAÑA DE AZÚCAR, PREVIO AL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL;  
INGENIO MAGDALENA

ESTUDIO DE CASO

**JORGE TOMÁS IXPATÁ**  
CARNET 21153-06

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2014  
SEDE REGIONAL DE ESCUINTLA

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

COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MUESTREO PARA DETECCIÓN DE  
MATERIA EXTRAÑA EN CAÑA DE AZÚCAR, PREVIO AL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL;  
INGENIO MAGDALENA

ESTUDIO DE CASO

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

POR  
**JORGE TOMÁS IXPATÁ**

PREVIO A CONFERÍRSELE

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

ESCUINTLA, SEPTIEMBRE DE 2014  
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:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
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. RÓMULO LEC JACINTO

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

MGTR. ADÁN OBISPO RODAS CIFUENTES

MGTR. JORGE LUIS SANDOVAL SANDOVAL

MGTR. RICARDO ARMANDO MORALES RAMÍREZ


Guatemala, 08 septiembre del 2014

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 de Estudio de Caso del estudiante Jorge Tomas Ixpata, que se identifica con carné 21153-06, titulado: **“Comparación de métodos de muestreo para detección de materia extraña en caña de azúcar, previo al procesamiento industrial; Ingenio Magdalena”**, el cual considero que cumple con los requisitos por la Facultad para ser aprobado, por la cual solicito sea revisado por la terna que designe el honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

  
Ing. Agr. Romulo Lec Jacinto  
Colegiado No. 3359



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06197-2014

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Estudio de Caso del estudiante JORGE TOMÁS IXPATÁ, Carnet 21153-06 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPIC

## DEDICATORIA

**A Dios:** Todo Poderoso, que me ha iluminado para poder alcanzar una meta más en mi vida profesional.

**A mis Padres:** Maria Concepción Ixpatá  
Tomás Vicente Xiloj.

**A mi esposa:** Eva Marina Xiloj Rodriguez.

**A mi hija:** Heymili Guadalupe Ixpatá Xiloj.

**A mis Hermanos:** Olga, Imelda, Agustín, Gilberto, Marilú, Edison, Denilson, Maylín y Carmen.

**A:** La Universidad Rafael Landívar.

**A:** Mis amigos y compañeros con mucho aprecio especialmente a Willian Cardona, Juan Valenzuela, Carolina, Evelyn, José, Angel Reyes, Raul Estrada.

**A:** Ingenio Magdalena, S. A.

**A:** Departamento de Gestión de la calidad de Ingenio Magdalena, S. A.

## AGRADECIMIENTOS

**A:** Dios todo Poderoso que no me ha desamparado en los momentos difíciles de la vida.

Ingenio Magdalena, S. A., en especial a la Familia Leal por haber contribuido en mi formación profesional.

Ingenio Magdalena, S. A. por haber facilitado información para ejecutar esta investigación.

Ing. Agr. Romulo Lec Jacinto, por el apoyo y asesoramiento en mi trabajo de graduación.

Lic. Quco. Oscar Monzón, por su apoyo y asesoramiento en la elaboración de la presente investigación.

Ing. Quco. Marco Antonio Fuentes León, por su apoyo incondicional y amistad.

Ing. Agr. Juan Carlos Barrundia Ing. Agr. Luis Molina e Ing. Adan Rodas Cifuentes Lic. Jose Luis de Paz, Ing. Ricardo Morales por los consejos y apoyo que siempre me han brindado.

Departamento de Laboratorio de caña de Ingenio Magdalena, S. A. por la colaboración prestada en la elaboración de la presente investigación.

Todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron con la elaboración del presente documento de graduación.

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	i
<b>SUMMARY</b>	ii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	2
<b>2.1 LA CAÑA DE AZÚCAR</b>	2
<b>2.2 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR</b>	2
2.2.1 El sistema radicular	2
2.2.2 El tallo	2
2.2.3 Las yemas	3
2.2.4 La inflorescencia	3
<b>2.3 SIEMBRA DE LA CAÑA DE AZÚCAR</b>	3
<b>2.4 COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR</b>	4
<b>2.5 TRANSPORTE DE LA CAÑA AL INGENIO</b>	5
<b>2.6 MATERIA EXTRAÑA</b>	5
2.6.1 Efectos de la materia extraña y sus componentes	6
2.6.2 Materia extraña proveniente del campo	9
2.6.2.1 Diferencia de materia extraña entre la caña quemada y la caña verde	9
<b>2.7 ANTECEDENTES</b>	9
2.7.1 Basura y tamaño del tallo de la caña	11
2.7.2 Pérdida de azúcar con relación al trash total	11
<b>2.8 PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	13
2.8.1 Fabricación	13
2.8.2 Deterioro de la caña	13
2.8.3 Preparación de la caña	14
2.8.4 Molienda y sus parámetros	14
2.8.5 Clarificación del jugo	17
2.8.6 Evaporación	17
2.8.7 Cristalización	18
2.8.8 Centrifugación o purga	19
2.8.9 Secado	20
2.8.10 Empaque o envasado	20
<b>III. CONTEXTO</b>	22
<b>3.1. DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO</b>	24
<b>3.2. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO</b>	23
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b>	24



	<b>Página</b>
<b>V. OBJETIVOS</b>	25
<b>5.1. OBJETIVO GENERAL</b>	25
<b>5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	25
<b>VI. METODOLOGÍA</b>	26
<b>6.1. DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS</b>	26
<b>6.2. PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS</b>	26
<b>6.3. VARIABLE DE ESTUDIO</b>	27
6.3.1. Tiempo de muestreo	27
6.3.2. Variación de los porcentajes de materia extraña	27
6.3.3. Porcentaje de materia extraña	28
6.3.4. Porcentaje de caña molible	28
6.3.5. Costo por muestra según tipo de muestreo	28
<b>6.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN</b>	29
6.4.1. Análisis estadístico	29
6.4.2. Costo por método	29
<b>VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	30
<b>7.1. INTERVENCIÓN</b>	30
<b>7.2. RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO</b>	31
7.2.1. Tiempo en minutos de muestreo	32
7.2.2. Variación de los porcentajes de materia extraña	33
7.2.3. Porcentaje de materia extraña, según reporte de fabricación	39
7.2.4. Porcentaje de caña molible	41
7.2.5. Costo por muestra según tipo de muestreo	42
7.2.6. Resultados de las encuestas	44
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	49
<b>IX. RECOMENDACIONES</b>	51
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b>	52
<b>XI. ANEXOS</b>	54

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Diferencia entre los valores de materia extraña en muestras de caña cosechada con los sistemas, manual y mecanizado, determinado con los métodos uñada y sonda mecánica	10
Cuadro 3. Tiempo de muestreo por método utilizado	32
Cuadro 3. Tabla t de Student para dos muestras suponiendo varianzas iguales	39
Cuadro 4. Porcentaje de materia extraña en la caña (zafra 2011-2012)	40
Cuadro 5. Porcentaje de materia extraña en la caña (zafra 2012-2013)	40
Cuadro 6. Porcentaje de toneladas molidas limpieza mesa seca 2011-2012	41
Cuadro 7. Porcentaje de toneladas molidas limpieza mesa seca 2012-2013	41
Cuadro 8. Costo de una muestra utilizando alzadora	43
Cuadro 9. Costo de una muestra utilizando core sampler	43
Cuadro 10. Resultados de las entrevistas a usuarios de las información de trash en el puesto de clarificación del jugo	44
Cuadro 11. Entrevistas a usuarios de la información de materia extraña en el puesto de jefes de frentes	45
Cuadro 12. Entrevistas a usuarios de la información de materia extraña en el puesto de molinos fábrica	46
Cuadro 13. Entrevistas a usuarios de la información de materia extraña en el puesto de patio de caña	47
Cuadro 14. Ventajas y desventajas utilizando método Core Sampler en la evaluación de la materia extraña en la cosecha	55
Cuadro 15. Ventajas y desventajas utilizando método alzadora en la evaluación de la materia extraña en la cosecha	55
Cuadro 16. Base de datos de materia extraña vegetal por frente de la zafra 2011-2012	56

Cuadro 17.	Base de datos de materia extraña mineral por frente de la zafra 2011-2012	56
Cuadro 18.	Base de datos de materia extraña total por fecha de la zafra 2011-2012	57
Cuadro 19.	Base de datos de materia extraña vegetal por frente de la zafra 2012-2013	58
Cuadro 20.	Base de datos de materia extraña mineral por frente de la zafra 2012-2013	58
Cuadro 21.	Base de datos de materia extraña total por fecha de la zafra 2012-2013	59
Cuadro 22.	Coeficientes de variación de la materia extraña vegetal de la zafra 2012-2013	60
Cuadro 23.	Coeficientes de variación de la materia extraña mineral de la zafra 2012-2013	61
Cuadro 24.	Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales	62

# COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE MUESTREO PARA DETECCIÓN DE MATERIA EXTRAÑA EN CAÑA DE AZÚCAR, PREVIO AL PROCESAMIENTO INDUSTRIAL; INGENIO MAGDALENA

## RESUMEN

El presente estudio documenta la comparación de dos métodos de muestreo de materia extraña previo al procesamiento industrial de caña de azúcar el Ingenio Magdalena S. A. La materia extraña causa una serie de problemas para la industria azucarera de Guatemala. Para la investigación se utilizó la metodología de estudio de caso. Uno de los métodos consta de una alzadora de garra y el segundo de un core sampler (saca muestras o toma muestras). Luego de recopilar y analizar la información, se determinó según la prueba de t de Student que no hay significancia para los métodos de muestreo de materia extraña; en lo que respecta a tiempo en minutos por método de muestreo se demostró que el método de core sampler necesita 6.58 minutos, obteniendo 218 muestras en 24 horas. Mientras el método de alzadora necesita 28.12 minutos para realizar una muestra y obtener 51 muestras en 24 horas, lo que claramente indica que el método más eficiente es el de core sampler. Mediante un presupuesto parcial se determinó un costo de una muestra con la alzadora de Q 94.15 mientras el costo de una muestra con core sampler es de Q 9.62. Finalmente con, los datos anteriores de minutos por muestra y costo por muestra se recomienda utilizar el método de core sampler por ser eficaz en la detección de la materia extraña y de menos costo su ejecución o metodología es más rápida para los laboratorio de la industria azucarera (se analizaron 3 componentes) lo contrario del método alzadora (12 componentes). La determinación de toneladas de caña real es importante, ya que no todo lo que pesa la báscula se utiliza para extracción de jugo.

# COMPARISON OF SAMPLING METHODS TO DETECT STRANGE MATTER IN SUGAR CANE, PRIOR TO THE INDUSTRIAL PROCESSING, MAGDALENA MILL

## SUMMARY

This study documents the comparison of two sampling methods of foreign matter prior to the sugar cane industrial processing in the Magdalena S. A. mill. The foreign matter causes a series of problems for the sugar industry in Guatemala. A case-study methodology was used for this research study. One of the methods consists of a cane loader and the other of a core sampler (sample taking). After gathering and analyzing the information, it was determined that based on the Student's "t" there is no significance for the sampling methods of foreign matter. Regarding time in minutes per sampling method, it was demonstrated that the core sampler method needs 6.58 minutes, obtaining 218 samples in 24 hours. While the cane loading method needs 28.12 minutes to carry out a sample, obtaining 51 samples in 24 hours, which clearly indicates that the most efficient method is the core sampler. Through a partial budget, it was determined that the cost of a sample with the cane loader is of Q94.15 [US\$12.07] while the cost of a sample with the core sampler is of Q9.62 [US\$1.23]. Finally, based on the data regarding minutes per sample and cost per sample, it is recommended to use the core sampler method, not only for its efficiency in detecting foreign matter, but also for its low execution cost, or its methodology is faster for the sugar industry labs (3 components were analyzed), compared to the cane loading method (12 components). It is important to determine the amount of tons of real sugar cane, because not all the cane weighed is used for juice extraction.

## I. INTRODUCCIÓN

La agro-industria azucarera de Guatemala se encuentra establecida en su mayoría en el litoral pacífico, ubicándose dentro de esta zona, 11 ingenios para la producción de azúcar, siendo uno de ellos el Ingenio Magdalena S. A., productor de 5,870,800.00 toneladas de caña en campo, equivalentes a 533,246.80 toneladas métricas de azúcar en la zafra 2011-2012 (ATAGUA, 2012).

La calidad y cantidad de azúcar extraída por tonelada de caña depende de muchos factores, uno de ellos es el contenido de materia extraña (trash) que es incorporada con la materia prima durante la cosecha, siendo: hojas, mamones, cogollos, cañas secas, cepa y malezas; conocido como material vegetal, que presenta bajos contenidos de sacarosa; así también, se transportan tierra y piedras, como material mineral, que desgasta los equipos de preparación y extracción a nivel de molinos y afecta la eficiencia de los procesos de clarificación y filtración.

La materia extraña vegetal y mineral tiene relación estrecha con las pérdidas de sacarosa dentro del proceso de fabricación, es por ello que cada ingenio ha establecido métodos de evaluación, cuantificación y control, buscando alternativas para reducir las pérdidas que conllevan dichos materiales. En el Ingenio Magdalena se ha practicado el método con uñada de alzadora desde 1989, y al iniciar la zafra 2012-2013, se implementó el método con sonda mecánica (Core Sampler), que en otros países ha dado buenos resultados, principalmente la eficiencia de la toma de muestras. Los resultados de cada método han sido registrados, pero aún no han sido sometidos a un análisis y discusión comparativa desde varios ángulos, mucho menos publicados para contribuir con alternativas dentro del paquete tecnológico en la agroindustria azucarera.

En el presente estudio de caso se tuvo como propósito, recabar información y evaluar los métodos practicados en el Ingenio Magdalena S. A., durante las zafras 2011-2012 y 2012-2013, determinando las diferencias entre ellos, la eficiencia de cada uno, la información que se genera y la utilidad de la misma.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 LA CAÑA DE AZÚCAR**

La caña de azúcar es una planta herbácea de gran tamaño que se cultiva en países tropicales y subtropicales. Es un híbrido complejo de varias especies, derivadas principalmente del *Saccharum officinarum* y otras especies de *Saccharum*. La caña se propaga vegetativamente sembrando trozos de sus tallos. La nueva planta o retoño crece a partir de los cogollos o yemas de los nudos del tallo, asegurando así una descendencia uniforme. En el proceso de reproducción de la caña se desarrollan y ensayan continuamente nuevas variedades en búsquedas de nuevas y mejores plantas. Este procedimiento se ha constituido en un factor fundamental para el mejoramiento de la productividad en la industria de la caña de azúcar (Rein, 2012).

### **2.2 MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

#### **2.2.1 El sistema radicular**

Las raíces cumplen la doble función de anclaje y absorción de agua y nutrientes; hay dos tipos de raíces: raíces primordiales, se originan en el anillo de crecimiento del trozo que se siembra, duran hasta que aparecen raíces en los nuevos macollos; raíces permanentes; son emitidas por la macolla; la cantidad, longitud y edad de las raíces depende de la variedad, tipo de suelo y humedad (Chamo, 2004).

#### **2.2.2 El tallo**

El tallo constituye la parte del valor económico en la caña de azúcar, debido a que en él se almacenan los azúcares; son cilíndricos, más o menos erectos, de longitud y color variable, está formado por secciones sucesivas denominadas entrenudos, divididos por zonas más duras y prominentes llamada nudos. La caña forma cepas constituidas por: tallos primarios, si se originan, de una yema de la semilla vegetativa original;

secundaria, si se originan de una yema del tallo primario, terciario si se originan de una yema del tallo secundario y así sucesivamente (Chamo, 2004).

### **2.2.3 Las yemas**

La yema es el órgano vegetativo de la planta, se encuentra ubicada en la depresión del tallo en cada nudo, son escamosos y cónicas antes del desarrollo, tomando una forma arredondeada y aplastada después del mismo (Chamo, 2004).

### **2.2.4 La inflorescencia**

La flor es una panícula sedosa denominada espiga, posee flores hermafroditas. El proceso de floración es altamente sensible al ambiente. Influyen en la floración: el fotoperiodo, la temperatura, humedad, nivel de nutrientes del suelo y estado de crecimiento (Chamo, 2004).

## **2.3 SIEMBRA DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

La caña se siembra en un agujero poco profundo o en surcos en la parte superior de un camellón de una o varias hileras. La caña se cubre por medio de un azadón o de una rastra de discos y se añaden herbicidas de preemergencia poco después de la siembra. La siembra a mano o con máquina cumple el doble propósito de apilar tierra contra el vástago en desarrollo y remover o cubrir las malas hierbas. El fertilizante que no se aplica en la siembra se añade después que empieza el crecimiento. El tiempo más apropiado para la fertilización es al inicio del gran período de crecimiento y se pueden utilizar aplicaciones parciales en las temporadas largas de crecimiento. El control de plagas se realiza mediante el uso de aspersores de mochila, máquinas con un gran espacio libre sobre el terreno, o con aviones. A medida que se acerca la época de la cosecha en las áreas de regadío, es posible retardar el crecimiento y aumentar el contenido de sacarosa limitando el nitrógeno y el agua. En las áreas de alta precipitación, el crecimiento y la madurez son controlados por el clima, la variedad seleccionada y hasta cierto punto, con productos químicos que aceleran la maduración (Janes, 1991).



Después de la cosecha los retoños se tratan de una manera similar a la siembra original de la caña; se pueden resembrar los espacios vacíos presentes en algunas áreas. En las siembras de soca, aumenta la población de malas hierbas y disminuye el peso de los tallos. Estos factores, junto con el efecto de las enfermedades y de las cosechadoras mecánicas, tienden a limitar el número de cosechas de retoños. En algunas áreas sólo se puede recolectar la caña de la primera siembra, pero no es nada anormal hallar campos, en la zona del Caribe en donde se efectúan hasta diez o más cosechas de retoño. En los lugares en donde se practica la recolección mecanizada, o donde son severos los inviernos, tras la cosecha de la primera siembra y dos o tres cosechas de retoño, es corriente realizar un reacondicionamiento de los campos, seguidos de una nueva siembra (Janes, 1991).

## **2.4 COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

La cosecha es una de las etapas de mayor importancia en la producción de caña de azúcar. Su objetivo es recolectar la materia prima disponible en el campo con mínimas pérdidas y una alta eficiencia, con el menor tiempo entre cosecha y molienda, con bajos niveles de materias extrañas (especialmente de hojas, despunte y tierra) y con los menores costos, todo esto con el propósito de obtener azúcar de alta calidad y a precios competitivos (Manual del cañero, 2009).

Sistema de corte manual en la zafra 2010/2011 el 89 por ciento de la caña se cosecho en forma manual, porcentaje que ha sido similar en los últimos años. Los cortadores provienen de dos grupos; los acampamentados (no locales) que vienen del departamento de Quiche, Baja Verapaz y Chiquimula. Estos son atendidos en complejos habitacionales, donde se le proporciona hospedaje, alimentación y otros servicios. El segundo grupo son los voluntarios (locales) que provienen de poblaciones cercanas a los ingenios, a estos se les brinda el transporte y bebidas para la hidratación. La proporción entre estos dos grupos varía desde un 50 a 70 por ciento para los acampamentados y el resto de los voluntarios, dependiendo del ingenio (Cengicaña, 2014).

Sistema de corte mecanizado este tipo de cosecha en la zafra 2010/2011 se realizó en 30,080 ha, lo que represento un 14 por ciento de la caña cosechada. La mayoría de esta caña fue cosechada en verde (90%). En la mayoría de los ingenios, la cosecha mecanizada se usa como un apoyo cuando hay falta de cortadores para el corte manual. El porcentaje de cosecha mecanizada por ingenio varía desde el 5 al 33 por ciento. Las eficiencia obtenidas por cosechadora en la zafra 2010/2011 son de 35.36 toneladas de caña/hora cosechadas y de 478 toneladas de caña cosechadas/día (Cengicaña, 2014).

## **2.5 TRANSPORTE DE LA CAÑA AL INGENIO**

La movilización de la caña desde los campos hasta el ingenio es mediante transporte vehicular principalmente, grandes camiones que arrastran vagones con capacidades de 20 hasta 40 toneladas, cada uno son movilizados a los patios de recepción de los ingenios. El consumo de combustible de origen no renovable (hidrocarburos) es alto, siendo esta etapa una de las más costosas en el proceso productivo de la caña. Si estos camiones y los vagones ruedan sobre la superficie de los campos de siembra, propician una excesiva compactación del suelo por donde pasan (Janes, 1991).

Además, se incluyen durante el transporte de la caña, material extraño conocido como material vegetal, que presenta bajos contenidos de sacarosa; así también, se transportan tierra y piedras, como material mineral, que desgasta los equipos de preparación y extracción a nivel de molinos (Janes, 1991).

## **2.6 MATERIA EXTRAÑA**

La materia extraña es todo aquel material de origen mineral o vegetal que se mezcla con los tallos de caña cosechados y aptos para la molienda, que no es un tallo de la caña. Estos materiales pueden contener niveles de sacarosa que no son extraíbles en la fábrica de forma económica (Cenicaña, 2005).

## 2.6.1 Efectos de la materia extraña y sus componentes

Según la carta trimestral 3 y 4 de CENICAÑA, la materia extraña causa:

- Pérdida de azúcar en bagazo, cachaza y miel final.
- Atascamiento en las picadoras utilizadas para preparar la caña antes de su entrada a molinos.
- Aumento de color del azúcar.
- Pérdida de tiempo.
- Aumento de los costos de producción, ya que se procesa un material que no produce azúcar.
- Dificultad en la clarificación de los jugos.

En las mismas cartas se describen los componentes de la materia extraña, como sigue:

### a. Cogollos

El cogollo es la porción superior del tallo comprendida entre el ápice y el punto natural de quiebre. Esta sección del tallo de la caña puede contener jugo portador de sacarosa en niveles no extraíbles por la fábrica desde el punto de vista económico para la producción de azúcar (Cenicaña, 2005).

### b. Hojas

La hoja es la lámina foliar verde o seca que se incorpora con los tallos de caña en forma libre o unida a la yagua (Cenicaña, 2005).

### c. Yaguas o vainas

La yagua o vaina es la parte de la hoja que recubre los entrenudos del tallo, en un punto que va desde la cicatriz foliar hasta la lígula (Cenicaña, 2005).

#### **d. Malezas**

Una maleza es cualquier material vegetal extraño, identificable y diferente a los definidos para la caña de azúcar (Cenicaña, 2005).

#### **e. Tallos secos o deteriorados**

Se refiere a tallos de caña rajados o quebrados, con bajos contenidos de sacarosa y humedad (Cenicaña, 2005).

#### **f. Chulquines (mamones)**

Un chulquín es un tallo joven que crece especialmente en el exterior de la cepa de caña, más grueso hacia la base en comparación con los demás tallos. Como no ha completado su desarrollo, no contiene sacarosa extraíble económicamente (Cenicaña, 2005).

#### **g. Raíces y rizomas**

La raíz es el órgano de la planta que, introducido en la tierra, absorbe los nutrimentos para el desarrollo de la planta y le sirve de sostén. El rizoma es un tallo subterráneo que posee yemas de las cuales brotan los tallos; produce también las raíces y, por su condición mecánica de sostener la planta, podría confundirse con la raíz (Cenicaña, 2005).

#### **h. Lalas**

Una lala es un brote que resulta de la germinación de las yemas cuando el tallo todavía está en pie al morir el meristemo apical. Estos rebrotes se producen principalmente por cosechas tardías, aplicación de maduradores, floración o daño mecánico (Cenicaña, 2005).

En las mismas cartas trimestrales de CENICAÑA, se describen los componentes de la materia extraña de origen mineral, como sigue:

### a. Arena, suelo y piedras

Estos componentes de la materia extraña mineral se presentan en mayor abundancia en las épocas de lluvias. Son los más indeseables entre las impurezas que acompañan la caña, debido a sus efectos negativos en la recuperación de azúcar, ya que son altamente abrasivos (Cenicaña, 2005).

### b. Cepas

Se refiere a la parte subterránea de la caña con sus respectivas raíces y tierra. Por la dificultad de separar la tierra del material vegetal, todo en su conjunto se llama cepa y hace parte del componente mineral de la materia extraña (Cenicaña, 2005).

En las figuras 1 y 2 se muestran los componentes de la caña de azúcar y los sistemas de evaluación de la materia extraña.

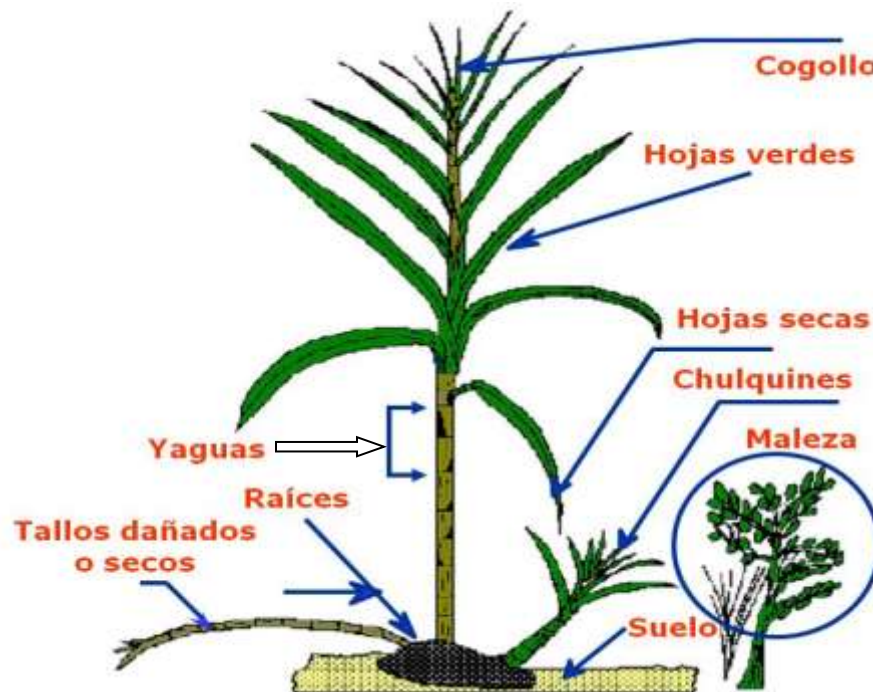


Figura 1. Componentes de la caña (Cenicaña, 2005).

## **2.6.2 Materia extraña proveniente del campo.**

Según Janes (1991), la materia extraña del campo incluye hojas, puntas, tallos muertos, raíces, tierra, etc., recogidas junto con la caña. Las materias extrañas afectan las pérdidas de recuperación y la pureza de las mieles finales. Al moler la caña quemada se obtiene jugo con 20 a 30% menos sólidos en suspensión, se incrementa la capacidad de la molienda en 13 a 15%, se reduce la duración de la temporada de cosecha, se incrementa la extracción en un 0.47% y baja el consumo de energía por tonelada de caña (18% en las cuchillas; 25% en la desfibradora y 12% en el primer molino).

### **2.6.2.1 Diferencia de materia extraña entre la caña quemada y la caña verde**

Una comprobación llevada a cabo en Queensland entre la caña verde y la caña quemada mostró que las bacterias del género *Leuconostoc* crecen rápidamente en la caña quemada y cortada, por lo que el nivel de dextrana (son polisacáridos constituidos por unidades de glucosa) se incrementa con rapidez. La producción de dextrana es de cero o muy ligera en la caña verde. Sin embargo, la hoja en la caña verde incrementa el color y disminuye la capacidad de filtración. Asimismo, la caña verde reduce la velocidad de molienda y ocasiona resbalamiento en un transportador de caña que tenga una inclinación excesiva. De hecho, la basura puede clasificarse como fibrosa o terrosa. La basura fibrosa consistente en puntas de caña, hojas y raíces. La basura terrosa consiste en lodo o tierra (Manaen, 2005).

## **2.7 ANTECEDENTES**

Según Ralda (2002), al evaluar el comportamiento del porcentaje del trash en general y en dependencia de su porcentaje de contenido de cada componente, sobre el rendimiento en kilos de azúcar/tonelada de caña, con el objetivo de determinar el impacto del trash compuesto sobre los rendimientos en azúcar por tonelada de caña, el impacto del trash por componente (hoja, mamón, cogollo, caña seca, cepa y tierra) sobre los rendimientos de azúcar por tonelada de caña, el índice de laboratorio (%)

sacarosa y % de jugo), éstos últimos se vieron afectados según el porcentaje de trash (4.07% equivalente a 6.54 kg por tonelada de caña), las pérdidas en los rendimientos actuales a causa del trash acumulado de la zafra 2001-2002 en los diferentes tipos de cosecha (manual, mecanizada en quemado y mecanizado en verde).

En estudios realizados por el Ingenio Provincia, en caña cosechada con los sistemas manual y mecanizado, se observaron diferencias significativas en las determinaciones de la materia extraña vegetal entre los métodos de uñada y sonda mecánica, (cuadro 1) siendo mayor el porcentaje para ambos sistemas de cosecha en la muestra tomada con sonda. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en las determinaciones de la materia extraña total (vegetal + mineral) en la caña cosechada manualmente (Cenicaña, 2005).

Cuadro 1. Diferencias entre los valores de materia extraña en muestras de caña cosechada con los sistemas, manual y mecanizado, determinado con los métodos uñada y sonda mecánica.

Sistema de cosecha	Materia extraña vegetal	Materia extraña mineral	Materia extraña total
Manual	-1.2 *	2.2 ns	1.0 ns
Mecanizado	3.9 *	1.6 ns	5.1 *

\* Diferencia significativa a un nivel de 5% (p=0.05)

ns: diferencia no significativa.

(Cenicaña, 2005).

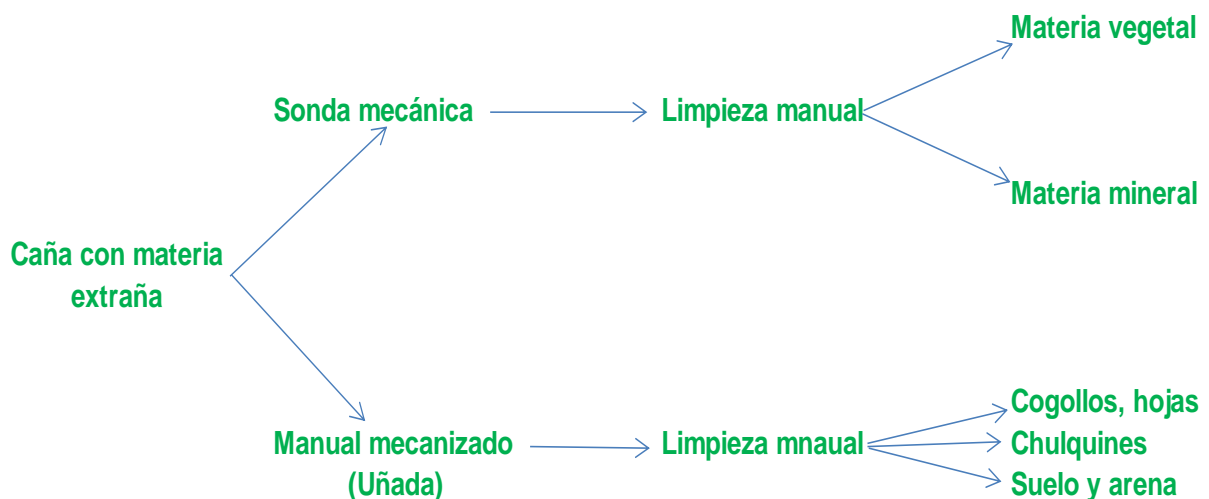


Figura 2. Sistema de evaluación de la materia extraña (Cenicaña, 2005).

### **2.7.1 Basura y tamaño del tallo de la caña**

Según Rozeef (1995), en su estudio titulado Basura: maldición o bendición; el autor analiza que un aumento de un 1% en la fibra en las condiciones (Texas) sobre las normas de 14.50, resulta en una pérdida teórica de recuperación en la molida de 1.59 a 1.82 kilos de azúcar por tonelada de caña bruta. Cada 1% de basura vegetativa equivale 0.329 de fibra en un análisis hecho por sonda mecánica, mientras que la tierra representa 0.80% por cada por ciento de fibra.

El mismo Rozeef (1995), comenta que la población y altura de la caña influyen en el porcentaje de basura. A pesar de que las cañas de tallos gruesos tienen hojas más anchas y vainas más grandes, el peso de la materia extraña es proporcionalmente menor que cañas más delgadas de gran población. Estas últimas tendrán más basura. Las cañas pequeñas también tienen un alto contenido de basura, debido a la relación cogollo- tallo moletero. Lo ideal entonces es producir cañas altas, erectas, buenas descogolladeras, gruesas y de baja población. Esto es más lógico que suceda en regiones tropicales que en sub-tropicales. En estas últimas, el corto período de desarrollo exige altas poblaciones para aumentar el área de superficie foliar y aprovechar más la limitada radiación. Además, las cañas buenas macolladoras retoñan mejor en climas adversamente frescos.

Ralda (2002), determinó además que el rendimiento decreciente en base al aumento del porcentaje de trash, tuvo la tendencia a la regresión negativa, dando como resultado que por cada 1% de trash general acumulado, equivale a una baja en el rendimiento de un 1.03%, que para ese periodo de zafra con trash general acumulado de 4.07%, equivaldrían a 6.54 kilos de azúcar de pérdida por tonelada de caña ingresada al ingenio.

### **2.7.2 Pérdida de azúcar con relación al trash total**

Ralda (2002), indica que el comportamiento del trash general acumulado a través de los años varía en sus porcentajes de cada componente, por lo que se evaluaron las repercusiones de cada uno de los componentes por separado para observar su



comportamiento y relación al agruparlos de acuerdo a sus porcentajes equivalentes con el del trash general acumulado. De acuerdo a los resultados, es el componente caña seca quien tiene mayor impacto dentro del trash general, ya que un 1% de caña seca, reduce el rendimiento en un 1.38%. Fue el porcentaje de sacarosa el índice de laboratorio que mayor repercusión tuvo, al afectar en 1.49% la sacarosa por cada un 1% de caña seca, mientras que este mismo 1% redujo 0.12% al jugo.

Ralda (2002), concluyó que en el trash acumulado general, la obtención de 1% de trash, equivale a una baja de un 1.03% en el rendimiento; de acuerdo al porcentaje de trash promedio de la zafra 2000-01 de noviembre (4.07%), cada 1% de trash compuesto, equivale a una baja de 1.03% en el rendimiento, lo que representó 6.50 kilos de azúcar por tonelada de caña, el índice de laboratorio que es más afectado por el trash es el porcentaje de jugo.

Los componentes más dañinos del trash llegan a tener una función de esponja, donde en lugar de liberar retienen el jugo, especialmente la caña seca (donde 1% en el trash, equivale a una baja de un 1.38% en el rendimiento), seguido de la tierra (donde 1% en el trash, equivale a una baja de un 1.08% en el rendimiento), luego la hoja (1% en el trash, equivale a una baja de un 0.93% en el rendimiento), posteriormente el mamón (1% en el trash, equivale a una baja de un 0.59% en el rendimiento y por último el cogollo (1% en el trash, equivale a una baja de un 0.42% en el rendimiento (Ralda, 2012).

Por último Ralda (2002), recomienda tener cuidado con áreas con vetas arenosas, por la cantidad de caña seca que pudiera haber cuando se corta en los estados intermedios a tardíos y no solo seguir aplicando riego para evitar sequedad, y que el corte con chorra discontinua (mini chorras) puede disminuir la cantidad de tierra que pudiera contener en cada jaula y tener un gran impacto, no solo en el rendimiento, sino en el proceso de elaboración de azúcar, respecto a la cosecha mecanizada.

## **2.8 PROCESO DE FABRICACIÓN**

### **2.8.1 Fabricación**

El proceso de fábrica de la caña de azúcar, consiste en la obtención del azúcar a través de procesos físicos y químicos desde la recepción de la caña de azúcar desde los patios hasta su envasado y distribución (Janes, 1991).

### **2.8.2 Deterioro de la caña**

Luego del corte, la caña de azúcar está sujeta a deterioro, gran parte debido a la actividad de microorganismos. Esto resulta en pérdidas de azúcar y la formación de impurezas indeseables. El grado de deterioro es determinado por varios factores, pero en todos los caso el efecto en la recuperación de azúcar y procesamiento de caña es desfavorable. Por lo tanto la tardanza entre cosecha y molienda debe mantenerse al mínimo (Rein, 2012).

Los productos microbianos cambian aún más con el tiempo para formar ácidos y compuestos coloreados. El deterioro microbiano es causado principalmente por una bacteria del género *Leuconostoc*, estos organismos consumen sacarosa, produciendo largas cadenas de glucosa y fermentando la fructuosa en ácidos orgánicos como productos secundarios (Janes, 1991).

Estos organismos son responsables además de la formación de dextrano. Cantidades relativamente pequeñas de dextrano presentes en el jugo de caña (del orden de 103 ppm) aumentan la viscosidad, retardan la cristalización y la filtración, y disminuyen el rendimiento de sacarosa (Janes, 1991).

El intervalo entre el corte y la molienda es el período en el que los niveles de dextrano alcanzan sus valores más altos. Se ha encontrado que los niveles de dextrano en la caña picada durante la recolección aumentan hasta 700 ppm en 2 días. La reducción al mínimo de tiempo que transcurre entre el corte y la molienda constituye la medida más efectiva y práctica de controlar la formación del dextrano (Janes, 1991).

### **2.8.3 preparación de la caña**

El proceso de reducir la caña alimentada al molino hasta partículas de menor tamaño, adecuadas para el proceso de extracción, se denomina preparación de la caña. La reducción de tamaño es conseguida generalmente con el uso de picadoras o cuchillas rotativas localizadas sobre el sistema de conductores de caña y/o el paso de la caña por una desfibradora con martillos basculante. La eficiencia y la capacidad de la planta de extracción dependen considerablemente de la preparación de la caña (Rein, 2012).

El equipo de preparación de caña puede representar más de 25% de la demanda total de potencia en una fábrica. El tipo de accionamiento empleado y la eficiencia con la cual la potencia es utilizada son por lo tanto muy importantes (Rein, 2012).

En conductores de tallos enteros de caña normalmente se instala un nivelador antes de cualquier equipo de preparación para lograr una alimentación uniforme a las picadoras. Con trozos de caña cosechada mecánicamente esto usualmente no es necesario debido a que la manipulación de trozos facilita lograr un nivel uniforme en los conductores alimentadores en forma consistente (Rein, 2012).

### **2.8.4 Molienda y sus parámetros**

El objetivo de la molienda de la caña es separar el jugo que contiene sacarosa del resto de la caña, constituido principalmente por fibra. El término extracción se utiliza para expresar el porcentaje de sacarosa que ha sido extraído de la caña en los molinos y es igual a la sacarosa en el jugo crudo o diluido, expresada como porcentaje de la sacarosa en caña (Rein, 2012).

Se puede asumir que la caña está conformada por tres componentes, cada uno con dos subcomponentes:

- a. Fibra, que consiste de fibra vegetal materia insoluble que no es fibrosa pero que está incluida en la “fibra” obtenida en el análisis de caña y bagazo y a veces medida como cenizas.

- b. sólidos disueltos también conocidos como brix, que consisten de la materia en caña, soluble en agua: sacarosa (usualmente se mide en forma aproximada como polarización o Pol). No sacarosa (demás material soluble que se halla en solución) en ocasiones se denominan también como no-azúcares o no Pol.
- c. Agua: consiste de agua “disponible” (el solvente en que sacarosa y no sacarosa están disueltos).
- d. Agua libre de brix (agua que está ligada a la estructura celulósica de la caña por tanto no se encuentra disponible como un solvente para la sacarosa y no sacarosa y no es extraída en el proceso de molienda) (Rein, 2012).

En los molinos la caña es exprimida utilizando elevadas presiones entre pares de mazas o rodillos consecutivos. Estos están diseñados para extraer tanto jugo (agua disponible + sacarosa + no azúcares) como sea posible de la fibra insoluble. El residuo de la caña después de que se ha extraído al jugo se denomina bagazo (Rein, 2012).

Una parte de la no sacarosa es más difícil de extraer que la sacarosa. Esto se evidencia en el hecho de que el jugo extraído en el primer molino (jugo de primera extracción) tiene siempre una mayor pureza que el jugo diluido, mientras que el jugo extraído al final del tren de molinos (jugo de última extracción) es siempre menor pureza. El jugo residual que queda en el bagazo tiene inclusive una menor pureza (Rein, 2012).

El porcentaje de imbibición adecuado debe estar entre 20 a 25% o ser mayor, y se debe lograr un porcentaje de extracción diluida entre 96 a 98% o mayor, todo esto se traducirá posteriormente en eficiencias elevadas de recuperación de azúcar. Los mejores procedimientos de molienda logran extraer del jugo de la caña más del 95% del azúcar que contiene, este porcentaje se llama extracción de sacarosa (pol de extracción), por la continua trituración tiene lugar una reducción en el brix, la polarización y la pureza, con el consecuente aumento de los no azúcares (Janes, 1991).

En lo que respecta a la composición del jugo extraído, mientras más sacarosa se extraiga, mayor será la proporción de materiales indeseables que acompañan a la sacarosa. No sólo es cuestión de menor pureza, sino también del carácter de los agentes que reducen la pureza. El bagazo final que sale del último molino contiene el azúcar no extraído, la fibra leñosa y de 40 a 50% de agua. Este bagazo contiene jugo con sólidos azucarados que ya no se pudieron extraer. El porcentaje de pol en el bagazo que sale del último molino no deberá sobrepasar entonces el 3%, manteniéndose en valores menores a 1% (Janes, 1991).

Dentro y alrededor de los molinos tienen lugar pérdidas considerables de azúcar. Se calcula que la pérdida de azúcar alrededor de los molinos es de 13% debido a la inversión química, 25% a causa del efecto enzimático y 62% al crecimiento microbiológico. Las pérdidas por inversión deben mantenerse por debajo de 0.23 kilogramos/TC, evitando sobrepasar las 0.41 kilogramos/TC. Entre los parámetros que se manejan en la molienda se encuentran los siguientes (Janes, 1991):

- **Especificaciones del jugo diluido:**
  - ✓ Brix > 14.5
  - ✓ Pol > 12.7
  - ✓ Pureza > 87%
- **Especificaciones del bagazo**
  - ✓ Pol < 2.0
  - ✓ Humedad: 49-51%
- **Parámetros operativos**
  - ✓ Tasa de molienda (velocidad/tiempo horas efectivas)
  - ✓ Imbibición 3.7853 litros/min (de 100 ton de caña, 27 son agua)
  - ✓ Temperatura: 60 °C
  - ✓ Tiempo perdido (producción \*tiempo total)
  - ✓ Bacterias: 11 ppm

### **2.8.5 Clarificación del jugo**

El jugo mezclado obtenido del tándem de molinos tiene aún una carga considerable de tierra, arena, bagacillo y otras formas de basura (trash) propias de la caña. El proceso de clarificación de jugo consiste en la remoción de impurezas contenidas en el jugo mezclado, para obtener el jugo clarificado con las características para producir la calidad de la azúcar requerida (Cengicaña, 2014).

Para la clarificación se utiliza lechada de cal,  $\pm 1.1$  kg CaO/TC, que neutraliza la acidez natural del guarapo, formando sales insolubles de calcio, en su mayor parte fosfato de calcio. En general resulta deseable agregar el mínimo de cal que produzca un jugo claro, con una reacción final cercana a un pH de 7. Si el pH de los jugos claros llega a 7 puede haber una adición excesiva de cal. Es necesario evitar la alcalinización excesiva, y si no es posible obtener un jugo claro por defecación simple, sin tener que alcalinizarlo hasta un pH muy alto, debe añadirse fosfato. El calentamiento del guarapo alcalinizado hasta el punto de ebullición o ligeramente arriba, coagula la albúmina y algunas grasas, ceras y gomas (Janes, 1991).

Con la aplicación de un polímero polielectrónico se forma un precipitado que atrapa los sólidos en suspensión al igual que las partículas más finas y sale un jugo claro, libre de partículas sólidas, en forma cristalina. Todos los clarificadores están aislados a fin de conservar el calor y facilitar la sedimentación de las cachazas. La clarificación separa el jugo en dos porciones, el jugo clarificado y los precipitados sedimentables, espumas y lodos. El jugo clarificado, que consiste en el 80 a 90% del jugo original, casi invariablemente pasa a los evaporadores sin más tratamiento. Las espumas y lodos se filtran. El tiempo de residencia de estos equipos es variado, pudiendo oscilar entre 0.25 y 3 horas, dependiendo de las condiciones del proceso y del diseño del equipo utilizado (Janes, 1991).

### **2.8.6 Evaporación**

La evaporación es una operación esencial en todas las fábricas de azúcar, y es un factor que determina ampliamente la eficiencia energética. Esta operación incrementa la concentración del jugo clarificado hasta un contenido de sólidos disueltos alrededor

de 65 a 68 %, la cual la convierte en el principal consumidor de vapor. La configuración de la estación de evaporación determina la cantidad de vapor que la fábrica requiere, y por lo tanto el arreglo de los evaporadores es de gran importancia. El uso de múltiples efectos de evaporación en serie hace posible reducir la demanda de vapor, por lo cual la mayor parte del agua es evaporada mediante éste proceso. El máximo límite de concentración de la meladura se encuentra en las condiciones de saturación donde comienza la cristalización (Rein, 2012).

### **2.8.7 Cristalización**

El proceso de cristalización consiste en iniciar el desarrollo de los cristales de sacarosa. El método más usado es por semillamiento, en este procedimiento la solución azucarada de pureza definida se concentra en el tacho operado a un vacío de alrededor de 24 "hg, llevando la concentración de la misma hasta alcanzar un coeficiente de sobresaturación (SS) de entre 1.00 y 1.25. A la región comprendida en este rango de sobresaturación se le conoce como zona metaestable, correspondiente a unos 80° a 81° brix, su característica principal es que en esta zona los cristales crecen de tamaño, pero no aparecen espontáneamente nuevos núcleos de cristalización o cristales nuevos. En este punto se agrega una cantidad determinada de semilla y se mantiene el régimen de evaporación agregando agua caliente, lo que permite apartar la viscosidad alrededor de los cristales y permite que se definan las caras del cristal (aclaramiento o seba). Cuando el grano está adecuadamente definido, se fija el vacío del tacho a 26 "hg, y se inicia la alimentación con solución de material azucarado, es decir, meladura o miel (Cengicaña, 2014).

Las altas densidades reducen el consumo de vapor y acortan la duración del ciclo, pero una densidad demasiado alta puede implicar el riesgo de producir conglomerados y falso grano. Cuanto más pequeños sean los cristales, mayor será el área superficial por unidad de peso disponible para el depósito de sacarosa proveniente de las aguas madres durante el cocinado y el enfriamiento. Si otros factores permanecen constantes, la rapidez con que las aguas madres son agotadas en cuanto a sacarosa recuperable es directamente proporcional al área superficial de los cristales en la masa

cocida. Por tanto, con cristales más pequeños debe ser posible obtener la ventaja ya sea de una miel final de menor pureza o bien de una miel de la misma pureza en menos tiempo (Janes, 1991).

Por otro lado, mientras más pequeños sean los cristales, menor será la eficiencia de las centrífugas y mayor la cantidad de melazas que se volverán a evaporar con el azúcar crudo de baja pureza. A pesar de que el tamaño óptimo de los cristales durante el purgado de masas cocidas de baja pureza varía considerablemente, dependiendo de las condiciones locales, el tamaño promedio usualmente está entre 0.2 y 0.4 milímetros. El objetivo de la cristalización es producir cristales de sacarosa en condiciones óptimas para separación posterior, agotar al máximo el contenido de sacarosa del producto residual del proceso, melaza o miel final, operar la evaporación con el tipo y cantidad de vapor disponible y evitar hasta donde sea posible la descomposición térmica de la sacarosa. En el proceso están involucrados los siguientes productos: masa cocida, miel y miel virgen (Janes, 1991).

Se emplea actualmente un sistema de tres masas, el cual produce masas de tercera, que se purgan y producen miel final para la venta y magma de tercera. El magma de tercera sirve de semilla para producir masas de segunda, las cuales al purgarse producen miel B que se procesa y magma de segunda. El magma de segunda sirve de semilla para las masas de primera, las cuales se purgan y producen azúcar para la venta y miel A la cual se procesa. La pureza esperada o pureza ideal es aquella que representa a una melaza totalmente agotada (Ordoñez, 2004).

### **2.8.8 Centrifugación o purga**

La masa cocida proveniente del cristalizador se carga a máquinas giratorias de alta velocidad, conocidas como centrífugas. Es un tambor cilíndrico suspendido de un eje, el tambor tiene paredes laterales perforadas. El revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar lavada, la miel pasa a través de las telas debido a la fuerza centrífuga (Janes, 1991).



La centrifuga separa los cristales de sacarosa y la miel, mezclados en la masa cocida, dicho equipo está provisto de una canasta horadada, en cuyas paredes se encuentran fijadas telas filtrantes, con ciertos tamaños de apertura de agujero y la fuerza centrífuga hace salir la miel por los agujeros de las telas y de la canasta, los cristales de sacarosa son retenidos en las telas, posteriormente son descargados y conducidos por sistemas de transporte para su disposición y acondicionamiento (Cengicaña, 2014).

La purga tiene la función de separación de los cristales y la miel de una masa cocida, durante la operación de una centrifuga (Cengicaña, 2014).

### **2.8.9 Secado**

El azúcar libre de la miel se conduce hacia la secadora/enfriadora, la cual es un tambor giratorio horizontal con aspas, persianas o colmenas interiores que permiten el contacto del azúcar con aire caliente desde un extremo del tambor, para eliminar la humedad ligada al cristal, que es de aproximadamente 1% hasta llegar a la humedad de 0.035%. A su vez permite el contacto con aire frío por el extremo opuesto para el acondicionamiento térmico de los cristales, de modo que la temperatura de salida de la secadora sea muy cercana a la del ambiente, evitando así atterronamiento, debido al carácter higroscópico del azúcar (Ordoñez, 2004).

### **2.8.10 Empaque o envasado**

- **Empaque**

El azúcar se empaca en sacos, bolsas y paquetes variando en tamaño desde unos gramos hasta 1000 kg. Las presentaciones más comunes para el menudeo son la de 1 kg (o 2 lb) y 2 kg (o 5 lb) en bolsas de papel, mientras que para clientes comerciales usualmente es de 25 kg, 50 kg o 1 tonelada. Detalles sobre equipo, materiales y configuraciones disponibles para una operación moderna de empaque se pueden conseguir a través de un proveedor grande de plantas empacadoras (Rein, 2012).

- **Tolvas de empaque**

Los azúcares crudos generalmente no se desecan, pero es común la aplicación de vapor (generalmente sobrecalentado) en las centrífugas. El secado con aire caliente en desecadores verticales de bandejas rotatorias también sirve para enfriar el azúcar. Es usual llevar el azúcar crudo hasta la tolva por medio de un elevador al final, el azúcar cae en un esparcidor o ventilador que lo lanza al aire y hace que tenga lugar algún enfriamiento o evaporación. Este arreglo es especialmente importante si el azúcar será puesto en sacos, una práctica que está cediendo terreno rápidamente ante el manejo y almacenamiento a granel (Janes, 1991).

- **Pesaje del azúcar**

Antes de que el manejo a granel se hiciera una práctica universal, se usaban sacos o costales de 63.5 a 68.0 kg, 133 kg ó 150 kg en los diferentes países. Donde el azúcar es encostalada, balanzas automáticas con supervisión cuidadosa y ajustes frecuentes son suficientes para propósitos de control (Janes, 1991).

### **III. CONTEXTO**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL CONTEXTO**

La materia extraña en la agroindustria azucarera juega un papel muy importante, ya que es uno de los factores que limitan la recuperación de sacarosa en la fabricación de azúcar; aunque la caña es quemada antes del corte, ésta trae una parte de los siguientes componentes: hojas, raíces, cogollos, cepas, lalas pegadas por naturaleza al tallo y cañas secas, podridas o mamones que se agregan durante el corte y enchorre de la caña en los surcos. En el caso de la tierra, malezas y piedras se adhieren por efecto del alce, según sean las condiciones del terreno donde se esté cosechando.

En el Ingenio Magdalena se han practicado dos diferentes métodos para evaluar y cuantificar la materia extraña en la cosecha de la caña de azúcar, siendo el método de la uñada de alzada practicado desde el año 1989 y sonda mecánica (Core Sampler), en la zafra 2012-2013.

En el presente estudio de caso se analizaron los resultados obtenidos de los métodos practicados en el Ingenio Magdalena; se determinaron las diferencias del muestreo de materia extraña mineral, vegetal y total, según la base de datos correspondientes a los periodos de zafra 2011-2012 (alzadora) y zafra 2012-2013 con la implementación de la sonda mecánica (core sampler), una estación por donde pasan todos los camiones procedentes del campo de cosecha.

En el ingenio Magdalena, desde las zafras 1989-1990 el muestreo de materia extraña en caña recibida se realizaba por medio de alzada, cuantificando los siguientes factores: caña buena, caña seca y podrida, mamones, cogollos, hojas, tierra y piedras y otros. Para este sistema se empleaba una uña mecánica fija, acoplada a una alzada para tomar muestras de caña directamente de la jaula de transporte; a cada uñada era determinado el peso, que oscilaba entre 90 - 270 kg. Durante el muestreo se identificaban y separaban manualmente los componentes vegetales y minerales

presentes en la muestra; cada conjunto de componentes se pesaban y con base en los resultados se calculaba el porcentaje de materia extraña (en peso) presente en la jaula de transporte. En el Ingenio Magdalena con el método de muestreo de la alzada se realizaban 7,650 muestreos en una zafra de 170 días, con 15 frentes en operación, 3 turnos de 5 personas cada uno.

En el periodo de zafra 2012-2013 se inició el muestreo con sonda mecánica (core sampler). En este sistema se emplea una sonda mecánica oblicua vertical para tomar una muestra de caña directamente de la jaula de transporte, la cual ha sido pesada previamente. El peso de la muestra oscila entre 5 y 9 kg. Durante la evaluación se identifican y separan manualmente los componentes vegetales y minerales presentes en la muestra; cada conjunto de componentes es pesado y con base en los resultados se calcula el porcentaje de materia extraña (en peso) presente en la jaula de transporte.

### **3.2 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**

Ingenio Magdalena se encuentra ubicado en el interior de la finca Bugarvilia, en el municipio de la Democracia, del departamento de Escuintla, en el km 99.5 de la carretera hacia Sipacate, se desvía a 7 km de terracería hacia las instalaciones del Ingenio. La finca está ubicada a 107 km aproximadamente de la ciudad de Guatemala. Colinda al norte con la finca Santa Marta y Los Amigos, al sur con la finca Santa Ricarda, al este con el río Achiguate, y al oeste con la finca San Patricio (Corea, 2008).

La finca Bugarvilia está situada a 17° 07' 10" latitud norte y longitud oeste 90° 55' 48", a 50 msnm, con una precipitación pluvial de 1500 mm/año y una temperatura que oscila entre 20 y 30°C. Ubicada en la zona del bosque sub-tropical húmedo (Corea, 2008).

La extensión territorial de la finca Bugarvilia es de 1,315.77 ha, de las cuales 900 están sembradas con caña de azúcar, identificadas como lotes del 1 al 44 y las restantes ocupadas por oficinas administrativas, pistas de aterrizaje, áreas industriales, potreros, escuela, zanjones y rondas (Corea, 2008).

## IV. JUSTIFICACIÓN

La materia extraña vegetal y mineral que se incorpora con la caña durante la cosecha, constituye impurezas en el proceso industrial. Ralda (2002), concluyó que 1% de trash acumulado general, equivale a una baja de 1.03% en el rendimiento, que representa 6.50 kilos de azúcar por tonelada de caña. Estos números preocupan a la agroindustria azucarera, es por ello que unifican esfuerzos para determinar el método apropiado a sus condiciones para evaluar dicho material. En las investigaciones en marcha realizadas por Cengicaña, en cooperación con los ingenios, se busca establecer métodos de muestreo y técnicas analíticas para la evaluación de la materia extraña y medir su impacto en las diferentes etapas del proceso agroindustrial (Cenicaña, 2005).

La evaluación de la materia extraña en el Ingenio Magdalena ha sido con uñada de alzadora y con sonda mecánica, cada método con sus propios instructivos que dirigen la operación, que de una u otra manera contribuyen en la generación de información para conocer la calidad de caña que ingresa a fábrica y tomar decisiones para mejorarla.

Cada uno de los métodos aplicados, han generado información útil en la corrección de la operación de corte y alce, que son divulgados a los frentes de corte, una semana después de efectuado el muestreo; sin embargo, dicha información, aunque se encuentra en una base de datos como datos históricos, no ha estado sujeta a una descripción, análisis y discusión detallada de manera integrada. Se pretende, mediante determinación de ventajas y desventajas de cada método, análisis de eficiencia, variación de los valores, etc., contribuir con el mismo Ingenio y con la agroindustria, con aportes de este estudio para la estandarización de métodos de cuantificación de materia extraña.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1 OBJETIVO GENERAL**

Comparar dos métodos de muestreo para detección de materia extraña (trash) mineral, vegetal y total de la caña cosechada que ingresa al Ingenio Magdalena.

### **5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar la eficiencia de dos métodos de muestreo de materia extraña, usando ñada de alzadora y sonda mecánica (core sampler).
- Determinar la variación de los porcentajes de materia extraña, cuantificados a partir de los métodos ñada de alzadora y sonda mecánica.
- Describir las ventajas y desventajas de los métodos de muestreo de materia extraña, si se utiliza la ñada de alzadora y si utiliza la sonda mecánica.
- Determinar el costo de las muestras, según sea el método de ñada de alzadora o sonda mecánica.

## **VI. METODOLOGÍA**

### **6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y PROCEDIMIENTOS**

Para realizar el presente estudio, se solicitó autorización del Gerente de Gestión de la calidad, para consultar y analizar las bases de datos del periodo 2011-2013 de muestreos de materia extraña. Se utilizó la información de la base de datos del sistema de laboratorio del Ingenio Magdalena, e información de las experiencias obtenidas por medio de una encuesta de 5 preguntas (ver anexo 1).

### **6.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se hicieron visitas al laboratorio de caña, con el objetivo de adquirir las bases de datos de los muestreos de cada método durante los años en estudio, 2011-2013. Principalmente al sistema histórico de muestreos de materia extraña.

Así también se realizaron visitas a los departamentos de campo, cosecha y fábrica, aplicando la encuesta que se muestra en el anexo 1; con el propósito de generar evidencia documental de usuarios de la información.

En la semana uno del primer mes, se efectuó una visita a las oficinas del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), con el fin de obtener información de los dos métodos de muestreo que existen en la agroindustria azucarera guatemalteca.

Luego, durante las semanas dos, tres y cuatro del primer mes, se visitó el laboratorio de caña del Ingenio Magdalena, con el objetivo de conocer las bases de datos en Excel de los muestreos realizados en el periodo 2011-2013, y así mismo se conocieron los instrumentos que se utilizaron para cada método.

La primera semana del segundo mes, se tuvo una capacitación del sistema de trash en el Departamento del mismo nombre, dieron el acceso a los sistemas de información históricos y se procedió a consultar los mismos.

Durante la segunda y la tercera semana del segundo mes se realizó la clasificación y ordenamiento de los datos obtenidos.

La última semana del segundo mes y primera del tercer mes se ocuparon para el análisis de la información. Y las últimas tres semanas del tercer mes se hizo la redacción del informe final.

## **6.3 VARIABLES DE ESTUDIO**

### **6.3.1 Tiempo de muestreo**

Se obtuvieron datos de tiempos perdidos de un reporte de fabricación, en donde se lleva un control de las horas eficientes del ingenio y horas en que el mismo detiene su molienda, por cualquier situación de falta de caña, accidentes en carreteras, caminos en mal estado, etc. El tiempo en minutos por muestra, se calculó de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Tiempo en minutos/muestra} = \{(T.h.m. - T.h.p) / T.m.e\} * 60$$

De donde:

T. h. m. = Total horas moliendo

T. h. p. = Total horas paradas

T. m. e. = Total muestras ejecutadas

### **6.3.2 Variación de los porcentajes de materia extraña**

Con base a la información de las bases de datos de ambas zafras (2011-2012 y 2012-2013), se elaboraron las gráficas por zafra con los porcentajes de materia extraña vegetal, mineral y total en el eje de las “Y”, y en el eje de las “X”, los diferentes frentes de cosecha, al final, se integró en una sola gráfica el total del % la materia extraña.



### **6.3.3 Porcentaje de materia extraña**

Se realizó la medición del porcentaje de materia extraña incluidos en la caña a proceso de molienda, utilizando datos de moliendas de los últimos reportes de fabricación de las zafras 2011-2012 y 2012-2013 y empleando la siguiente relación:

$$\% \text{ de materia extraña} = T. t. m. ex * 100 / T. t. i. c. m. =$$

En donde:

T. t. m. ex. = Total de toneladas de materia extraña (reporte final de fabricación).

T. t. i. c. m. = Total de toneladas ingresadas de caña molida (reporte de fabricación).

### **6.3.4 Porcentaje de caña molible**

Se efectuó el cálculo de porcentaje de caña molible, tomando datos de los reportes finales de las zafras 2011-2012 y 2012-2013 y de acuerdo a la siguiente relación:

$$\% \text{ de caña molible} = T. t. c. m. r. * 100 / T. t. c. m.$$

En donde:

T. t. c. m. r. Total de toneladas de caña molible real

T. t. c. m. Total de teórico caña molida

El termino: Teórico caña molida equivale al peso total de báscula, como si no llevara materia extraña y el termino: Caña molida Real, es el peso total de la caña en báscula, menos el peso de la materia extraña.

### **6.3.5 Costo por muestra según tipo de muestreo**

Se efectuó el cálculo del costo, tanto de la mano de obra como también de los materiales y equipos que se utilizaron para cada método de muestreo; relacionándolo con el total de análisis de muestras ejecutados de las zafras 2011-2012 y 2012-2013. El cálculo se efectuó de acuerdo a la siguiente relación:

$$\text{Costo/muestra} = (\text{Total de Quetzales de Mano de Obra} + \text{Costo estimado de material y equipos}) / \text{Total de muestras ejecutadas por zafra.}$$

## **6.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **6.4.1 Análisis estadístico**

Los datos recopilados, fueron analizados mediante cuadros y gráficas de tendencia o comportamiento en el tiempo, así como, una comparación con el estadístico de prueba “t de Student”, con una significancia de 5 %; para determinar si hay diferencias significativas entre los valores de los dos métodos de muestreo.

### **6.4.2. Costo por método**

Se efectuó el cálculo de costo por muestra según tipo de metodología, utilizando un presupuesto parcial.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 INTERVENCIÓN

En el año 1980 la empresa Ingenio Magdalena S. A, inicia la operación industrial en la finca Bugarvilia, La Democracia, Escuintla. En sus inicios, Ingenio Magdalena solo se dedicaba a producir mieles vírgenes para la producción de alcohol.

En 1983 Magdalena vive su primera zafra de azúcar, produciendo azúcar crudo, el cual fue destinado para venta local. Se contaba con un laboratorio de control de calidad sencillo y se cuantificaba la polarización por medio de un polarímetro de cañón, el grado brix de los materiales azucarados se determinaba con hidrómetros, determinándose el brix hidrométrico. La calidad de la caña se muestreaba y analizaba a través de un pequeño molino cañero.

En la zafra 1990 – 1991, se optó por tener un método de muestreo manual de caña, haciéndose de la siguiente manera: se muestreaba en cada turno de 8 horas 2 camiones de cada frente de corte, existiendo 8 frentes de corte con los códigos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 15, del 1 al 7 manuales y el 15 frente mecanizado en verde; el analista (mustrero) procedía a preguntar en báscula de dónde provenía el camión que estaba en la plataforma y con su libreta en mano veía si el frente había sido muestreado o no, en este último caso se procedía a muestrear de la siguiente manera: Se tomaba el frente de procedencia de la caña, ID de camión (código del camión), ID de la jaula, para luego tomar de diferentes partes de la misma 5 cañas, luego se partían en trozos y se amarraban, se etiquetaban con toda la información anterior y enviarlas al laboratorio y ver la calidad de pureza de la caña. En ese entonces no se veía la calidad (limpieza) con la que la caña venía del campo hacia la fábrica; un año después se empezó a tomar en cuenta la calidad por medio de una alzadora (marca John Deere, tipo 1850), donde se medían los siguientes factores: cogollos, cañas secas, cañas podridas, mamones, hojas, raíces, cepas, tierra y piedras. En esta edición se controlaba la materia extraña que provenía del campo y que dificultaba tanto el lavado de la caña, la extracción y la clarificación del jugo.

Durante la zafra 2002-2003 se instaló un core sampler horizontal, el cual operó 2 años. Posterior a ello en la zafra 2006-2007 se instaló el equipo de core sampler oblicuo para la medición de la calidad de la caña (pureza), mientras tanto, la evaluación de materia extraña se realizaba con muestras de caña tomadas con alzadora, realizando la separación física de los distintos componentes.

En la zafra 2012 – 2013 el Gerente de Operaciones del Ingenio, tomó la decisión de realizar los muestreos de materia extraña con el core sampler (sonda oblicua de 8”), marca Moto Cana de origen brasileño. Con dicha máquina mecánica-eléctrica se toma la muestra para determinar la pureza de la caña proveniente del campo, como también una porción de la misma para evaluar la cantidad de materia extraña que viene con la caña de cosecha. Con este nuevo método se miden tres factores: caña buena, materia extraña vegetal y materia extraña mineral, el cual se divulga diariamente en el reporte de la calidad de la caña por lote.

## **7.2 RESULTADOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO**

En Ingenio Magdalena es necesario documentar el comportamiento de los resultados de cada método en la identificación y cuantificación de la materia extraña que ingresa juntamente con la materia prima (caña de azúcar).

Durante la aplicación de los dos métodos de muestreo: Zafra 2011-2012 y zafra 2012-2013 respectivamente, se fueron registrando los datos en un sistema llamado sistema de trash con código interno “Ptimovim” en el laboratorio. La información del sistema de datos fue exportada a excel, tabulada por zafras, para alcanzar el objetivo del estudio de caso: “Comparar dos métodos de muestreo para detección de materia extraña (trash) mineral, vegetal y total, de la caña cosechada que ingresa al Ingenio Magdalena”.

### 7.2.1 Tiempo en minutos de muestreo

El tiempo de muestreo es importante, porque determina la cantidad de muestras a realizar durante una jornada de 24 horas; el número de muestras a realizar da validez a los resultados e implica que se tiene más cobertura, considerando que la caña que ingresa a la fábrica procede de diferentes lugares y por ende de diferentes condiciones, tales como: variedad, estratos altitudinales, tipo de corte, etc., por tanto, mientras más muestras sean tomadas, más relevante y representativa es la información.

El tiempo empleado para la realización de cada una de las muestras por método, se presentan en los cuadros 2.

Cuadro 2. Tiempo de muestreo por método utilizado

<b>Método Utilizado</b>	<b>Total horas moliendo</b>	<b>Total horas paradas</b>	<b>Total horas reales molienda</b>	<b>Total Muestras</b>	<b>Tiempo en minutos por muestra</b>
<b>Alzadora (zafra 2011-2012)</b>	3,858	273	3,585	7,650	28.12
<b>Core sampler (zafra 2012-2013)</b>	4,240	304	3,936	35,880	6.58

Como se observa en el cuadro 2, la ejecución por cada muestra es de 28.12 minutos con el método de alzadora; mientras tanto, con el nuevo método core sampler se emplean solamente 6.58 minutos.

No obstante, al número de horas de molienda, que fue mayor en la zafra 12-13, el tiempo utilizado para la toma de muestra fue menor, es decir, 6.58 minutos. El tiempo mayor para las zafras anteriores fue debido a que se invirtieron minutos para la selección de factores y el mismo peso de la muestra que es de 270 kilogramos. Mientras tanto con el método actual, los factores están unificados y el tamaño de muestra es de 9 kilogramos.

## 7.2.2 Variación de los porcentajes de materia extraña

De acuerdo a CENICAÑA (2005), la materia extraña es todo aquel material de origen vegetal o mineral que se mezcla con los tallos de caña cosechados y aptos para la molienda, que no es un tallo de la caña. Estos materiales pueden contener niveles de sacarosa que no son extraíbles por la fábrica de forma económica.

Como la materia extraña influye en la extracción de sacarosa, de la cual depende el rendimiento (kg de azúcar por tonelada de caña) y mantenimiento de la maquinaria, se hace necesario crear acciones para disminuirla, y para ello se requiere que se tengan datos no estimados sino reales, para proponerse metas de reducción.

En las figuras 3, 4 y 5 se presentan gráficamente los valores en porcentaje (%) reales de la materia extraña vegetal y mineral por frentes de cosecha y porcentaje total por día respectivamente de la zafra 2011-2012.

En la figura 3. Se observa un comportamiento regular de valores en % de materia extraña vegetal en los frentes de corte (zafra 2011-2012), con excepción de los frentes 15 y 16, que son de corte mecanizado cuya adición de materia extraña vegetal es mayor que un frente de corte manual.

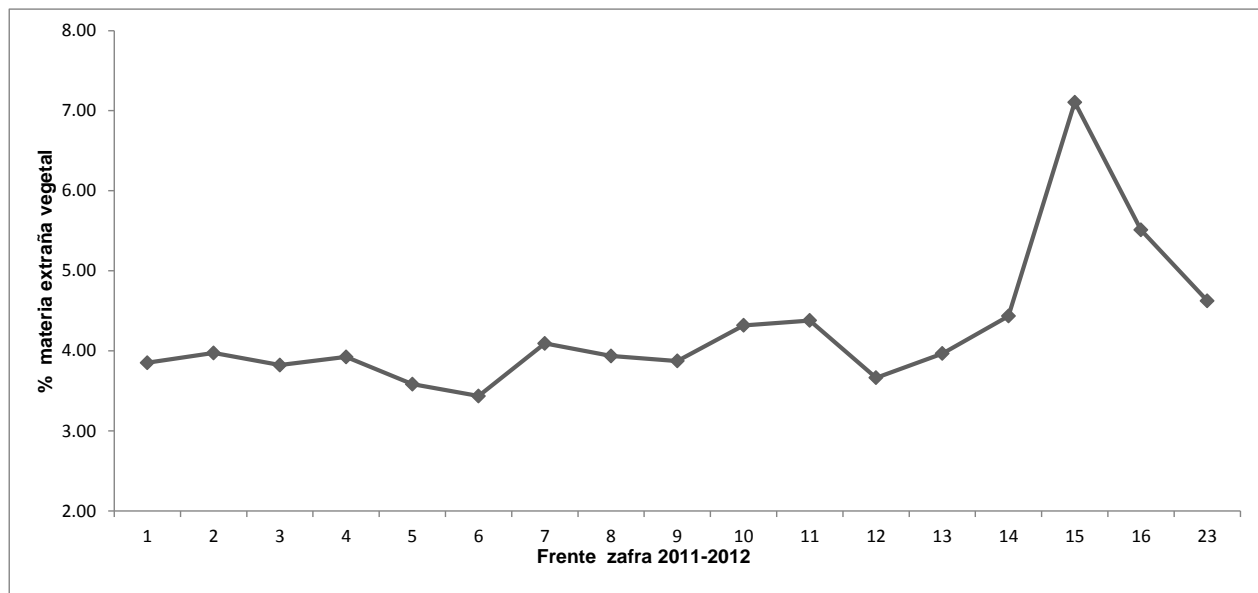


Figura 3. Comportamiento del porcentaje de materia extraña vegetal, por frente de corte método alzadora, 2011-2012.

Por otro lado, la materia extraña mineral está compuesta por arena, suelo y piedras, estos componentes de la materia extraña mineral se presentan en mayor abundancia, cuando durante la cosecha se registran lluvias. Son los más indeseables entre las impurezas que acompañan la caña, debido a sus efectos negativos en la recuperación de azúcar, ya que son altamente abrasivos. Por la dificultad de separar la materia extraña mineral del material vegetal, todo en su conjunto se llama cepa y hace parte del componente mineral de la materia extraña que afecta directamente al contenido de grados brix en el jugo y el mantenimiento tanto de los equipos de molinos y clarificación.

En la figura 4. Se observa como el comportamiento del % de materia extraña mineral, va variando de un frente a otro (zafra 2011-2012). Los frentes 1, 2, 5, 8, 9, 10, 11, y 14 cosechan cañales en suelos bastante húmedos como secuela de la época lluviosa y por tal motivo sus porcentajes son variables; podemos observar en la gráfica de precipitación pluvial estrato bajo que la semana 42 tercer semana de octubre (2011) que se tuvo una precipitación pluvial de 253.97 mm. durante una semana (Precipitación pluvial estrato bajo, anexos).

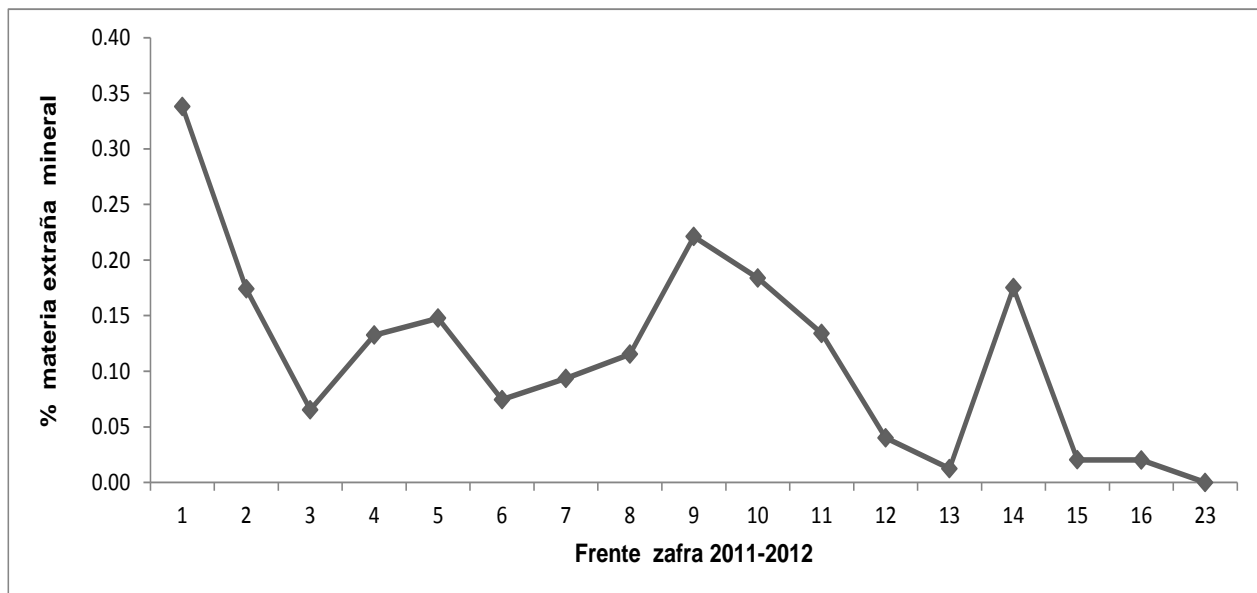


Figura 4. Variación del % de materia extraña mineral por frente de corte método alzadora, 2011-2012.

Con relación a la materia extraña total, Ralda (2002), reporta que dicha materia causa daños; la obtención de 1% de trash da como resultado a una baja de un 1.03% en el rendimiento, que equivale a 6.50 kilogramos de azúcar por tonelada de caña.

De ahí, la importancia de representar los datos o porcentajes de materia extraña total de las zafras en estudio, para estimar datos de pérdida de caña por materiales extraños, tanto vegetal como mineral.

La línea de tendencia en la figura 5 ilustra la relación entre fechas de corte y % de materia extraña total de la zafra 2011 – 2012. Nótese que la pendiente de la línea de tendencia es negativa, según la ecuación  $y = -0.0076x + 316.15$ , es decir una pequeña disminución del porcentaje conforme avanza la zafra.

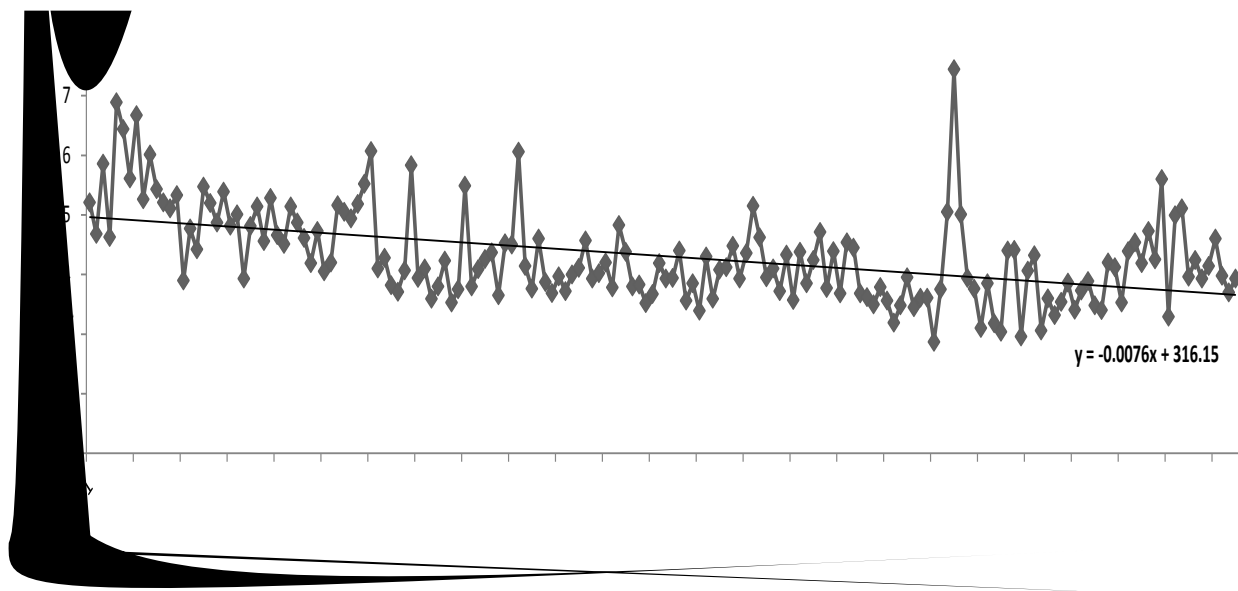


Figura 5. Tendencia del % de materia extraña total método alzadora, 2011-2012.

En las siguientes figuras 6, 7, y 8 se presentan gráficamente los valores en % de la materia extraña vegetal y mineral por frentes de cosecha y porcentaje total por día respectivamente de la zafra 2012 - 2013.

En la figura 6; se presentan los promedios de porcentajes de materia extraña vegetal por frente en la zafra 2012-2013, siendo ligeramente variable en los frentes codificados del 1 al 14 y del 30 al 32; mientras tanto, los frentes codificados del 15 al 25 registraron



porcentajes superiores a los otros; estos últimos se ven influenciados porque son de frentes de cosecha mecanizadas, durante la cual se aplica la quema de caña, el corte y despunte mecánico y un ventilador de desbasurado; lo que implica que la caña se transporta con otros factores de material extraña (mamones, cañas secas, cañas podridas, lalas, pacayas y puntas), aunque las cuchillas descogolladoras son graduadas, los cañales no son uniformes en altura.

Un análisis de coeficiente de variación (CV) tomando como referencia el comportamiento de la materia extraña vegetal por frentes de corte, de la zafra 2012 – 2013, generó un valor de 10.31.%; que al separar valores de frentes manual y mecanizado se obtuvo un valor de 6.28 % para frentes manual y 13.71 % para frentes de corte mecanizado. Por lo tanto, se tiene que los frentes mecanizados son los más variables en los valores de porcentajes de materia extraña vegetal en la zafra 2012-2013.

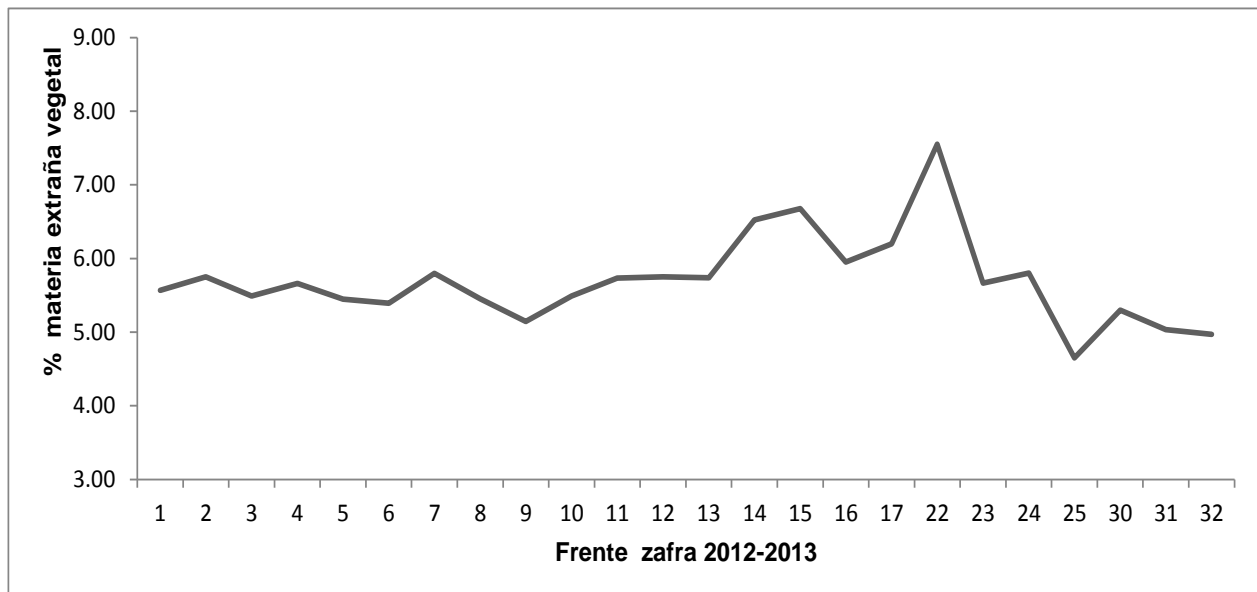


Figura 6. Comportamiento del % de materia extraña vegetal método core sampler, 2012-2013.

Mientras que en la figura 7; se da a conocer el comportamiento del porcentaje promedio de materia extraña mineral de la zafra 2012 - 2013 por frente de corte. Se observa un valor alto para el frente 14 de corte manual; mientras tanto, los frentes mecanizados,

desde el frente 15 hasta el frente 25, el comportamiento de los valores es con poca variación entre ellos.

En un análisis de coeficiente de variación para la totalidad de datos mostrados en la gráfica, se obtuvo 22.73%; y de manera separada tanto frentes de corte manual y mecanizados, se tiene que es de 24.17 y 16.36% respectivamente. Por lo tanto se demuestra que el valor alto pertenece al frente 14, altera significativamente la variación del porcentaje de los frentes manuales.

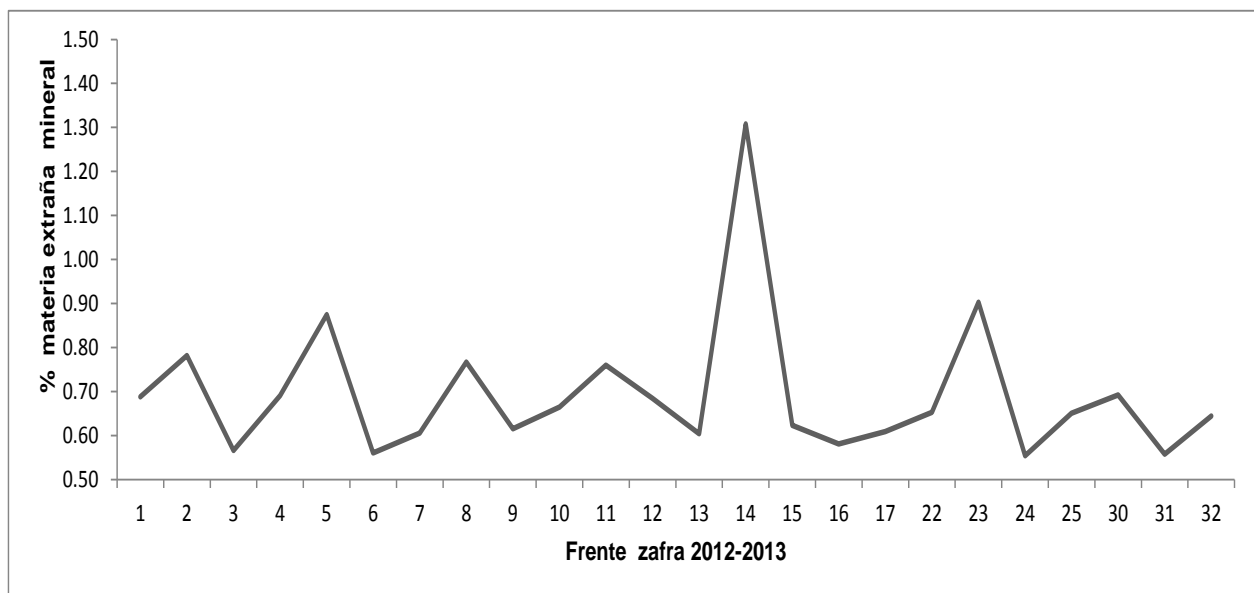


Figura 7. Comportamiento del % de materia extraña mineral método core sampler, 2012-2013.

La línea de tendencia en la figura 8 ilustra la relación entre fechas de corte y % de materia extraña total de la zafra 2012 – 2013. Nótese también, que la pendiente de la línea de tendencia es negativa, según la ecuación  $y = -0.0231 x + 960.89$ , indicando que al inicio de la zafra, los valores de la materia extraña total son altos y disminuye ligeramente, de acuerdo al avance de la zafra; sin embargo, al final del período, nuevamente se incrementa por efecto de algunas lluvias al final de la zafra.

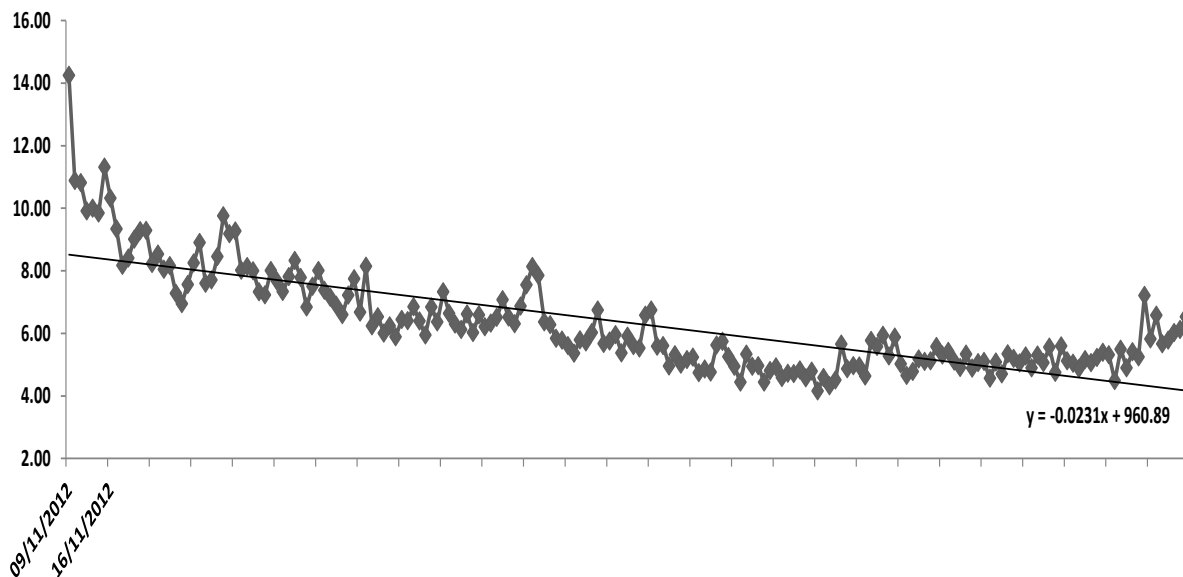


Figura 8. Tendencia del % de materia extraña total método core sampler, 2012-2013.

Los valores en % de materia extraña total de las zafras en estudio fueron comparadas en una sola (figura 9) para observar el comportamiento durante los periodos de cosecha.

En la figura 9; observamos el comportamiento de los valores de porcentajes de la materia extraña total por día, de las zafras en estudio, 2011-2012 y 2012-2013; gráficamente notamos una diferencia al inicio de la zafra, siendo los valores registrados en la zafra 12-13 en donde se registran porcentajes mayores y después de transcurrir el 50 % del período, los valores casi son similares. Para darle soporte al análisis, se efectuó una prueba *t* de Student, (cuadro 3) para dos muestras suponiendo varianzas iguales (prueba independiente), al 5% de significancia, con este análisis se comprobó que entre ambas zafras, no hay diferencia significativa, entre los valores de % de materia extraña total, esto quiere decir que los dos métodos generan información o valores confiables para toma de acciones para manejar la materia extraña que acompaña la caña que ingresa a la fábrica.

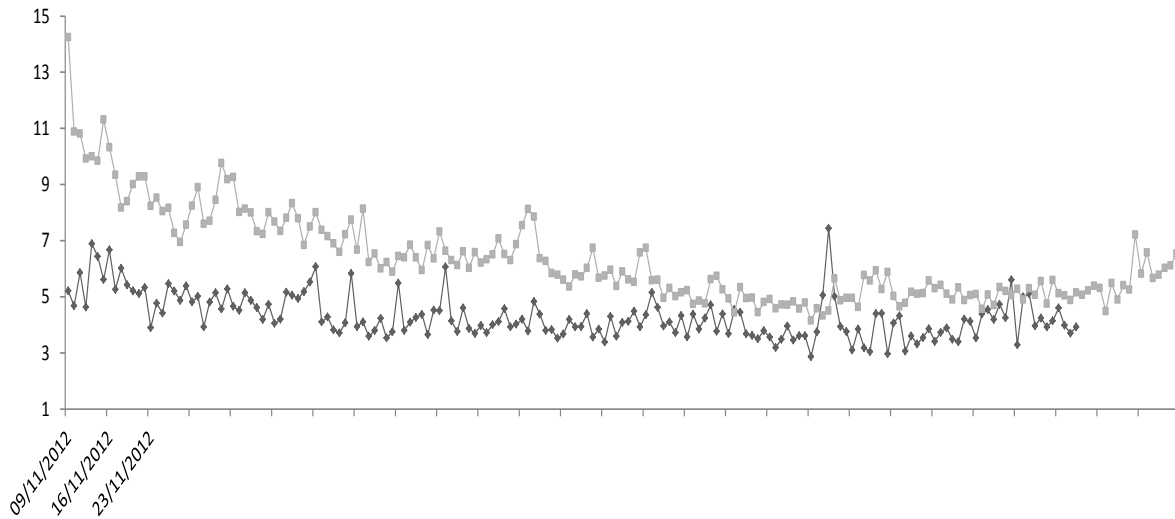


Figura 9. Comportamiento de la materia extraña total, por día, por método alzóadora, 2011-2012 y método core sampler, 2012-2013

Cuadro 3. Tabla t de Student para dos muestras suponiendo varianzas iguales.

	Zafra 11-12	Zafra 12-13
Media	4.311221	6.345416
Varianza	0.6046131	2.5903679
Grados de libertad	359	
Estadístico <i>t</i>	-15.05277	
P(T<=t) una cola	2.4228E-40	
Valor crítico de t (una cola)	1.6491092	

### 7.2.3 Porcentaje de materia extraña, según reporte de fabricación

El lavado en Ingenio Magdalena se hace en seco, esto consta de tres caídas que la caña sufre en su proceso de lavado, la primera es cuando la jaula es descargada en el tándem, en estos momentos la caña suelta una parte de la materia extraña, luego al subir por un nivelador, cae por segunda vez, dejando otra porción de materia extraña, y la última caída es en una faja con dirección a los martillos y luego a la desfibradora. Al complementar las tres caídas, se recolecta una cantidad de materia extraña que viene

incluida en la totalidad de caña que ingresa a los tándems. Según la revista técnica mensual ATAGUA (2012), los beneficios que se obtienen del lavado en seco son los siguientes: recuperación de 1.39 kg de azúcar (envasado), incremento la producción de miel final en alrededor de 6.08 por ciento en peso y disminución de la materia extraña final.

Sabiendo de los daños que ocasiona la materia extraña y de los beneficios del lavado en seco, se hace necesario conocer y manejar los porcentajes reportados por fabricación, de nueva cuenta se hace un análisis de los valores reportados que se muestran en los cuadros 4 y 5.

Cuadro 4. Porcentaje de materia extraña en la caña limpieza mesa seca 2011-2012.

<b>Zafra 2011-2012</b>		
<b>Total de toneladas ingresadas de caña molida</b>	<b>Total toneladas de materia extraña en la caña</b>	<b>Porcentaje de materia extraña en la caña</b>
<b>5,871,872.52</b>	<b>135,917.4</b>	<b>2.31%</b>

Cuadro 5. Porcentaje de materia extraña en la caña limpieza mesa seca, 2012-2013.

<b>Zafra 2012-2013</b>		
<b>Total de toneladas ingresadas de caña molida</b>	<b>Total toneladas de materia extraña en la caña</b>	<b>Porcentaje de materia extraña en la caña</b>
<b>6,930,375.82</b>	<b>120,512.63</b>	<b>1.74%</b>

En la figura 10. Se ilustra gráficamente el porcentaje de materia extraña contenidos en las toneladas ingresadas, reportadas por fabricación. Para la zafra 2011-2012, se reportó 2.31% de materia extraña, lo contrario de la zafra 2012-2013, ya que solo se reportó 1.74%, teniendo así un diferencia por zafra de 0.57.

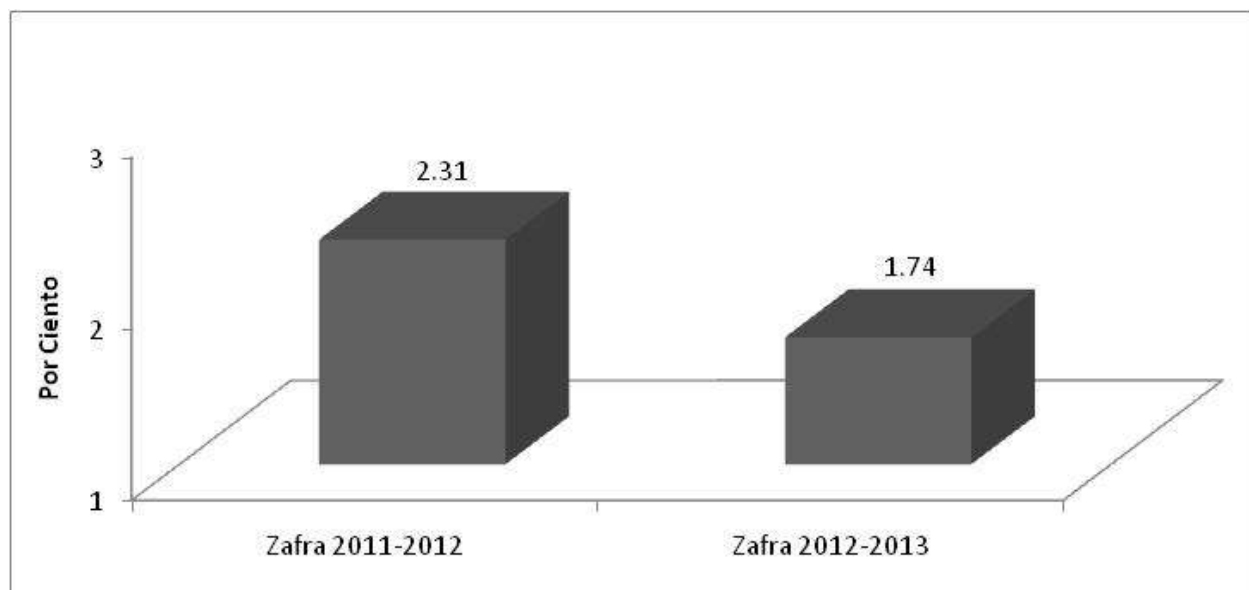


Figura 10. Porcentaje de materia extraña limpia mesa seca de las zafras 2011–2012 y 2012-2013.

#### 7.2.4 Porcentaje de caña molible

En los cuadros 6 y 7 se incluyen las cantidades de toneladas de caña molida y su equivalente en % para las 2 zafras.

Cuadro 6. Porcentaje de toneladas molidas limpia mesa seca 2011-2012

<b>Zafra 2011-2012</b>			
Total ingreso de caña en toneladas	Total toneladas de materia extraña en la caña limpia mesa seca	Toneladas molidas	Porcentaje de toneladas molidas
<b>5,871,872.52</b>	<b>135,917.4</b>	<b>5,735,955.12</b>	<b>97.69%</b>

Cuadro 7. Porcentaje de toneladas molidas limpia mesa seca 2012-2013

<b>Zafra 2012-2013</b>			
Total ingreso de caña en toneladas	Total toneladas de materia extraña en la caña limpia mesa seca	Toneladas molidas	Porcentaje de toneladas molidas
<b>6,930,375.82</b>	<b>120,512.63</b>	<b>6,809,863</b>	<b>98.26%</b>

En la figura 11. Observamos el porcentaje de caña molible para la zafra 2011-2012 y zafra 2012-2013; en la primera se reportó 97.69 % de caña molida y para la siguiente fue de 98.26 %; hubo un incremento de caña molible de 0.57 % más que la zafra 2011-2012.

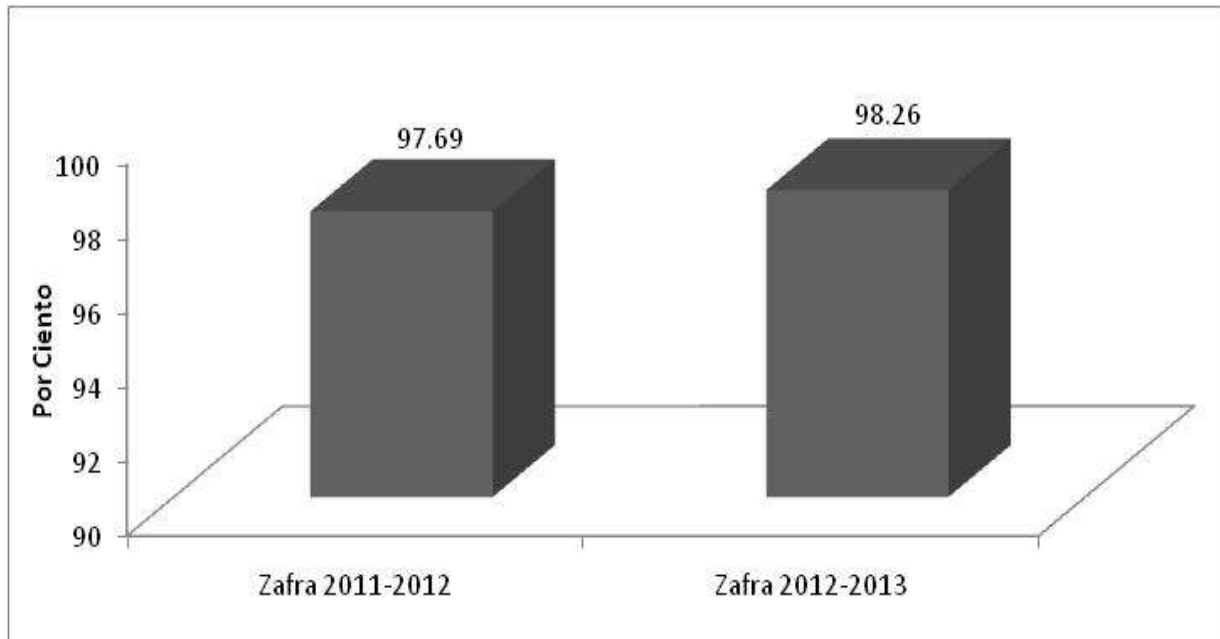


Figura 11. Porcentaje de caña molible de las toneladas ingresadas limpia mesa seca, de las zafras 2011–2012 y 2012-2013.

### 7.2.5 Costo por muestra según tipo de muestreo

De los análisis anteriores, se pueden comparar los beneficios de cada uno de los métodos de muestreo; sin embargo, hace falta tomar en cuenta el costo de cada uno de los métodos de muestreo en estudio.

Se consideran solamente los costos relacionados y que difieren con cada uno de los métodos de muestreo, como por ejemplo el cambio de metodología, técnica y/o maquinaria, también está afectado por la mano de obra; es decir, lo que constituye un presupuesto parcial, para ello se requiere que se utilice una medida común, ya que no es posible sumar horas de trabajo, horas de maquinaria, cantidad de herramienta, etc. Por lo que, el valor de los factores están calculados en unidades monetarias, para generar un costo por muestra según sea el método utilizado.

En algunos casos, cuando se utiliza maquinaria y/o equipo ya existente, el costo es menor; como el caso del método de Core Sampler, considerándose el muestreo de materia extraña, como un valor agregado; pues, el propósito principal de usar dicha maquinaria es para determinación de grados pureza de la caña.

Cuadro 8. Costo de una muestra utilizando alzadora, zafra 2011 - 2012

**a) Mano de obra**

Puestos.	Por catorcena	Cantida personas	Total catorcena	Total 14 catorcenas
Un Operador Alzadora Trash	Q 1,713	3	Q 5,138	Q 71,930.25
Ayudante	Q 1,656	12	Q 19,876	Q 278,261.20
<b>Sub-total</b>	<b>Q 3,369</b>	<b>15</b>	<b>Q 25,014</b>	<b>Q 350,191.45</b>

b) Equipo y herramienta	UM	Costo Unitario	Cantidad Utilizada	Costo total
Machetes	UN	Q 24.00	18	Q 432.00
Limas	UN	Q 7.50	24	Q 180.00
Lona	UN	Q 3,000.00	2	Q 6,000.00
Horas alzadora	HR	Q 169.15	1395	Q 235,964.25
Báscula	UN	Q 127,500.00	1	Q 127,500.00
<b>Sub-total</b>		<b>Q 130,700.65</b>	<b>1440</b>	<b>Q 370,076.25</b>

<b>Total</b>				<b>Q 720,267.70</b>
Cantidad análisis				<b>7,650</b>
Costo por análisis				<b>Q 94.15</b>

En el cuadro 8. Se muestran los costos tanto de la mano de obra, como también los costos de maquinaria, equipo y herramienta por unidad, siendo para la zafra 2011-2012 un costo de Q 94.15/muestra.

Cuadro 9. Costo de una muestra utilizando Core Sampler, zafra 2012 - 2013

**a) Mano de obra**

Puestos.	Por catorcena.	Cantida personas	Total catorcena	Total 14 catorcenas
Analista de Trash	Q 1,816	6	Q 10,896	Q 152,544.00
Ayudante	Q 1,760	6	Q 10,560	Q 147,840.00
<b>Sub-total</b>	<b>Q 3,576</b>	<b>12</b>	<b>Q 21,456</b>	<b>Q 300,384.00</b>

b) Equipo y herramienta	UM	Costo Unitario	Cantidad Utilizada	Costo total
Botes	UN	Q 46.00	18	Q 828.00
Lona	UN	Q 3,000.00	1	Q 3,000.00
Mesas	HR	Q 10,000.00	3	Q 30,000.00
Bascula	UN	Q 3,600.00	3	Q 10,800.00
<b>Sub-total</b>		<b>Q 16,646.00</b>	<b>25</b>	<b>Q 44,628.00</b>

<b>Total</b>				<b>Q 345,012.00</b>
Cantidad análisis				<b>35,880</b>
Costo por análisis				<b>Q 9.62</b>



En el cuadro 9, se muestran los costos de mano de obra, maquinaria, equipo y herramienta por unidad, cuando se utiliza el método de Core Sampler, siendo para la zafra 2012-2013 un costo de Q 9.62/muestra.

## 7.2.6 Resultados de las encuestas

A continuación se presentan los resultados de las encuestas realizadas en las distintas áreas; donde se entrevistaron a usuarios de la información, que pudieran estar afectados por la existencia de materia extraña en la caña entregada (cuadros 10, 11, 12, y 13). Los datos fueron tabulados por puesto de trabajo, preguntas, número de entrevistados y la descripción de las ideas relevantes del personal de las áreas de clarificación del jugo, jefes de frentes, molinos fábrica y patio de caña.

Cuadro 10. Resultados de las entrevistas a usuarios de la información de trash en el puesto de clarificación del jugo.

<b>Matriz de resultados de encuesta, opiniones respecto a uso de dos métodos de muestreo de materia extraña.</b>			
<b>Puesto: Clarificación fábrica</b>			
<b>No.</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Entrevistado 1</b>	<b>Entrevistado 2</b>
1	Como usuario, ¿en que le afecta el trash a usted?	En la clarificación del jugo	En la clarificación del jugo
2	¿Que ventajas y desventajas encuentra usted entre estos dos métodos de determinar el trash en Ingenio Magdalena?.	No tengo diferencia ya que e visto los dos métodos y cada quien sabe para que le sirven los datos.	La rapidez de muestreo en la sonda, pero se queda a tras en informar a cosecha que factor es el que ellos tienen que supervisar mas y la alzadora si lo dice pero es mas lento el proceso de análisis.
3	¿Que dificultad de medición cree usted que no está bien en la actual medición del trash en Ingenio Magdalena?.	Tal vez la porción de muestras que se esta sacando muy poca.	Las condiciones de medición.
4	De acuerdo a su experiencia, ¿cual es el trash más dañino el vegetal o el mineral?.	Para mi son los dos.	Los dos.
5	De acuerdo a su experieque, ¿Qué método es el más representativo para la cuantificación de trash?	Sonda mecanica	Sonda mecanica

En el cuadro 10. La matriz de resultados del área de clarificación de jugo; los entrevistados coincidieron en considerar que afecta la clarificación del jugo; mientras que como ventajas o desventajas, manifestaron la rapidez de muestreo con la sonda, pero la información llega tarde a las fincas para coordinar la supervisión del factor relevante.

Con relación a la dificultad del nuevo método; se refirieron a la cantidad de material a extraer es relativamente poca y las condiciones de medir los cañales es bastante heterogénea por la gran extensión del cultivo que existe. Mientras tanto, de la clasificación del material extraño como mineral y vegetal, es considerada por los entrevistados como dañinos.

El personal entrevistado, habiendo manejado los dos métodos; consideran que el método de la sonda mecánica es el más representativo para la cuantificación de la materia extraña.

Cuadro 11. Entrevistas a usuarios de la información de materia extraña en el puesto de jefes de frentes.

<b>Matriz de resultados de encuesta, opiniones respecto a uso de dos métodos de muestreo de materia extraña.</b>					
<b>Puesto: Jefes de frentes</b>					
<b>No</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Entrevistado 1</b>	<b>Entrevistado 2</b>	<b>Entrevistado 3</b>	<b>Entrevistado 4</b>
1	<b>Como usuario, ¿en que le afecta el trash a usted?</b>	En el rendimiento del personal.	En mis metas, los pesos de las jaulas.	En Kps, en insumos y los pesos de las jaulas.	En la calidad de la caña que uno entrega a la fábrica.
2	<b>¿Que ventajas y desventajas encuentra usted entre estos dos métodos de determinar el trash en Ingenio Magdalena?.</b>	La sonda si saca tierra por la profundidad de la misma y la garra solo saca caña de la superficie aveces trae tierra y aveces no.	La sonda da un promedio de 120 muestras diarias y la alzadora 54 diarios, la alzadora dice que es y la sonda no.	Los dos son buenos	Ambos son métodos buenos.
3	<b>¿Que dificultad de medición cree usted que no está bien en la actual medición del trash en Ingenio Magdalena?.</b>	La porción que sacan tal vez no es representativa	La porción que sacan tal vez no es representativa	Ninguna	para mi ninguno
4	<b>De acuerdo a su experiencia, ¿cual es el trash más dañino el vegetal o el mineral?.</b>	La tierra	La tierra, por que la basura puede decir por que fue.	Los dos por que son cuantificables en el día.	El mineral ya que cuando los campo estan humedos es exagerado.
5	<b>De acuerdo a su experieque, ¿Qué método es el más representativo para la cuantificación de trash?</b>	Sonda mecanica	Sonda mecanica	Sonda mecanica	Los dos

En el cuadro 11. La matriz de resultados del área de jefes de frente; argumentan que la materia extraña baja la eficiencia de los cortadores, también afectan las metas que les han asignado por frente de corte; mientras que como ventajas o desventajas,

manifestaron que la sonda extrae materia extraña mineral por su tipo de operación (se inserta dentro de la jaula), lo contrario del método alzadora (solo se extrae la muestra de la superficie).

El personal entrevistado, habiendo manejado los dos métodos; consideran que el método de la sonda mecánica es el más representativo para la cuantificación de la materia extraña, considerando que algunas personas todavía les brinda confianza el método de muestreo alzadora.

Cuadro 12. Entrevistas a usuarios de la información de materia extraña en el puesto de molinos fábrica.

Matriz de resultados de encuesta, opiniones respecto a uso de dos métodos de muestreo de materia extraña.				
Puesto: Molinos Fábrica				
No.	Preguntas	Entrevistado 1	Entrevistado 2	Entrevistado 3
1	Como usuario, ¿en que le afecta el trash a usted?	En los molinos siempre se busca obtener rendimientos adecuados y con basura no se obtienen.	En primer lugar en las cuchillas (demasiado basura atasca las mismas) y en los molinos las piedras etc. y los vegetales amortiguan los mismos y los acen menos eficientes.	En los molinos y las fajas que transportan el trash a los camiones que la llevan al campo de nuevo ya que tanta basura atasca los rrodillos de la fajas y atasca las cuchillas y troceadoras.
2	¿Que ventajas y desventajas encuentra usted entre estos dos métodos de determinar el trash en Ingenio Magdalena?.	Ventajas seria la sonda mayor número de muestras y desventaja es no poder cuantificar los componentes. Ventajas con la uñada es poder cuatificar partes innesarias en la fabrica y desventaja muy pocas muestras por día.	La sonda no dice que tipo de basura esta entrando y el cameco si dice que no es caña	Prefiero el de la sonda mecanica ya que es mas representativa.
3	¿Que dificultad de medición cree usted que no está bien en la actual medición del trash en Ingenio Magdalena?.	La clasificación de solo dos factores es un problema ya que la cosecha no saben si estan echando mamones, cañas secas, malezas o cogollos.	La sonda solo da mineral y vegetal y no dice si es hoja, cogollo, cañas podridas malezas u otros.	No saber que componentes integran el trash vegetal.
4	De acuerdo a su experiencia, ¿cual es el trash más dañino el vegetal o el mineral?.	El trash mineral por varias razones tales como; daño a molinos dificultad en claficar el jugo.	Los dos son dañinos	Por las piedras el mineral.
5	De acuerdo a su experieque, ¿Qué método es el más representativo para la cuantificación de trash?	Sonda mecanica	Alzadora	Sonda mecanica

En el cuadro 12. La matriz de resultados del área de molinos fábrica; argumentan que la materia extraña, baja la eficiencia de los molinos, atasco de cuchillas y fajas transportadoras de la misma materia extraña, también afecta la salud física de los

operarios; mientras que como ventajas o desventajas, manifestaron que la sonda no extrae las partes de la materia extraña (lalas, mamones, cogollos, cañas seca y podridas), las generaliza dentro de la misma muestra, teniendo la ventaja de tener una mayor cantidad de muestras por día de operación con el core sampler.

Con relación a la dificultad del nuevo método; se refirieron a la cuantificación de la materia extraña vegetal, no saben que parte de la materia extraña está mandando cosecha a la fábrica, no se puede mencionar si son hojas, cogollos o malezas se sabe hasta que hay problemas en atasco en los molinos, cuchillas de las desfibradoras y rodillos de las fajas transportadoras.

Cuadro 13. Entrevistas a usuarios de la información de materia extraña en el puesto de patio de caña.

<b>Matriz de resultados de encuesta, opiniones respecto a uso de dos métodos de muestreo de materia extraña.</b>			
<b>Puesto: Patio de Caña</b>			
<b>No.</b>	<b>Preguntas</b>	<b>Entrevistado 1</b>	<b>Entrevistado 2</b>
1	Como usuario, ¿en que le afecta el trash a usted?	Directamente en la salud del personal del patio ya que cuando hay demasiado las tolvas se revalsan y daña los ojos de los trabajadores	Atrazo en la molienda
2	¿Que ventajas y desventajas encuentra usted entre estos dos métodos de determinar el trash en Ingenio Magdalena?.	Con la sonda se hacen mas muestras y con la alzadora se hacen menos.	Con la sonda es mas rapido el análisis pero no se puede ver los formadores del trash vegetal y con la alzadora es mas lento pero si se observa cada miembro del trash vegetal.
3	¿Que dificultad de medición cree usted que no está bien en la actual medición del trash en Ingenio Magdalena?.	La sonda no genera el nombre de cada tipo de trash.	La sonda a la hora de entrar moja la muestra con jugo y ase la muestra insierta.
4	De acuerdo a su experiencia, ¿cual es el trash más dañino el vegetal o el mineral?.	En el patio el mineral ya que se hacen inmensas nubes de polvo.	Por las piedras en el tandem, hay perdida de tiempo por piedras.
5	De acuerdo a su experieique, ¿Qué método es el más representativo para la cuantificación de trash?	Sonda mecanica	Alzadora

En el cuadro 13. La matriz de resultados del área de patio de caña; los entrevistados mencionaron que les afecta directamente en la salud física y atraso en la operación de molienda; mientras que como ventajas o desventajas, manifestaron la rapidez de muestreo en la sonda, mas no se puede distinguir los componentes del trash mineral.

Con relación a la dificultad del nuevo método; se refirieron a que la sonda no manifiesta los componentes, lalas, mamones, hojas, cogollos, cañas secas y podridas que forman la materia extraña vegetal, también agregan que la sonda altera el peso de la muestra por perdida de jugo en la misma muestra, la clasificación del material extraño mineral es considerada para los entrevistados como el más dañino.

El personal entrevistado, comparte sus comentarios ya que habiendo manejado los dos métodos; consideran que el método de la sonda mecánica es el más representativo para la cuantificación de la materia extraña, mientras que a otros el método de alzada les sigue brindando buena confianza porque los componentes de cada factor son cualitativos.

## VIII. CONCLUSIONES

- Se determinó que el método alzada requiere de 28.12 minutos para realizar una muestra, un promedio de 51 muestras en 24 horas; mientras tanto, con el método de core sampler, solamente se requerían 6.58 minutos, obteniendo 218 muestras en 24 horas. Esto que claramente indica que éste último método es más eficiente en cuanto a tiempo en minutos por muestra que el método de alzada.
- La comparación de datos de porcentajes de materia extraña; tanto con el método de alzada como el de Core Sampler, indica un comportamiento similar de % de materia extraña en el tiempo durante el período de zafra. Con alguna excepción en las fechas de inicio y final; en donde es afectado por las lluvias en determinadas zonas de corte o estratos bajos.
- Se describieron las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos de muestreo, a través del análisis de las respuestas de la encuesta a los diferentes actores. Una de las ventajas para el método de alzada, que brinda resultados muy importantes para la alerta de la calidad de trabajo de los cortadores en el frente de corte; proporciona datos de porcentajes de cogollos, mamones, cañas secas, hojas y tierra. La desventaja es que requiere de más tiempo (28.12 minutos) para realizar una muestra y por consiguiente eleva el costo de muestra. Por otro lado, el método Core Sampler no genera información tan puntual de factores como el caso anterior; pero el análisis es rápido, siendo un tiempo de 6.58 minutos e implica un menor costo. Con la ventaja, que la actividad de muestreo es un valor agregado, ya que el propósito principal de utilizar el Core Sampler es la determinación de grados de pureza de la caña.
- Mediante el análisis de datos de un presupuesto parcial se determinó un costo de una muestra con el método de alzada de Q 94.15; mientras que el costo de una muestra utilizando Core Sampler es de Q 9.62. Con este mismo análisis se obtuvo una inversión con el método alzada de Q 720,267.70 mientras el Core

Sampler su inversión fue de Q 345,012.00, con diferencia de 52% de la inversión en el método Cose Sampler sobre el método alzadora, tomando en cuenta que el Core Sampler es un valor agregado porque su fin es muestrear la cosecha para ver la calidad de la caña que ingresa a la fábrica.

- De acuerdo al reporte de fabricación, se determinó que el % de materia extraña fue de 2.31% en la zafra 2011-2012 y de 1.74% en la zafra 2012-2013, este % es determinado después de haber pasado el proceso de vibración o limpieza en las mesas.
- Actualmente Ingenio Magdalena S. A. utiliza el método Core Sampler desde la zafra 2012-2013.

## IX. RECOMENDACIONES

- Continuar utilizando el método de core sampler, tanto en Ingenio Magdalena, S. A. como en la agroindustria azucarera; por las siguientes características: un tiempo de muestreo de 6.58 minutos, proporciona información exacta para el análisis y toma de decisiones de calidad de caña, un costo de Q9.62 por muestra.
- Llevar una bitácora que incluya el registro de fechas puntuales cuando el porcentaje de la materia extraña es elevada; que servirá para que el personal del laboratorio tenga una respuesta inmediata a los usuarios, cuando se ven afectados; tanto de campo como del área industrial y saber qué días hubo materia extraña en excesiva cantidad.
- Se recomienda realizar el muestreo con alzadora trash, durante un turno de ocho horas, aplicándolo en los frentes con mayor porcentaje de materia extraña, para generar información puntual de la calidad total en la caña de azúcar. Tomando en cuenta que se puede realizar con el personal de mantenimiento, y calcular el costo con los datos actuales tanto de equipo como de herramienta.
- Es de importancia separar la materia extraña vegetal y mineral, para determinar las causas que ocasionan la incorporación de materia extraña tanto vegetal por efecto de corte y el mineral por el alce, esto para ambos métodos.
- Actualizar por periodo de zafra el presupuesto parcial del método de muestreo core sampler, que servirá de línea base para la zafra siguiente.



## X. BIBLIOGRAFÍA

- ATAGUA. (2012), informe anual. Revista asociación de técnicos azucareros de Guatemala. Abril-Junio 2012.
- Chamo, J. (2004), evaluación de veinte métodos de estimación de la producción de caña en pie de unidades experimentales en ensayos de caña de azúcar (Saccharum sp.; Chicacao, Suchitepéquez, trabajo de graduación de Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004.
- CENICAÑA. (2005), Carta trimestral 3 y 4, componentes de la materia extraña en la caña cosecha, Cali Colombia.
- CENGICAÑA. (2014). El cultivo de caña de azúcar de Guatemala. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar, Guatemala. 512p.
- Corea, J. (2008). Manejo de las poblaciones de barrenadores del tallo y complejo de plagas del suelo en el cultivo de la caña de azúcar (saccharum officinarum L.), Finca Buganvilia, la Democracia, Escuintla. Tesis en Licenciatura, en procesos de producción agrícola. (pp. 32).
- Janes, C. P. (1991). Manual del Azúcar de caña. México: Noriega Editores.
- Manaén, R. (2005). Análisis comparativo de la cosecha de caña verde y caña quemada (Saccharum officinarum L.), en el Ingenio Polo Gordo S. A. Del municipio de San Antonio Suchitepéquez, Tesis en licenciatura de ciencias agrícolas y ambientales. (pp. 32).

Ordoñez, S. (2004), modelo de diagnóstico para la evaluación de productividad de un proceso agroindustrial azucarero, Guatemala, trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2004.

Ralda, G. (2002), comportamiento del porciento de trash en general y en dependencia de su porciento de contenido de cada componente sobre el rendimiento en libras azúcar/ toneladas de caña. Guatemala, ATACA, 2002.

Rein, P. (2012). Ingeniería de la caña de azúcar. 1ra. Edición español, Stone, Gran Bretaña. 880p.

Romero, E. (2009). Manual del cañero. Estación Experimental agroindustrial Obispo Columbres. Tucumán Argentina. 248p.

Rozeef, G. (1995), Basura Maldición o Bendición. SugarJournal New Orleans, Estados Unidos. P. 9.

## XI. ANEXOS

### Hoja de encuesta para involucrados en tanto de cosecha como del área industrial

Anexo 1. Cuestionario para estudio de Caso

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Lugar de trabajo \_\_\_\_\_

1. Como usuario, ¿En qué le afecta el trash a usted?

R. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

2. ¿Qué ventajas y desventajas encuentra usted entre estos dos métodos de determinar el trash en el Ingenio Magdalena?

R. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. ¿Qué dificultad de medición cree usted que no está bien en la actual medición del trash en Magdalena?

R. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

4. De acuerdo a su experiencia, ¿Qué trash es el más dañino, el vegetal o el mineral?

R. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. De acuerdo a su experiencia, ¿Qué método es el más representativo para la cuantificación de trash?

R. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Ventajas y desventajas al utilizar los métodos en estudio, Core Sampler y alzadora trash

Cuadro 14. Ventajas y desventajas utilizando método Core Sampler en la evaluación de la materia extraña en la cosecha

<b>Ventajas método Core Sampler</b>	<b>Desventajas método Core Sampler</b>
La selección de tres factores lo hace un análisis rápido	No detalla los componentes como mamones, cogollos, hojas cañas secas y podridas, lalas, cepas y malezas.
El Core Sampler es un valor agregado	A la hora de extraer la muestra la materia extraña absorbe parte del jugo, dándole un peso más a la muestra
Su costo por muestra es bajo	El área que perfora en la jaula es muy pequeña
Se puede paralelizar con la pureza de las muestras que ingresan al laboratorio	A la hora de algún desperfecto no hay otro equipo que los sustituya
Se emplea menos personal para el análisis	

Cuadro 15. Ventajas y desventajas utilizando método alzadora en la evaluación de la materia extraña en la cosecha

<b>Ventajas método alzadora</b>	<b>Desventajas método alzadora</b>
Se detallan los componentes, cogollos, hojas, mamones, lalas, malezas, cañas secas y podridas y cepas	La tarifa hora alzadora es elevada
Se detalla de mejor manera la materia extraña mineral	Pocas muestras por turno
Brinda más empleo.	El valor de cada muestra es muy elevado
Si se descompone el taller brinda una de estambay	Se emplea demasiado personal
Alerta la calidad de trabajo en la cosecha	

Cuadro 16. Base de datos de materia extraña vegetal por frente de la zafra 2011-2012

<b>Frente</b>	<b>Promedio de % trash vegetal zafra 11-12</b>
1	3.85
2	3.97
3	3.82
4	3.92
5	3.58
6	3.44
7	4.09
8	3.94
9	3.87
10	4.32
11	4.38
12	3.66
13	3.97
14	4.43
15	7.10
16	5.51
23	4.63

Cuadro 17. Base de datos de materia extraña mineral por frente de la zafra 2011-2012

<b>Frente</b>	<b>Promedio de % trash mineral zafra 11-12</b>
1	0.34
2	0.17
3	0.07
4	0.13
5	0.15
6	0.07
7	0.09
8	0.12
9	0.22
10	0.18
11	0.13
12	0.04
13	0.01
14	0.18
15	0.02
16	0.02
23	0.00

Cuadro 18. Base de datos de materia extraña total por fecha de la zafra 2011-2012

FECHA	Trash total zafra 11-12	FECHA	Trash total zafra 11-12	FECHA	Trash total zafra 11-12	FECHA	Trash total zafra 11-12
13/11/2011	5.21	01/01/2012	3.94	01/03/2012	4.71	01/05/2012	3.70
14/11/2011	4.68	02/01/2012	4.10	02/03/2012	3.77	02/05/2012	3.93
15/11/2011	5.86	03/01/2012	3.59	03/03/2012	4.39		
16/11/2011	4.63	04/01/2012	3.80	04/03/2012	3.68		
17/11/2011	6.89	05/01/2012	4.23	05/03/2012	4.54		
18/11/2011	6.44	06/01/2012	3.53	06/03/2012	4.45		
19/11/2011	5.61	07/01/2012	3.75	07/03/2012	3.68		
20/11/2011	6.67	08/01/2012	5.49	08/03/2012	3.62		
21/11/2011	5.26	09/01/2012	3.80	09/03/2012	3.50		
22/11/2011	6.01	10/01/2012	4.09	10/03/2012	3.79		
23/11/2011	5.43	11/01/2012	4.26	11/03/2012	3.56		
24/11/2011	5.21	12/01/2012	4.37	12/03/2012	3.19		
25/11/2011	5.11	13/01/2012	3.65	13/03/2012	3.48		
26/11/2011	5.33	14/01/2012	4.52	14/03/2012	3.95		
27/11/2011	3.90	15/01/2012	4.50	15/03/2012	3.45		
28/11/2011	4.77	16/01/2012	6.06	16/03/2012	3.61		
29/11/2011	4.42	17/01/2012	4.14	17/03/2012	3.61		
30/11/2011	5.47	18/01/2012	3.76	18/03/2012	2.87		
01/12/2011	5.20	19/01/2012	4.60	19/03/2012	3.75		
02/12/2011	4.87	20/01/2012	3.87	20/03/2012	5.05		
03/12/2011	5.39	21/01/2012	3.69	21/03/2012	7.44		
04/12/2011	4.82	22/01/2012	3.97	22/03/2012	5.01		
05/12/2011	5.01	23/01/2012	3.72	23/03/2012	3.94		
06/12/2011	3.93	24/01/2012	4.00	24/03/2012	3.76		
07/12/2011	4.81	25/01/2012	4.11	25/03/2012	3.10		
08/12/2011	5.14	26/01/2012	4.57	26/03/2012	3.85		
09/12/2011	4.56	27/01/2012	3.93	27/03/2012	3.18		
10/12/2011	5.28	28/01/2012	4.02	28/03/2012	3.04		
11/12/2011	4.66	29/01/2012	4.20	29/03/2012	4.40		
12/12/2011	4.51	30/01/2012	3.78	30/03/2012	4.41		
13/12/2011	5.14	31/01/2012	4.83	31/03/2012	2.96		
14/12/2011	4.87	01/02/2012	4.38	01/04/2012	4.06		
15/12/2011	4.61	02/02/2012	3.80	02/04/2012	4.32		
16/12/2011	4.19	03/02/2012	3.83	03/04/2012	3.06		
17/12/2011	4.73	04/02/2012	3.52	04/04/2012	3.60		
18/12/2011	4.05	05/02/2012	3.67	05/04/2012	3.32		
19/12/2011	4.20	06/02/2012	4.19	06/04/2012	3.54		
20/12/2011	5.16	07/02/2012	3.93	07/04/2012	3.86		
21/12/2011	5.05	08/02/2012	3.94	08/04/2012	3.41		
22/12/2011	4.94	09/02/2012	4.40	09/04/2012	3.73		
23/12/2011	5.18	10/02/2012	3.56	10/04/2012	3.89		
24/12/2011	5.52	11/02/2012	3.85	11/04/2012	3.48		
25/12/2011	6.07	12/02/2012	3.39	12/04/2012	3.40		
26/12/2011	4.10	13/02/2012	4.30	13/04/2012	4.20		
27/12/2011	4.28	14/02/2012	3.59	14/04/2012	4.12		
28/12/2011	3.82	15/02/2012	4.08	15/04/2012	3.53		
29/12/2011	3.71	16/02/2012	4.12	16/04/2012	4.39		
30/12/2011	4.07	17/02/2012	4.48	17/04/2012	4.54		
31/12/2011	5.83	18/02/2012	3.93	18/04/2012	4.19		
		19/02/2012	4.36	19/04/2012	4.73		
		20/02/2012	5.15	20/04/2012	4.25		
		21/02/2012	4.62	21/04/2012	5.60		
		22/02/2012	3.95	22/04/2012	3.29		
		23/02/2012	4.10	23/04/2012	4.99		
		24/02/2012	3.72	24/04/2012	5.11		
		25/02/2012	4.33	25/04/2012	3.96		
		26/02/2012	3.57	26/04/2012	4.24		
		27/02/2012	4.38	27/04/2012	3.93		
		28/02/2012	3.85	28/04/2012	4.14		
		29/02/2012	4.24	29/04/2012	4.60		
				30/04/2012	3.98		

Cuadro 19. Base de datos de materia extraña vegetal por frente de la zafra 2012-2013

<b>Frente</b>	<b>Promedio de % trash vegetal zafra 12-13</b>
1	5.57
2	5.75
3	5.49
4	5.66
5	5.45
6	5.39
7	5.80
8	5.45
9	5.14
10	5.49
11	5.73
12	5.75
13	5.74
14	6.52
15	6.68
16	5.95
17	6.20
22	7.55
23	5.67
24	5.80
25	4.65
30	5.30
31	5.03
32	4.97

Cuadro 20. Base de datos de materia extraña mineral por frente de la zafra 2012-2013

<b>Frente</b>	<b>Promedio de % trash mineral zafra 12-13</b>
1	0.69
2	0.78
3	0.57
4	0.69
5	0.87
6	0.56
7	0.61
8	0.77
9	0.62
10	0.67
11	0.76
12	0.68
13	0.60
14	1.31
15	0.62
16	0.58
17	0.61
22	0.65
23	0.90
24	0.55
25	0.65
30	0.69
31	0.56
32	0.64

Cuadro 21. Base de datos de materia extraña total por fecha de la zafra 2012-2013

FECHA	Ttrash total zafra 12-13	FECHA	Ttrash total zafra 12-13	FECHA	Ttrash total zafra 12-13	FECHA	Ttrash total zafra 12-13
09/11/2012	14.25	01/01/2013	6.01	01/03/2013	4.94	01/05/2013	5.22
10/11/2012	10.89	02/01/2013	6.23	02/03/2013	4.43	02/05/2013	5.39
11/11/2012	10.81	03/01/2013	5.89	03/03/2013	5.34	03/05/2013	5.31
12/11/2012	9.92	04/01/2013	6.44	04/03/2013	4.94	04/05/2013	4.48
13/11/2012	10.00	05/01/2013	6.40	05/03/2013	4.97	05/05/2013	5.49
14/11/2012	9.84	06/01/2013	6.84	06/03/2013	4.44	06/05/2013	4.90
15/11/2012	11.31	07/01/2013	6.39	07/03/2013	4.80	07/05/2013	5.41
16/11/2012	10.32	08/01/2013	5.94	08/03/2013	4.92	08/05/2013	5.25
17/11/2012	9.34	09/01/2013	6.84	09/03/2013	4.59	09/05/2013	7.21
18/11/2012	8.17	10/01/2013	6.36	10/03/2013	4.72	10/05/2013	5.82
19/11/2012	8.40	11/01/2013	7.32	11/03/2013	4.71	11/05/2013	6.57
20/11/2012	9.01	12/01/2013	6.63	12/03/2013	4.83	12/05/2013	5.66
21/11/2012	9.28	13/01/2013	6.30	13/03/2013	4.58	13/05/2013	5.78
22/11/2012	9.29	14/01/2013	6.12	14/03/2013	4.78	14/05/2013	6.02
23/11/2012	8.23	15/01/2013	6.62	15/03/2013	4.15	15/05/2013	6.12
24/11/2012	8.53	16/01/2013	6.03	16/03/2013	4.59	16/05/2013	6.53
25/11/2012	8.05	17/01/2013	6.59	17/03/2013	4.32		
26/11/2012	8.17	18/01/2013	6.21	18/03/2013	4.51		
27/11/2012	7.27	19/01/2013	6.33	19/03/2013	5.66		
28/11/2012	6.95	20/01/2013	6.51	20/03/2013	4.87		
29/11/2012	7.56	21/01/2013	7.07	21/03/2013	4.96		
30/11/2012	8.24	22/01/2013	6.51	22/03/2013	4.95		
01/12/2012	8.90	23/01/2013	6.30	23/03/2013	4.63		
02/12/2012	7.60	24/01/2013	6.87	24/03/2013	5.77		
03/12/2012	7.70	25/01/2013	7.55	25/03/2013	5.57		
04/12/2012	8.45	26/01/2013	8.13	26/03/2013	5.94		
05/12/2012	9.76	27/01/2013	7.85	27/03/2013	5.27		
06/12/2012	9.18	28/01/2013	6.36	28/03/2013	5.87		
07/12/2012	9.27	29/01/2013	6.27	29/03/2013	5.02		
08/12/2012	8.01	30/01/2013	5.84	30/03/2013	4.65		
09/12/2012	8.13	31/01/2013	5.78	31/03/2013	4.78		
10/12/2012	8.00	01/02/2013	5.60	01/04/2013	5.18		
11/12/2012	7.33	02/02/2013	5.36	02/04/2013	5.10		
12/12/2012	7.23	03/02/2013	5.79	03/04/2013	5.12		
13/12/2012	8.01	04/02/2013	5.72	04/04/2013	5.58		
14/12/2012	7.68	05/02/2013	6.02	05/04/2013	5.30		
15/12/2012	7.33	06/02/2013	6.75	06/04/2013	5.42		
16/12/2012	7.81	07/02/2013	5.67	07/04/2013	5.10		
17/12/2012	8.33	08/02/2013	5.75	08/04/2013	4.90		
18/12/2012	7.79	09/02/2013	5.96	09/04/2013	5.33		
19/12/2012	6.84	10/02/2013	5.37	10/04/2013	4.88		
20/12/2012	7.50	11/02/2013	5.90	11/04/2013	5.06		
21/12/2012	8.01	12/02/2013	5.61	12/04/2013	5.10		
22/12/2012	7.38	13/02/2013	5.53	13/04/2013	4.56		
23/12/2012	7.15	14/02/2013	6.57	14/04/2013	5.08		
24/12/2012	6.89	15/02/2013	6.74	15/04/2013	4.70		
25/12/2012	6.59	16/02/2013	5.59	16/04/2013	5.34		
26/12/2012	7.22	17/02/2013	5.61	17/04/2013	5.20		
27/12/2012	7.74	18/02/2013	4.95	18/04/2013	5.05		
28/12/2012	6.67	19/02/2013	5.31	19/04/2013	5.28		
29/12/2012	8.14	20/02/2013	5.01	20/04/2013	4.90		
30/12/2012	6.24	21/02/2013	5.16	21/04/2013	5.30		
31/12/2012	6.53	22/02/2013	5.23	22/04/2013	5.06		
		23/02/2013	4.74	23/04/2013	5.56		
		24/02/2013	4.86	24/04/2013	4.75		
		25/02/2013	4.76	25/04/2013	5.59		
		26/02/2013	5.62	26/04/2013	5.12		
		27/02/2013	5.74	27/04/2013	5.04		
		28/02/2013	5.26	28/04/2013	4.88		
				29/04/2013	5.15		
				30/04/2013	5.06		



Cuadro 22. Coeficientes de variación de la materia extraña vegetal de la zafra 2012-2013

CV. Total de frentes		CV. De frentes manuales		CV. De frentes mecanizados	
Frente	% de materia extraña vegetal	Frente	% de materia extraña vegetal	Frente	% de materia extraña vegetal
1	5.57	1	5.57	15	6.68
2	5.75	2	5.75	16	5.95
3	5.49	3	5.49	17	6.20
4	5.66	4	5.66	22	7.55
5	5.45	5	5.45	23	5.67
6	5.39	6	5.39	24	5.80
7	5.80	7	5.80	25	4.65
8	5.45	8	5.45	<b>Desvest</b>	<b>0.83</b>
9	5.14	9	5.14	<b>Promedio</b>	<b>6.07</b>
10	5.49	10	5.49	<b>CV.</b>	<b>13.71</b>
11	5.73	11	5.73		
12	5.75	12	5.75		
13	5.74	13	5.74		
14	6.52	14	6.52		
15	6.68	30	5.30		
16	5.95	31	5.03		
17	6.20	32	4.97		
22	7.55	<b>Desvest</b>	<b>0.35</b>		
23	5.67	<b>Promedio</b>	<b>5.54</b>		
24	5.80	<b>CV.</b>	<b>6.28</b>		
25	4.65				
30	5.30				
31	5.03				
32	4.97				
<b>Desvest</b>	<b>0.59</b>				
<b>Promedio</b>	<b>5.70</b>				
<b>CV.</b>	<b>10.31</b>				

Cuadro 23. Coeficientes de variación de la materia extraña mineral de la zafra 2012-2013

CV. Total de frentes		CV. De frentes manuales		CV. De frentes mecanizados	
Frente	% de materia extraña mineral	Frente	% de materia extraña mineral	Frente	% de materia extraña mineral
1	0.69	1	0.69	15	0.62
2	0.78	2	0.78	16	0.58
3	0.57	3	0.57	17	0.61
4	0.69	4	0.69	22	0.65
5	0.87	5	0.87	23	0.90
6	0.56	6	0.56	24	0.55
7	0.61	7	0.61	25	0.65
8	0.77	8	0.77	<b>Desvest</b>	<b>0.11</b>
9	0.62	9	0.62	<b>Promedio</b>	<b>0.65</b>
10	0.67	10	0.67	<b>CV.</b>	<b>16.36</b>
11	0.76	11	0.76		
12	0.68	12	0.68		
13	0.60	13	0.60		
14	1.31	14	1.31		
15	0.62	30	0.69		
16	0.58	31	0.56		
17	0.61	32	0.64		
22	0.65	<b>Desvest</b>	<b>0.17</b>		
23	0.90	<b>Promedio</b>	<b>0.71</b>		
24	0.55	<b>CV.</b>	<b>24.17</b>		
25	0.65				
30	0.69				
31	0.56				
32	0.64				
<b>Desvest</b>	<b>0.16</b>				
<b>Promedio</b>	<b>0.69</b>				
<b>CV.</b>	<b>22.73</b>				

Cuadro 24. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>
Media	4.31122093	6.3454162
Varianza	0.60461312	2.5903679
Observaciones	172	189
Varianza agrupada	1.644507	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	359	
Estadístico t	-15.052766	
P(T<=t) una cola	2.4228E-40	
Valor crítico de t (una cola)	1.64910915	
P(T<=t) dos colas	4.8455E-40	
Valor crítico de t (dos colas)	1.96659394	



Figura 12. Alzadora 1850 John Deere

La cargadora John Deere 1850 de caña de azúcar ha sido diseñada para lograr la máxima eficiencia y el rendimiento óptimo. La cargadora 1850 asume el reto de aumentar la productividad, ya que cuenta un mayor alcance y capacidad de agarre de la pluma, la cual es 35% más grande en comparación que su predecesor.

La cargadora de caña 1850 ofrece la flexibilidad de un diseño de auto-propulsión con un potente motor John Deere 4045T. La transmisión hidrostática proporciona un funcionamiento suave en las condiciones más duras. John Deere también ofrece un diseño modular, haciendo el mantenimiento más rápido y fácil, reduce el tiempo de inactividad, por ende aumentando la productividad.

#### Características & Especificaciones

- Alta productividad
- La más robusta del mercado

- Excelente diseño estructural
- Utiliza el menor tiempo en el ciclo de carga

Motor	John Deere PowerTech™ 4 cilindros
Longitud total	6629 mm
Altura de la tenaza	4267 mm
Peso aproximado al embarque	3.350 kg



Figura 13. Sonda mecánica.

La sonda mecánica, es una máquina electromecánica que su funcionamiento de utilidad es sacar muestras de caña de azúcar, la eficiencia de este instrumento de evaluación es más confiable cuando la caña es cosechada usando sistemas de corte manual, que es más homogéneo (cañas largas), que la caña mecanizada (canutos cortos), este sistema de corte da una mayor cantidad de materia extraña.

Esta sonda penetra en el cargamento de materia prima en forma horizontal u oblicua (generalmente 45°). En función del diámetro de la sonda se extraen muestras de 12 kg (sonda de 20.3 cm de diámetro) o 6 kg (sonda de 15.2 cm).

La muestra se toma directamente del transporte, lo que asegura su individualidad. Además, otra ventaja es que permite liberar los equipos de tracción una vez realizado el muestreo. Se puede señalar como desventaja que, debido al reducido tamaño de la muestra sobre la cual se realizarán los análisis en el laboratorio, tiene una menor representatividad que la muestra del sistema de la alzadora. Sin embargo, el número de muestreos mejora sustancialmente esta limitante.

Especificación técnica:

Anchura en 3.900 x 5.000 m

Gratis Peso vacío 3.900 x 5.000 m

Fuente de alimentación trifásica 220v, 380v y 440v

Alimentación eléctrica trifásica 220v, 380v y 440v

Especificación del motor:

Unidad hidráulica - Motor eléctrico trifásico de 60 Hp / 1730 rpm

Grupo hidráulico 60 Hp / 1730 rpm

Sonda - Hidráulico orbitrol 245 cm<sup>3</sup> / rot

Plumb - Orbitrol hidráulico 245 cm<sup>3</sup> / rev

Carro - Hidráulico orbitrol 140 cm<sup>3</sup>

Coche hidráulico 140 cm<sup>3</sup>

VELOCIDAD

Ciclo de muestreo de aproximadamente 1' 45"

Muestreo ciclo 1' 25"

Cantidad promedio de muestras / hora 30

El peso promedio de la muestra / peso promedio de la muestra de 15 kg / 15 kg

Investigación en curso / Plumb curso 4600 mm / 4600 mm

Diámetro / Plumb diámetro de la sonda 200 mm / 200 mm

Corona comprende cuchillos perfiles triangulares fijado a la base por medio de tornillos 200 mm...

La base está compuesta por el aire triangular con cuchillas fijadas con tornillos a la base 200 mm...

Apoyo técnico Integral

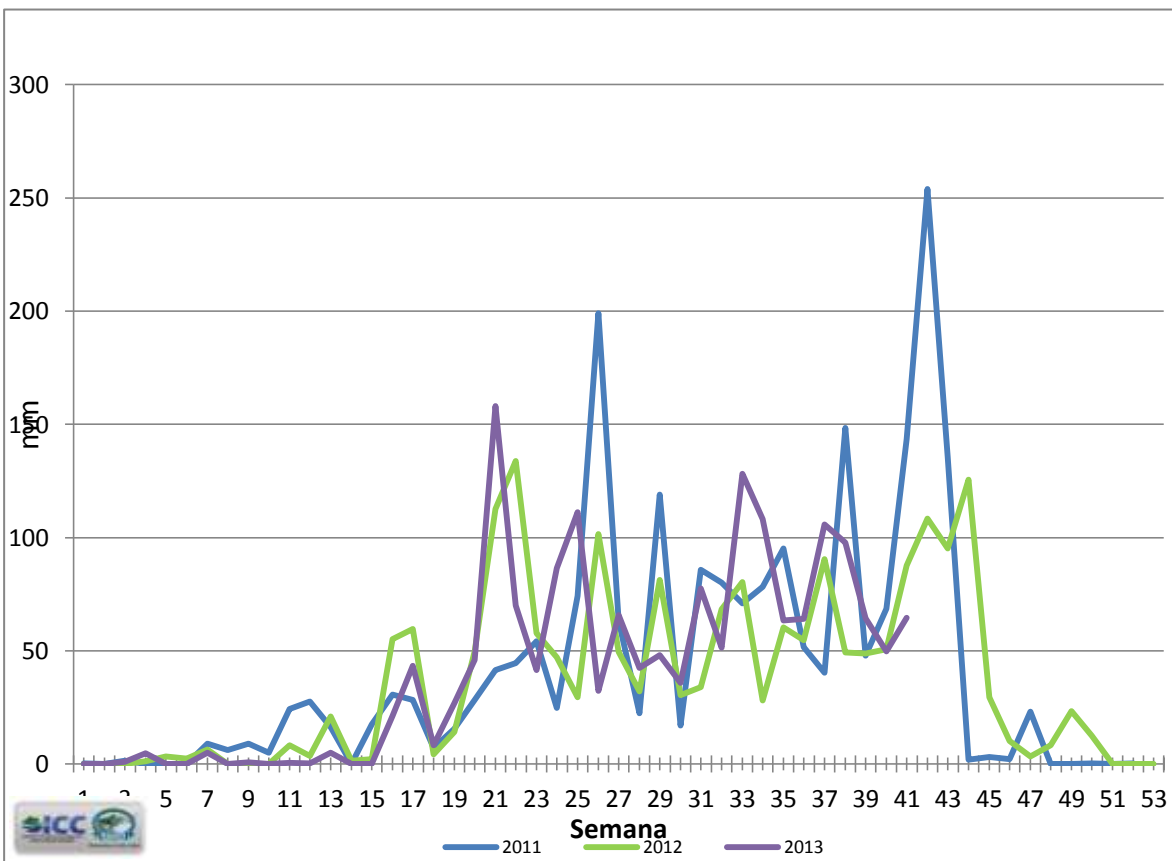


Figura 14: precipitación pluvial estrato bajo