

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
CAMPUS SUR  
Facultad de Ingeniería



“COMPARACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS PARA  
ESTIMAR LA PÉRDIDA DE CAÑA DE AZÚCAR EN  
COSECHA MECANIZADA”

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional  
presentado por Luis Alberto Ixcoy Cuyuch para optar al  
grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología  
Agrícola y Pecuaria.

Guatemala

2019



“COMPARACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS PARA  
ESTIMAR LA PÉRDIDA DE CAÑA DE AZÚCAR EN  
COSECHA MECANIZADA”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA  
CAMPUS SUR  
Facultad de Ingeniería



“COMPARACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS PARA  
ESTIMAR LA PÉRDIDA DE CAÑA DE AZÚCAR EN  
COSECHA MECANIZADA”

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional  
presentado por Luis Alberto Ixcoy Cuyuch para optar al  
grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología  
Agrícola y Pecuaria.

Guatemala

2019

Vo. Bo.:

(f)

Ing. Agr. Mynor René Pineda Coronado

Asesor

Tribunal Examinador:

(f)

Ing. Agr. Mynor René Pineda Coronado

Asesor

(f)

Ing. Agr. Susana Abigail García

Directora de Facultad de Ingeniería en Tecnología Agrícola y Pecuaria

(f)

Ing. Agr. Santos Carrillo

Docente

Fecha de aprobación: Guatemala, 03 de Junio del 2019

# ÍNDICE

	Página
Lista de cuadros.....	vii
Lista de ilustraciones.....	viii
Resumen.....	ix
I. Introducción.....	1
II. Objetivos .....	3
III. Justificación.....	4
IV. Marco teórico.....	6
A. Importancia de la producción e industrialización del cultivo de caña de azúcar en Guatemala.....	6
B. Cosecha mecanizada en Guatemala.....	6
C. Sistemas de la cosechadora mecánica .....	7
D. Medición y control de la operación de cosecha mecánica.....	9
E. Metodologías de pérdidas de caña en cosecha mecanizada empleadas en otros países.....	11
V. Metodología .....	17
A. Lugar del experimento .....	17
B. Epoca de medición .....	18
C. Plan experimental.....	18
D. Materiales.....	18
E. Metodología de medición de cengicaña.....	19
F. Metodología de medición de Pantaleón.....	25
VI. Resultados.....	30
A. Metodología de cengicaña y Pantaleón.....	30
VII. Análisis de resultados.....	33
A. Comparación de las metodologías.....	33
B. Estimación de pérdidas con la metodología de cengicaña .....	34
C. Estimación de pérdidas con la metodología de Pantaleón .....	35
D. Interpretación de los resultados.....	36

VIII. Conclusiones .....	38
IX. Recomendaciones .....	39
X. Bibliografía .....	40
XI. Anexos.....	41
A. Anexo 1. Mapas de fincas y lotes muestreados.....	41
B. Anexo 2. Clasificación de las variables de medición de la metodología de cengicaña. ...	51
C. Anexo 3. Clasificación de las variables de medición de la metodología de Pantaleón....	53
D. Anexo 4. Pérdidas de cada variable de medición de la metodología de cengicaña .....	55
E. Anexo 5. Pérdidas de cada variable de medición de la metodología de Pantaleón.....	57
XII. Glosario .....	59

## LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Toneladas molidas y porcentaje de cosecha mecanizada por ingenio.....	6
Cuadro 2. Posibles causas y soluciones de pérdidas. ....	10
Cuadro 3. Cantidad de muestras hechas en los lotes de las fincas. ....	17
Cuadro 4. Ubicación de las fincas. ....	17
Cuadro 5. Dimensiones de la parcela para medir pérdidas visibles.....	21
Cuadro 6. Ejemplo del total de caña dejada en campo con la metodología de CENGICAÑA. ....	25
Cuadro 7. Ejemplo del total de caña dejada en campo con la metodología de Pantaleón.....	29
Cuadro 8. Resultados de las pérdidas de caña de azúcar de ambas metodologías.....	30
Cuadro 9. Prueba F para varianzas de dos muestras.....	33
Cuadro 10. Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales. ....	34

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	Página
Ilustración 1. Partes y sistemas de una cosechadora mecánica de caña de azúcar.....	7
Ilustración 2. Lanzamiento de objeto para la ubicación de la muestra. ....	20
Ilustración 3. Cuadrícula de pasos y surcos.....	21
Ilustración 4. Dimensiones de las parcelas de muestreo para los distanciamientos de siembra. ....	22
Ilustración 5. Variables de medición en la metodología de pérdidas visibles. ....	22
Ilustración 6. Pesado de las variables de medición.....	23
Ilustración 7. Boleta de campo para medir pérdidas en campo. ....	24
Ilustración 8. Ubicación de puntos de muestreo zig zag. ....	26
Ilustración 9. Tamaño del área de muestreo. ....	27
Ilustración 10. Recolección y clasificación de las variables de medición ....	27
Ilustración 11. Pesado de las variables de medición.....	28
Ilustración 12. Registro de caña dejada en la tableta.....	28
Ilustración 13. Pérdida de caña por muestra de las dos metodologías. ....	33
Ilustración 14. Pérdidas de caña de las variables de medición de CENGICAÑA.....	35
Ilustración 15. Pérdidas de caña de las variables de medición de Pantaleón. ....	36

## RESUMEN

La cosecha mecanizada consiste en la utilización de maquinaria especializada para cosechar caña de azúcar, la cosechadora está compuesta por diversos sistemas como el motor, cabina, rodamiento, hidráulico y cosecha; que en conjunto conforman la máquina empleada para cosechar caña de azúcar.

Durante el funcionamiento del sistema de cosecha ocurren dos tipos de pérdidas: Pérdidas visibles, corresponden a la caña de azúcar que se puede detectar en el campo después de la cosecha; pérdidas invisibles, corresponden a los componentes de caña de azúcar (aserrín y jugo), que no son posibles de ser cuantificados directamente en el campo (Mangolini, 2016).

Actualmente Ingenio Pantaleón está usando una metodología para estimar las pérdidas de caña de azúcar en cosecha mecanizada que es muy laboriosa, extensa y difícil, porque están muestreando 75 m<sup>2</sup> por cada muestra, ejecutando una muestra por no más de tres hectáreas cosechadas, empleando ocho variables de medición de pérdidas; un método para estimar la misma pérdida de caña que la metodología de Pantaleón es la metodología que propone CENGICAÑA, esta metodología es más eficiente, es decir, rápido y fácil, con esta metodología se ejecutan los muestreos en 10 m<sup>2</sup> por cada muestra, también efectuando una muestra por no más de tres hectáreas cosechadas, utilizando seis variables de pérdidas y una variable de no pérdida.

El presente proyecto de investigación tuvo el objetivo de ejecutar la comparación de dos metodologías para estimar la pérdida de caña de azúcar en cosecha mecanizada en Ingenio Pantaleón, comparando la metodología que utiliza actualmente el Ingenio Pantaleón contra la metodología que está recomendando adoptar en la zona cañera de Guatemala el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA), a través del área de Cosecha y el Comité de Cosecha de la Agroindustria Azucarera de Guatemala, para determinar que la metodología de CENGICAÑA estima las mismas pérdidas de caña de azúcar en cosecha mecanizada que la metodología de Pantaleón, y recomendar a Ingenio Pantaleón sustituir su metodología por la de CENGICAÑA que es más eficiente.

El resultado de las dos metodologías se analizó mediante una prueba de t Student de dos muestras independiente, la prueba demostró la existencia de diferencia estadística significativa entre la metodología de CENGICAÑA y Pantaleón para estimar la pérdida de caña de azúcar en

cosecha mecanizada. La metodología de CENGICAÑA estimo en 100 muestras, pérdidas en promedio de 2.37 TCH (Toneladas métricas de Caña por Hectárea), mientras que la metodología de Ingenio Pantaleón estimo en 100 muestras, pérdidas en promedio de 1.77 TCH (Toneladas métricas de Caña por Hectárea).

Es importante mencionar que en Guatemala no se ha realizado un estudio solido que demuestre una metodología para muestrear pérdidas de caña en cosecha mecanizada que sea representativa, es decir, que represente la pérdida real de caña en una hectárea, por esta razón no se puede afirmar que metodología es más precisa.

Este estudio probó que existe diferencia estadística significativa entre la metodología de CENGICAÑA y Pantaleón. Con esta investigación solo se comprobó que la metodología para estimar la pérdida de caña de azúcar en cosecha mecanizada de CENGICAÑA no estima la misma pérdida de caña que la metodología de Pantaleón; entonces, se le sugiere a Ingenio Pantaleón continuar con la metodología que utiliza actualmente.

# I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar en Guatemala es uno de los cultivos que genera mayor impacto positivo en la economía del país, en la zafra 2009/2010 los ingenios azucareros proporcionaron 350,000 empleos directos e indirectos y generaron US\$ 493 millones divisas, con 230,000 hectáreas de área sembrada de caña de azúcar lo que representa el 2.1 por ciento del territorio nacional (ASAZGUA, S. f.). A nivel de América Latina y El Caribe, Guatemala es el segundo productor y a nivel mundial es el cuarto país exportador y el tercer productor por hectárea (PNUD, 2016).

Es vital para los ingenios azucareros monitorear las pérdidas de caña en cada proceso, desde la siembra en campo hasta la molienda en fábrica. La cosecha de la caña de azúcar es uno de los procesos donde se puede llegar a obtener altas pérdidas, dejando toneladas de caña de azúcar en campo, para ello se han creado metodologías para la estimación de las pérdidas de caña de azúcar en cosecha, estas metodologías se utilizan para efectuar muestreos en áreas donde se cosecha de forma mecanizada, es importante ejecutar estos muestreos para estimar las pérdidas de las toneladas de caña por hectárea que se provocan en campo durante la cosecha mecanizada. Se practica este muestreo después de que la maquinaria haya cosechado la caña, con la finalidad de monitorear constantemente las pérdidas de caña en campo y mantener el nivel aceptable de pérdida que cada ingenio estipula, por ejemplo, Ingenio Pantaleón permite pérdidas máximas de 1.5 TCH en cosecha mecanizada.

En los ingenios azucareros de Guatemala existen diferentes tipos de metodologías para estimar las pérdidas de caña de azúcar en cosecha, cada ingenio utiliza distinta metodología, pero el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANÑA) a través del área de Cosecha y el Comité de Cosecha de la Agroindustria Azucarera de Guatemala ha desarrollado una metodología estándar para los ingenios de Guatemala para muestrear con mayor eficiencia.

En la Agroindustria Azucarera de Guatemala en la zafra 2016-2017 la cosecha de forma mecanizada del cultivo de caña de azúcar representó el 32 por ciento del total de caña molida, constituyendo 7.69 millones de toneladas de caña (Villatoro & Morales, 2017). En total se podría cosechar el 75.4 por ciento de forma mecanizada en la zona cañera de Guatemala (Melgar & Villatoro, 2016). Entonces es importante estimar con eficiencia las pérdidas de caña para mantener y minimizar el nivel aceptable de pérdidas de caña en campo porque actualmente el uso de este tipo de maquinaria para la cosecha está incrementando y aún no ha logrado alcanzar el potencial máximo.

Con esta investigación se pretende comparar la metodología de CENGICAÑA contra la metodología de Ingenio Pantaleón para determinar que ambas metodologías estiman las mismas pérdidas de caña, y recomendar a ingenio Pantaleón adoptar la metodología que propone CENGICAÑA con el que se puede realizar los muestreos con mayor eficiencia. Por lo que es necesario con los resultados de las estimaciones de las pérdidas obtenidas de ambas metodologías someterlo a una evaluación comparativa para comprobar mediante un análisis estadístico la existencia o no de diferencia significativa entre ambas metodologías.

## II. OBJETIVOS

### A. GENERAL

Determinar que la metodología de CENGICAÑA y la metodología de Ingenio Pantaleón estiman la misma pérdida de caña de azúcar en cosecha mecanizada; para recomendar a Ingenio Pantaleón sustituir o no su metodología por la metodología de CENGICAÑA.

### B. ESPECÍFICOS

1. Determinar las pérdidas de caña en campos de Pantaleón donde se cosecha de forma mecanizada, utilizando la metodología de CENGICAÑA.
2. Obtener los datos de las pérdidas de caña recopilados por el personal del departamento de Calidad y Conformidad de Operaciones Agrícolas de ingenio Pantaleón en áreas donde se cosecha de forma mecanizada, utilizando la metodología de Ingenio Pantaleón.
3. Determinar las ventajas que tiene la metodología de CENGICAÑA sobre la metodología de Pantaleón.

### III. JUSTIFICACIÓN

El 87.8 por ciento del área de la zona cañera de Guatemala tiene una pendiente menor al tres por ciento. El 73 por ciento del área está ubicado en los estratos bajo y litoral (< 100 msnm). Se obtuvo que actualmente el 27 por ciento del área se cosecha de forma mecanizada y se tiene un área potencial del 48.5 por ciento para ser cosechado mecánicamente. En total se podría tener el 75.4 por ciento con cosecha mecanizada y el 24.6 por ciento con cosecha manual (Melgar & Villatoro, 2016). La pendiente es un factor importante a considerar para cosechar de forma mecanizada, mencionar esta información es relevante para mostrar el área total potencial para implementar la cosecha mecanizada en la zona cañera de Guatemala.

En la Agroindustria Azucarera de Guatemala en la zafra 2016-2017 la cosecha de forma mecanizada del cultivo de caña de azúcar representó el 32 por ciento del total de caña molida, constituyendo 7.69 millones de toneladas de caña (Villatoro & Morales, 2017). De allí la importancia de medir las pérdidas de caña en cosecha mecanizada para mantener y minimizar los niveles aceptables de pérdidas de caña en campo porque actualmente el uso de este tipo de maquinaria para la cosecha está incrementando y aún no ha logrado alcanzar el potencial máximo de cosechar de forma mecanizada. “En total se podría tener el 75.4 por ciento con cosecha mecanizada en la zona cañera de Guatemala” (Melgar & Villatoro, 2016).

Otro aspecto positivo que ofrece la cosecha mecanizada es en lo económico, según (Carrillo Florián, 2014) determinó que el costo que implica usar el sistema de cosecha mecanizada es \$4.5/Ton que incluye corte y alce, comparado con el sistema de cosecha manual tiene un costo de \$6.9/Ton que incluye corte y alce, es decir, cosechar de forma mecanizada tiene menor costo que cosechar de forma manual.

El Ingenio Pantaleón utilizó la cosecha mecanizada el 49 por ciento del total de la caña molida, representando 2.90 millones de toneladas de caña, esto en la zafra 2016-2017 (Villatoro & Morales, 2017). Por la razón anterior es importante medir con eficiencia las pérdidas de caña en cosecha mecanizada que tiene Ingenio Pantaleón porque el 49 por ciento se está utilizando este tipo de maquinaria para cosechar. La estimación de las pérdidas de caña en campo es fundamental para prevenir y corregir elevadas pérdidas de toneladas de caña en campo por causas como las malas condiciones del terreno, la mala operación o mal estado de la máquina; es vital efectuar el muestreo para estar monitoreando constantemente las pérdidas y encontrar soluciones para corregir cualquier inconveniente que provoque pérdidas de caña.

Ingenio Pantaleón está manejando una metodología de medición de pérdidas de caña muy laboriosa, extensa y difícil, esto puede provocar rápido cansancio de su personal y como consecuencia pueden no muestrear áreas cosechadas o ejecutarlo de la manera incorrecta,

principalmente en corte en verde porque la gran cantidad de rastrojo de caña dejado en campo obstruye la visualización de la caña, omitiendo partes donde se puede encontrar caña, esto tiene como resultado el estimar inexactamente las pérdidas de caña que se tiene en campo.

Con la metodología que sugiere utilizar CENGICAÑA se podrán efectuar los muestreos más rápido y fácil; esta es una metodología que permitiría ejecutar la cantidad de muestras convenientes conforme a las áreas cosechadas y de una forma correcta, con el propósito de obtener mejores estimaciones de las pérdidas de caña dejada en campo.

Las ventajas de adoptar la metodología de CENGICAÑA es muestrear las áreas cosechadas en menor tiempo y con mayor facilidad, dado que se puede realizar el muestreo de forma eficiente se podría realizar más muestreos y abarcar más áreas cosechadas, esto tendrá como saldo poder mejorar las estimaciones de las pérdidas de caña y optimizar los procesos de cosecha, y reducir las pérdidas de caña en campo.

Otro beneficio de emplear la metodología de CENGICAÑA es el de utilizar una metodología estándar que manejan otros ingenios azucareros, con la finalidad de obtener datos y resultados compatibles con otros ingenios, esto ayudará a CENGICAÑA a realizar futuras investigaciones para seguir mejorando la cosecha mecanizada en la Agroindustria Azucarera de Guatemala.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN GUATEMALA

La Agroindustria Azucarera en Guatemala tiene un impacto positivo en la economía del país en la generación de 65,000 empleos directos y 350,000 empleos indirectos y directos en 230,000 hectáreas que equivalen al 2.1 por ciento del territorio nacional.

En la zafra 2009/2010 obtuvieron rendimientos en promedio de 102.40 TCH, la caña molida fue 22, 033,540 Toneladas métricas, esto representó el 10.25% del PIB de las exportaciones totales del país; 20.80% de las exportaciones agrícolas y generó US\$ 493 millones divisas, las cuales son la base para el intercambio económico del país que incluyen alimentos, contribuyendo a la seguridad alimentaria. El ingreso de divisas por exportación de azúcar y melaza ocupa el segundo lugar, después del café, incluso en algunos años ha logrado el primer lugar (ASAZGUA, S. f.).

### B. COSECHA MECANIZADA EN GUATEMALA

En la zafra 2016-2017 la Agroindustria Azucarera de Guatemala (AIA), cosechó 7.69 millones de toneladas de caña de forma mecanizada, lo que representa el 32 por ciento del total de caña molida., la cantidad de toneladas (millones) y lo que representa la caña mecanizada por ingenio se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Toneladas molidas y porcentaje de cosecha mecanizada por ingenio

Ingenio	Millones de toneladas	% Cosecha mecanizada
Pantaleón	2.90	49 %
Magdalena	0.86	14 %
Santa Ana	1.23	45 %
Madre Tierra	0.59	29 %
San Diego	0.75	40 %
La Unión	0.60	21 %
Palo Gordo	0.29	17 %
Tululá	0.45	55%
Agroindustria de Guatemala	7.69	32%

(Villatoro & Morales, 2017)

## C. SISTEMAS DE LA COSECHADORA MECÁNICA

La cosechadora mecánica, independientemente de la marca, está compuesta por diversos sistemas que en conjunto integran la máquina empleada para la cosecha. Los sistemas actuales son los siguientes:

- Motor
- Cabina
- Rodamiento
- Hidráulico
- Cosecha

Cada sistema cumple una función que puede ser de asistencia directa o no al sistema de cosecha, por ejemplo, el sistema hidráulico es de asistencia directa al sistema de cosecha, para el funcionamiento de este último. (Batres, 2016)

### 1. Sistema de cosecha

En la Ilustración 1, se puede observar donde se posiciona cada componente del sistema de cosecha. Las distintas partes se presentan a continuación:

- a. Recolección: cortadores laterales, rodos divisores de línea, rodos alimentadores y rodos tumbadores.
- b. Cortador de base.
- c. Transporte y picado: sistema de rodos transportadores y rodos picadores.
- d. Limpieza y carga: compuesto por cortador de punta el que puede ser también un triturador de punta, extractor primario, extractor secundario y banda transportadora.

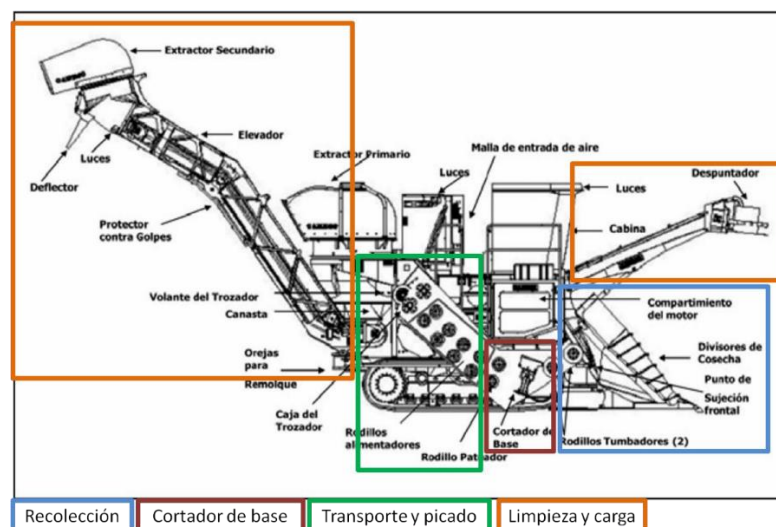


Ilustración 1. Partes y sistemas de una cosechadora mecánica de caña de azúcar. (Mangolini, 2016).

### a. Recolección

Los cortadores laterales o machetes laterales, tienen la función de cortar cañas de surcos vecinos al de la línea de corte, y evitar de esta forma el arranque de cepa. Los divisores de línea están dispuestos en un ángulo de 45° con la función de alejar o separar caña que no es del surco y evitar que entren al sistema de alimentación y esto produzca arranque de cepa. Y el rodo alimentador, por el contrario, agrupa la caña para dirigirla al sistema de corte dentro de la línea del surco, en la punta de dichos rodos existe un tarugo o trompo, el que puede estar cubierto por una zapata o estar desnudo, y lo que trata es evitar el enterramiento de los trompos y atascamiento con caña. En el caso de la marca Case, existen modelos con sistema flotante de los divisores de líneas, con brazos articulados, que pueden moverse en función de un sensor en la zapata. Y en el caso de la marca John Deere existe un sistema con una rueda de control de profundidad.

Los rodos tumbadores se encuentran en forma horizontal en la entrada de la caña, después de ser agrupada por los rodos alimentadores. La función es disponer de mejor forma la caña para ser cortada por las cuchillas, de forma frontal a la base de los tallos, y hacer presión tangencial para que los tallos entren luego de ser cortados de base, al sistema de rodos transportadores. (Batres, 2016).

### b. Corte de base

Las cuchillas del sistema de corte base, tienen dos funciones: la principal es cortar el tallo de la macolla y el segundo es empujar hacia los rodos transportadores la caña. Las cuchillas pueden tener varios espesores (de 4 a 8 mm) y pueden ser de distintos materiales, lo cual influye en el tiempo de uso y la calidad de corte, aunque los factores tipo de suelo, preparación y variedad influyen también en la vida de uso de las cuchillas. Las cuchillas pueden estar colocadas a un ángulo 0° o 15°, también la base de la cuchilla puede moverse y cambiar el ángulo de corte, respecto a la inclinación del tallo.

Existen diseños para que el sistema de cortador de base sea móvil, y reduzca la cantidad de impurezas minerales, disminuya pérdidas invisibles y mejore la calidad de corte, todo lo anterior enfocado en aumentar la vida útil de las cuchillas. En el caso de la marca Case el sistema es llamado AutoTracker y en el caso de la marca John Deere es llamado CABI. (Mangolini, 2016)

### c. Transporte y picado

Los rodos transportadores toman la caña luego de ser cortada, en el proceso de transporte al picado también se reduce la cantidad de impurezas vegetales y se disponen los tallos de forma paralela. Luego los tallos pasan a los rodos picadores que en el caso de Case pueden ser de tres o cuatro cuchillas y en el caso de John Deere de cuatro o seis cuchillas. El material y

forma de los rodos transportadores y picadores puede cambiar, con la finalidad de disminuir los daños y las pérdidas invisibles, y mejorar la uniformidad del tamaño del tolete. (Batres, 2016)

#### d. Limpieza y carga

El sistema de limpieza y carga inicia con el cortador de punta, el cual en Guatemala es muy poco usado, pues una gran cantidad de campos, están en condiciones de postramiento, por los altos tonelajes. El mismo cortador de punta puede ser sustituido por un triturador, el que puede disminuir la cantidad de impurezas vegetales que llegan a la fábrica y el tamaño del mismo que queda en campo reduciendo el tiempo de descomposición.

Los rodos picadores lanzan con fuerza a la canasta del extractor primario los toletes que caen a la banda transportadora por su peso, y la paja o trash vegetal es extraído por las aspas que pueden variar en la revolución y número de las mismas, lo que puede reducir la cantidad de trash vegetal que llega a la fábrica, pero también la cantidad de caña dejada en campo (pérdidas visibles). Case ha desarrollado un sistema antivortex y John Deere un sistema de cinco piezas para reducir la problemática anterior. Los toletes caen al sistema de transporte, compuesto por una banda con paletas que por lo general es enmallada, para favorecer la limpieza y elevar la caña a la altura del autovolteo o carreta de transporte, pasando antes por un extractor secundario. (Batres, 2016)

## D. MEDICIÓN Y CONTROL DE LA OPERACIÓN DE COSECHA MECÁNICA

El conocimiento de los orígenes o causas de las pérdidas de caña por operación de cosecha mecánica, es importante para que se pueda actuar en el proceso y hacer las correcciones necesarias para reducir su incidencia, cuando ciertos valores son muy altos.

Las pérdidas corresponden a todas las variaciones físicas pertinentes de la caña de azúcar que se pierden en el campo en el acto de la cosecha. Las pérdidas pueden ser divididas en dos categorías: pérdidas visibles y pérdidas invisibles.

- Pérdidas visibles: Corresponden a la caña de azúcar que se puede detectar en el campo después de la cosecha.
- Pérdidas invisibles: Corresponden a los componentes de caña de azúcar (aserrín y jugo), que no son posibles de ser cuantificados directamente en el campo.

Las pérdidas de la cosecha mecánica de la caña de azúcar son generalmente debidas a algunas características de los campos de producción y al funcionamiento de la cosechadora.

Los factores asociados con los campos de producción de caña de azúcar son principalmente:

- Productividad: Características varietales asociados con el hábito de crecimiento de las macollas, uniformidad en altura y diámetro del tallo, fibra, resistencia al corte, la cantidad de paja y hojas verdes, la longitud de cogollo, etc.
- Capacidad de permanecer en el surco de siembra, mala preparación y depresiones entre la calle y el surco.
- Dificultad para ver la línea de corte (por la noche es más crítico).
- El distanciamiento de siembra.
- La topografía y la uniformidad del terreno.
- La plantación sistemática.

Los factores asociados con la operación de cosecha con respecto a las pérdidas son:

- Experiencia y formación de los operadores de cosechadoras y los conductores de tractores de autovolteo.
- Sincronización entre la velocidad y distancia de la cosechadora con el autovolteo.
- Estado y la regulación de los sistemas de la cosechadora.
- Velocidad de desplazamiento de la cosechadora compatible con el estado de la plantación.
- Velocidad (rpm) del extractor primario.
- La altura de carga.

Al identificar los componentes de la pérdida, se puede tratar de corregir fallos en el funcionamiento, lo que reduce las pérdidas a un nivel aceptable. Los problemas asociados con los campos de caña de azúcar, sin embargo, solo pueden ser minimizados, adaptándose al tipo de operación (velocidad, especialmente). (Mangolini, 2016)

## 1. Posibles causas y soluciones de perdidas

A continuación, se describen las posibles causas de los distintos tipos de pérdida, que orientan la modificación en los sistemas de la cosechadora:

Cuadro 2. Posibles causas y soluciones de pérdidas.

Tipo de pérdida	Posible causa
Punta: sección de caña que está por debajo del punto natural de quiebre	Cortador de punta o despuntador no calibrado, no ajustado a la topografía de campo.

Tipo de pérdida	Posible causa
Caña entera	Problema de paralelismo entre surcos, alta velocidad de operación (km/h), los trompos del divisor de líneas o las zapatas están muy altas respecto al suelo, la falta de placas guía para el corte de base.
Tocón	Inclinación de los discos del corte de base incorrecto, exceso de velocidad de la máquina (km/h), o problema de mucho aporque en campo.
Pedazos de caña	Ajustar las placas de los divisores de línea, aletas de las piernas de los cortadores de base muy agresivos, rodillos alimentadores muy sucios, caña quebradiza con un contenido bajo de fibra (<9.5%).
Astilla	Ajustar RPM de los extractores, cuchillas y machetes desgastados, rollos trozadores sin sincronización, la placa difusora de los trozadores desregulada (sin calibración).
Tolete	Rodillos trozadores con goma en el lanzador y en la canasta, falta de cortina de cadenas en la canasta, sin placa difusora, sincronismo con los transbordos, paradas sin ajustes de los rodillos de alimentación superior, cadenas de los elevadores laterales flojos, el transbordo muy abundante, canasta llena y movimiento del elevador, gran abertura entre la cámara de limpieza y la canasta del elevador.
Tolete dañado o explotado	Mal ajuste de la placa que arroja los toletes después del trozador y pegan con las aspas del extractor, problema con el tren de rodos transportadores.

(Mangolini, 2016).

## E. METODOLOGÍAS DE PÉRDIDAS DE CAÑA EN COSECHA MECANIZADA EMPLEADAS EN OTROS PAÍSES

### 1. Central Azucarera Tempisque, S.A. Costa Rica.

Esta es una empresa agroindustrial dedicada al cultivo y procesamiento de la caña de azúcar y a la producción de azúcares y alcohol, ubicada en la provincia de Guanacaste en Costa

Rica. Con el objetivo de valorar el comportamiento del programa de evaluación de pérdidas de caña por efecto de la cosecha mecánica, se realizó un análisis de 11 periodos de zafras, y de estos algunos periodos con información relevante. El programa es desarrollado bajo la visión de un control diario del proceso y de su mejora continua. Se dispuso de una base de datos elaborada en el programa de control de calidad de la cosecha mecánica, específicamente dirigida a pérdidas de caña en el campo. La información corresponde desde la zafra 2002-2003 a la zafra 2012-2013. El programa cuenta con una ficha de muestreo que contempla la siguiente información: Sección, lote, variedad, área, número de corte, cosechadora, número de muestras por área, condición de corte (quemado o verde), posición del cañal (erecto, semivariado, varado), floración, peso del elemento en kilogramos y observaciones.

La unidad de muestreo empleada es de 10 m<sup>2</sup> (4 m x 2,5 m), se valoró una muestra por cada 1,5 ha. Los elementos identificados son: Caña corta que son trozos de caña que corta la cosechadora y por alguna razón no caen en el autovolteo. Caña entera o trozos se refiere a caña sin cortar que queda pegada en la cepa o también caña entera o trozos de caña de diferente longitud que quedan dispersos en el campo. Elemento Punta se define como porción de caña moledera sin corcho que queda en el cogollo por efecto del despunte de la cosechadora. Tocón se refiere a porciones de caña mayores de 2,5 cm que quedan en la cepa después del corte de las cuchillas del cortador base de la cosechadora.

Desde luego, es muy difícil la eliminación total del desperdicio de caña en el campo por efecto de la cosecha ya sea mecánica o manual. Sin embargo, para las condiciones de CATSA, la reducción o recuperación de solo un 1 % en estas pérdidas, reflejaría aproximadamente 6.500 toneladas que lograrían ser procesadas por la fábrica. Por lo tanto, la identificación de estas “fugas” de caña y concienciar a todo el personal de la importancia y alcances de su reducción, se ha constituido una labor prioritaria a partir de la zafra 2002-2003.

El proceso de mejora ha dado sus frutos, con una reducción de pérdidas en porcentaje del 1.22% y 1.57 toneladas de caña por hectárea desde que se inició el programa hasta la última zafra evaluada 2012-2013 la cual reporta un porcentaje de pérdidas de 1.85%.

Se ha mostrado una estabilidad en valores de pérdidas desde la zafra 05-06, lo cual la identificación de detalles de mejora por ejemplo en la reducción del elemento caña entera y/o trozos, es una labor importante para marcar diferencia en las próximas zafras (Vargas, 2013).

## 2. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria es un organismo de vanguardia en Argentina, líder del escenario agro-tecnológico en investigación, extensión e innovación, es un

organismo estatal descentralizado con autarquía operativa y financiera, dependiente del Ministerio de Agroindustria de la Nación.

El cultivo e industrialización de la caña de azúcar es una de las principales actividades socio-económicas en el noroeste argentino. En la actualidad ocupa una superficie estimada de 310.000 hectáreas cultivadas en todo el país, la cosecha mecanizada de tipo integral, se utiliza en casi el 70% de la superficie cultivada.

La experiencia local de la existencia de un método objetivo y ajustado para estimar las pérdidas y a la vez definir límites de tolerancia admisible o aceptable, son escasas. No obstante, la agroindustria y los productores independientes, no efectúan una valoración objetiva de las pérdidas generadas en la tarea de recolección de la caña. Se pueden citar como excepción a unos pocos Ingenios que poseen personal técnico especializado en cosecha, que conducen algún equipo de monitoreo durante la campaña. Se han intentado valoraciones, inclusive con la participación de expertos internacionales, pero finalizaron en metodologías de muy laboriosa aplicación. Lo que se pretende, es que la evaluación sea un método sencillo, rápido y económico, de fácil adopción.

El objeto de esta investigación es determinar las Pérdidas de Caña de Azúcar que se producen en la operación de cosecha Integral ante diferentes condiciones del cultivo, durante el periodo de zafra en la provincia de Tucumán.

La metodología de trabajo del muestreo es: Escoger tres puntos de muestreo sobre el sector del lote ya cosechado por la máquina. La superficie correspondiente a cada punto fue de 8 m<sup>2</sup>, definida por un marco de 5 m de longitud paralelo a la línea de avance de cosecha, por 1,6 m de ancho, que es la distancia general entre dos líneas de plantación.

Se recogió todo el material que se consideró molible y que se pueda reconocer como tal:

- Caña entera, no recolectada.
- Tocones cortados por arriba de lo normal.
- Porciones maduras, adheridas al cogollo.
- Trozos enteros.
- Trozos desmenuzados.

A su vez se diferenciaron estos tipos de pérdidas:

- Precosecha, no debe olvidarse que antes que ingrese la máquina al lote puede existir caña caída y otras pérdidas que se deben evaluar como de precosecha, ejemplo, caña caída o no recolectada, adherida o no al suelo antes de cosechar.
- Cosecha, en donde se diferencian dos subtipos cuando las máquinas ingresan.

- Tocones cortados con altura excesiva y trozada, caña cortada y sana que cayó de la cosechadora, por la mesa y cangilones.
- Soplada (extractor primario), conformado principalmente por trozos desmenuzados.

Simultáneamente tienen una ficha del sitio de muestreo, en donde se registra: Edad del cañaveral. Variedad. Rendimiento cultural (toneladas de caña por hectárea). Estado del terreno. Presencia de caña caída (%). Marca y modelo de la cosechadora. Antigüedad de la cosechadora. Velocidad de avance (km/h). Velocidad de los sistemas de limpieza. Antigüedad del operario.

Son fundamentales dos aspectos que influyen en las pérdidas: El operador, se debe familiarizar con los controles, ajustes y regulaciones que posee una máquina, para poder usarlos correctamente y lograr así la mejor calidad de cosecha posible, con respecto al cañaveral, se necesita tener una apreciación clara, a campo, del lugar donde se está trabajando para ajustar el trabajo a esas condiciones. El vuelco del cañaveral, dada la importancia definiremos que es el vuelco de caña, es toda caña postrada, que generalmente cae por su peso, se manifiesta generalmente en suelos húmedos, cuando ocurren inclemencias del tiempo como vientos arremolinados, muy fuertes y temporarios, acompañados por lluvias abundantes que vuelcan gran parte de las cañas en un lote.

Algunas de las conclusiones de esta investigación de medición de pérdidas en cosecha del cultivo caña azúcar en la provincia de Tucumán, durante la zafra azucarera 2009 fueron:

- De acuerdo a la experiencia realizada y su posterior análisis, se logra en una primera aproximación deducir la importancia de las pérdidas y ponderar los tipos y peso relativo de cada una de estas. Es importante resaltar que las condiciones del cultivo (vuelco, edad, etc.), influyen de manera notable sobre la posterior tarea de la cosechadora y su eficiencia de recolección.
- Si bien las pérdidas teóricamente son aceptables hasta el 2,5% del Rendimiento cultural, hubo empresas que se ajustaron a dichos valores, debido en gran parte a la capacitación y antigüedad de sus operarios, estado de las cosechadoras (nuevos modelos), calibración de las mismas y más importante aún, el contar con personal que realizaba dicho monitoreo de pérdidas (por estimación), lo cual repercutía en el accionar individual de cada cosechadora y el control de sus operarios.
- Caso el contrario, fueron otras empresas, en donde las pérdidas aumentaban, debido principalmente a la falta de experiencia del operario para esta labor y en donde el mismo trabajaba en diferentes condiciones del cultivo con la misma calibración en toda la máquina, excesiva velocidad de avance y mínimo o nulo mantenimiento de los elementos de corte y limpieza.

- En igual sentido se debe estandarizar y adoptar un control del monitoreo de pérdidas práctico y sencillo, que permita evaluar de un modo frecuente la calidad de las operaciones de cosecha.
- En cuanto a la importancia económica, si bien esta campaña fue el primer año de monitoreo sistemático de las pérdidas a campo, se rescató información objetiva para estimar el valor de estas.
- Tucumán procesó más de 9.200.000 toneladas provenientes de cosecha mecanizada integral. Las pérdidas por arriba del límite permitido (2,5%), fue de 1,96 %, lo que en volumen de caña dejada a campo representa un valor cercano a 180.000 toneladas. A valores actuales, representa una cifra de 21.000.000 de pesos, que el sector azucarero deja de percibir, incluyendo al productor de caña, cosechadores, transportistas y complejo fabril en su conjunto, sin incluir en esta estimación el valor adicional del etanol y el bagazo como energía (Sopena & Rodríguez, 2009).

### 3. Ministerio del Azúcar (MINAZ). Cuba.

MINAZ fue el organismo encargado de dirigir, ejecutar y controlar la política del Estado y gobierno en Cuba, en cuanto a actividades de la agricultura cañera, industria azucarera y sus derivados, así como su comercialización entre 1964 y 2011.

El objeto de este trabajo es establecer el procedimiento que se debe seguir para la determinación del porcentaje de pérdidas en la cosecha de cortes mecanizado. La correcta aplicación de estas indicaciones, en la cuales se establecen algunos métodos para el control de la calidad en la cosecha, puede contribuir a reducir dichas pérdidas y a crear una disciplina estable y consciente en esta tarea.

Se considera caña dejada en el corte mecanizado a:

- Toda la que aparezca en el área de muestrear.
- Tocones que sobresalgan los 2 cm.
- Trozos despedidos por las cosechadoras.
- Trozos caídos por mala sincronización del equipo, y con la transportación.
- Caña larga dejada de cortar por la cosechadora.

Los aspectos que se deben tener en cuenta para realizar la determinación del tanto por ciento de pérdidas en la cosecha son:

- La determinación de las pérdidas en la cosecha (muestreo) para el corte mecanizado, se realizará en campos en proceso, mientras que, en el corte manual, en campos terminados.

- La muestra de pérdidas en cosecha estará constituida por cinco submuestras.
- No se tomarán submuestras después de 20 h de haber sido cosechado el lugar.
- En la medida que se realice el muestreo se llevará un registro hasta completar el resultado de las cinco submuestras que en su conjunto constituyen los datos de una muestra.
- Si se realizan menos de cinco submuestras, no se podrá considerar como una muestra, y tampoco que el campo ha sido muestreado.
- La determinación del tanto por ciento en pérdidas en el corte mecanizado se debe efectuar después que los repasadores hayan hecho su trabajo.
- Se debe realizar la prueba rápida en el corte mecanizado como método preventivo para alertar a los operadores y jefes de brigadas sobre las pérdidas que se están produciendo.
- Cada empresa debe garantizar los recursos necesarios para que se realice el muestreo del 100% de los campos que se liberan en cada unidad productora.
- El complejo agroindustrial debe garantizar y establecer el mecanismo para el control sistemático de las pérdidas en cosechas.

Fundamentos del método: Este método se basa en la toma de muestra de los campos en proceso o cosechados, después de la recogida de caña; se pesa la caña dejada de cosechar en las áreas muestreadas y se obtienen las pérdidas de la cosecha.

Muestras: Para el corte mecanizado el área total de la muestra es de 48 m<sup>2</sup>, distribuidos en cinco áreas dentro del campo, con una longitud perpendicular a los surcos, de 4.8 m de ancho por 2 m de largo. El total de la caña dejada de cosechar en las cinco áreas muestreadas (submuestras) constituye la muestra del campo.

Muestreo: En cada empresa se hará el muestreo al 100% de los campos liberados y se deben establecer cuatro variantes en la distribución de las cinco áreas a muestrear dentro del campo.

Hay que establecer un plan de muestreo que incluyan las cuatro variantes, tratando de que no se pueda conocer de antemano por los que realizaron el corte de cómo será muestreada el área; es decir, no se aplicarán las diferentes variantes de forma sistemática. No se deben tomar para muestrear los cinco primeros surcos del campo, ni los cinco últimos por los efectos del borde. Es esencial que se aproveche al máximo las cantidades de cañas disponibles, y la reducción de las pérdidas en la cosecha es una tarea esencial para las zafras. Contar con métodos de cálculos lo más precisos posibles para inferir dichas pérdidas es una imperiosa necesidad, no sólo para saber la verdad acerca de ellas, sino también para prevenirlas (García, 2009).

## V. METODOLOGÍA

### A. LUGAR DEL EXPERIMENTO

Los lugares donde se realizó la toma de las 100 muestras fueron en fincas del Ingenio Pantaleón, donde estaban cosechando los frentes de cosecha mecanizada, las 100 muestras hechas se realizaron en los lotes de las fincas conforme al Cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de muestras hechas en los lotes de las fincas.

Finca	Código de Finca	Lote	Cantidad de muestras hechas
El Progreso	10674	203	6
El Progreso	10674	204	4
El Bálsamo	10005	701	8
Limonos-Pantaleón	10125	701	12
El Bálsamo	10005	1901	18
Agua Blanca	10101	113	12
Reforma Naranjales	10137	701	6
Don Ra	10384	101	6
Agua Blanca	10101	103	22
La Esmeralda	10176	101	6

#### 1. Ubicación.

A continuación, se presenta en el Cuadro 4 la ubicación de las fincas, utilizando el sistema de coordenadas WGS 84 UTM Zona 15N, donde también se detalla el estrato que se encuentra la finca y el área que posee la misma. En el Anexo 1 se encuentra los mapas de ubicación de las fincas y lotes muestreados.

Cuadro 4. Ubicación de las fincas.

Finca	Finca	Lote	Estrato	Área_ha	X_UTM	Y_UTM	Z_msnm
El Progreso	10672	204	Litoral	133.99	691396	1545338	8
El Progreso	10672	203	Litoral	118.94	690683	1545221	5
El Bálsamo	10005	701	Medio	58.38	714154	1578746	254
El Bálsamo	10005	1901	Medio	43.15	714298	1575002	195
Limonos Pantaleón	10125	701	Bajo	116.07	711092	1563509	56
Agua Blanca	10101	113	Bajo	48.65	710716	1568607	96
Agua Blanca	10101	103	Medio	92.67	711123	1570857	118
Reforma Naranjales	10137	701	Medio	15.98	707289	1576512	173
Don Ra	10384	101	Medio	29.86	719264	1571697	140
La Esmeralda	10176	101	Medio	31.45	718605	1571753	144

## B. ÉPOCA DE MEDICIÓN

Los muestreos se ejecutaron en diciembre, es decir, en el primer tercio de la zafra 2018-2019.

## C. PLAN EXPERIMENTAL

El diseño estadístico utilizado para la investigación fue comparación de medias.

Se efectuaron en campo los 100 muestreos de caña de las dos metodologías, obteniendo información para la comparación de las dos metodologías para la estimación de las pérdidas de caña de azúcar en cosecha mecanizada, se muestreo en siete fincas de Ingenio Pantaleón (Cuadro 4) en el primer tercio de la zafra 2018-2019; el muestreo con la metodología de Pantaleón lo hizo el personal del departamento de Calidad y Conformidad de Operaciones Agrícolas de ingenio Pantaleón; el muestreo con la metodología que recomienda utilizar CENGICAÑA y el comité de Cosecha de la Agroindustria Azucarera de Guatemala lo realizo el estudiante. La descripción de las metodologías de CENGICAÑA y Pantaleón se muestra más adelante.

El análisis estadístico que se manejó para la comparación de los resultados obtenidos de ambas metodologías de estimación de pérdidas de caña de azúcar en cosecha mecanizada fue la Prueba t Student de muestras independientes en el software Excel 2016 para determinar la existencia o no de diferencia estadística significativa entre la metodología de CENGICAÑA comparado con la de Pantaleón.

## D. MATERIALES

Los materiales que se utilizaron para realizar los muestreos fueron:

- Sistema de medición (ganchos con lazo de 12.7 metros; CENGICAÑA)
- Boleta (CENGICAÑA)
- Calculadora
- Guantes
- Rastrillo
- Machete
- Costal
- Balanza digital
- Cinta métrica
- Tableta electrónica (Pantaleón)

## E. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE CENGICAÑA

En esta metodología se utilizó seis variables de medición de pérdidas y una de no pérdida. En el Anexo 2 se muestra ilustraciones de cada variable de medición, estas se clasifican en:

- Caña entera. Fracción de caña con un tamaño igual o mayor a 30 centímetros. Esta caña puede o no estar anclada a la macolla.
- Canuto o tolete. Es la caña que pasó por el sistema de corte de la máquina, puede estar aplastado o no. Los extremos pueden presentarse astillados o con un corte normal (corte suave en ambos extremos) o el corte de base (grueso cortado en un extremo y plano en el otro).
- Tocón. Fracción del tallo de caña no cortada por la máquina, corte por encima de la superficie del suelo, que se adjunta a las raíces y que tiene una longitud entre 1 centímetro y 30 centímetros. Con una longitud mayor esta se considera como caña entera.
- Caña de punta. Fracción de la caña por debajo del punto de quiebre natural del cogollo. Esto se hace rompiendo manualmente la sección.
- Astillas. Son fragmentos de caña totalmente desgarrados.
- Pedazos. Son todas las partes visibles de la caña sin las características que definen a los tocones, tolete, caña entera, punta o astilla y por lo tanto no encajan en ninguno de los ajustes mencionados anteriormente.
- Otros. NO SE CONSIDERAN PÉRDIDAS, pero es importante cuantificarlo para compartir el dato con campo, son factores que se pueden mejorar, pero que le dificultan a cosecha llevarse la caña con esas características. Se consideran en otros: caña podrida, caña con daño de plagas (barrenador, roedor, etc.) y mamones.

La representatividad de cada muestra no puede exceder el valor de tres hectáreas por muestra. Si por ejemplo una máquina cosecha en promedio 700 toneladas de caña por día en un campo con promedio de rendimiento de 100 TCH (toneladas de caña por hectárea) la superficie cosechada serán siete hectáreas por día. Si tiene un frente de tres cosechadoras, la cosecha total serán 21 hectáreas con tres hectáreas por muestra = siete muestras. Si el objetivo es evaluar una máquina en particular, deben recogerse diez muestras de la superficie cosechada de siete hectáreas. (Mangolini, 2016)

La evaluación se realizó con los siguientes cinco pasos: ubicación del punto de muestreo; tamaño y delimitación de la muestra; clasificación de las variables de medición; pesado de las variables de medición; estimación de pérdidas.

## 1. Ubicación del punto de muestreo

En este paso se utilizó el de la metodología de Pantaleón para encontrar la ubicación del punto de muestreo porque se tomó la muestra en el mismo lugar del personal del departamento de Calidad y Conformidad de Operaciones Agrícolas de Ingenio Pantaleón. Pero a continuación se presentan dos opciones más para poder hacerlo. Lanzamiento de objeto hacia algún sitio del lote y cuadrícula de surcos y pasos.

### a. Lanzamiento de objeto para la ubicación de muestra

- Se contabiliza la cantidad de surcos cosechados en el área de muestreo.
- El total de los surcos se divide entre dos para establecer la mitad.
- Se debe medir el largo del surco y dividirlo entre la cantidad de muestras que se realizarán, el resultado son los metros que se deben medir desde la orilla del lote hacia dentro para poder establecer el primer punto de muestreo.
- Para ubicar la siguiente muestra se utiliza algún objeto que pueda ser lanzado (botella plástica con tierra, estaca con cinta de nylon, etc.) El objeto se lanza hacia algún lugar del lote y donde cae es donde se realizará el siguiente muestreo.

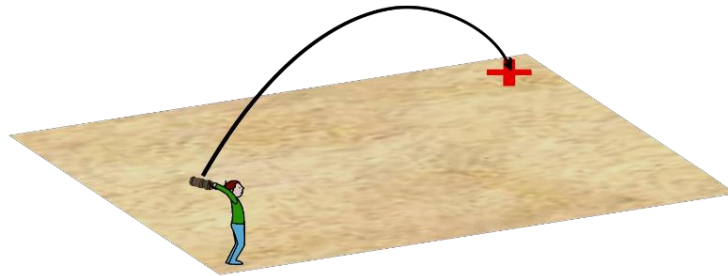


Ilustración 2. Lanzamiento de objeto para la ubicación de la muestra.

(Villatoro & Morales, 2017)

### b. Cuadrícula de surcos y pasos

- Se utiliza una hoja que tenga una cuadrícula de 30 filas \* 30 columnas.
- Se deben de contar cuantos surcos existen en el área.
- Se deben de contar con cuantos pasos se llega de un punto a otro del surco.
- Las columnas representan los surcos y las filas representan los pasos.
- Se realiza el cálculo para saber el factor de corrección a utilizar.
- Se debe de procurar realizar las muestras de forma que estén ubicadas espacialmente de manera que no se repita el surco ni el número de pasos entre muestras.
- Se sugiere como ejemplo la Ilustración 3.

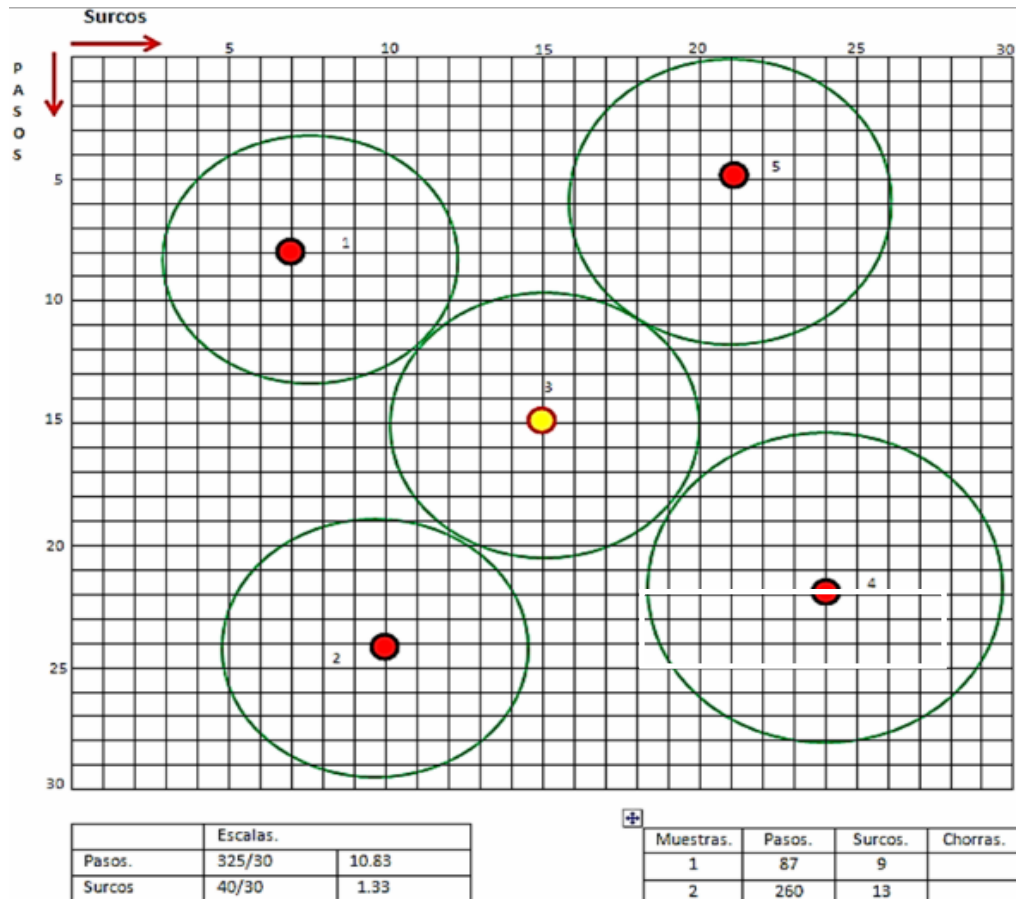


Ilustración 3. Cuadrícula de pasos y surcos

## 2. Tamaño y delimitación de la muestra

La parcela fue de 10 m<sup>2</sup> (diez metros cuadrados), para que la obtención del dato en toneladas métricas de caña por hectárea (TCH) sea calculado de forma fácil y directa. Se hizo dejando dos surcos de caña de azúcar en el centro de la parcela. Para establecer el ancho y el largo de la parcela se utiliza el distanciamiento de siembra como parámetro. Las dimensiones que se utilizó son de acuerdo a distintos distanciamientos de siembra se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Dimensiones de la parcela para medir pérdidas visibles

Área deseada	Distanciamiento entre surcos (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro de parcela (m)	Promedio de perímetro (m)
10 m <sup>2</sup>	1.4	2.8	3.57	9.996	12.74	12.7
	1.5	3	3.33	9.99	12.66	
	1.75	3.5	2.85	9.975	12.7	
	1.8	3.6	2.75	9.9	12.7	

Para facilitar la labor en el campo, se recomienda utilizar ganchos. Se utilizan cuatro ganchos y se les debe de adicionar un lazo o cuerda con una medida de 12.7 metros de largo; el cual cubre el perímetro de las parcelas no importando el tamaño de distanciamiento, de acuerdo a los datos presentados en el Cuadro 5.

Los distintos tamaños de parcela, considerando los principales distanciamientos de siembra actualmente utilizados en Guatemala se presentan en las imágenes A, B, C y D de la Ilustración 4.

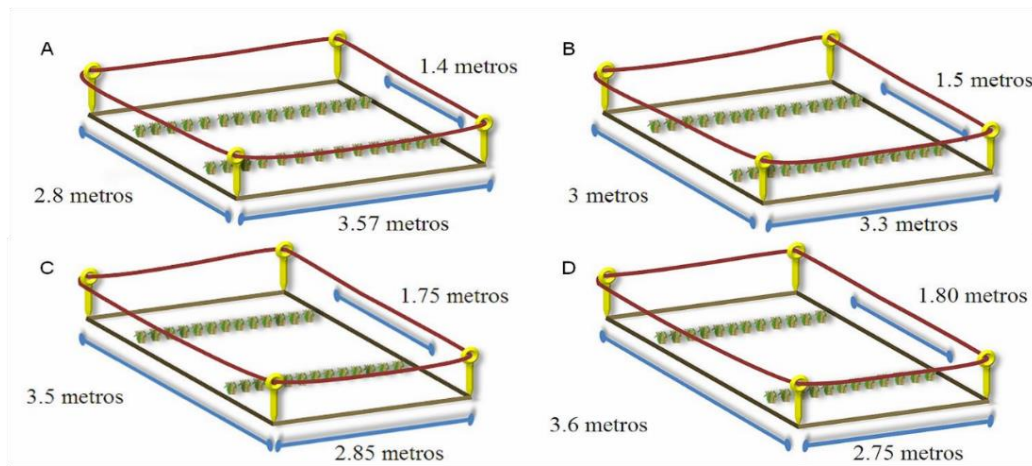


Ilustración 4. Dimensiones de las parcelas de muestreo para los distanciamientos de siembra.

A. 1.40 metros. B. 1.50 metros. C. 1.75 metros. D. 1.80 metros.

(Villatoro & Morales, 2017)

### 3. Clasificación de las variables de medición

En cada parcela se separó el rastrojo de caña y se separó los componentes de caña dejada en campo de la siguiente manera: Caña entera, canuto o tolete, astilla, tocón, punta de caña, pedazos y otros (Ilustración 5). Los diferentes componentes se presentan en el Anexo 2.



Ilustración 5. Variables de medición en la metodología de pérdidas visibles.

#### 4. Pesado de las variables de medición


Después del clasificado del material, se procedió a pesar cada componente utilizando la unidad de medida (gramos). Se recomienda utilizar una balanza digital para que los datos sean precisos.



Ilustración 6. Pesado de las variables de medición.

#### 5. Estimación de pérdidas

Los resultados se anotaron en la boleta de campo que se presenta en la Ilustración 7.

 <b>MEDICIÓN DE PÉRDIDAS DE CAÑA EN COSECHA</b>										v3 12/01/2018		
Ingenio			Finca			Lote			Frente			
Marca cosechadora			Ancho trocha cosechadora externo			Distanciamiento de siembra						
Ancho trocha autovolteo externo			Velocidad			Turno cosecha			Día	Noche		
Evaluador			# de cortes			Despuntador			Si	No	Fecha	
Textura del suelo			Variedad			Corte			Quemado		Verde	
RPM extractor primario			Ancho de cepa						OBSERVACIONES			
Dirección del surco			N - S	E - O	Surco	Simple	Doble					
Condición del cañaveral			Postrado	Semi-postrado	Erecto							
Altura de la mesa			Bajo (0-10 cm)	Medio (10-20 cm)	Alto (> 20 cm)							
CÓDIGO OPERADOR												
CÓDIGO COSECHADORA												
NÚMERO DE LOTE												
Variables de medición			MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA					
Caña entera (g)												
Canuto o tolete (g)												
Tocón (g)												
Caña de punta (g)												
Astillas (g)												
Pedazos (g)												
Otros (g)												
TOTAL PERDIDA (g)												
Pérdida Kg = TCH (métricas)												

CÓDIGO OPERADOR											
CÓDIGO COSECHADORA											
NÚMERO DE LOTE											
Variables de medición			MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA				
Caña entera (g)											
Canuto o tolete (g)											
Tocón (g)											
Caña de punta (g)											
Astillas (g)											
Pedazos (g)											
Otros (g)											
TOTAL PERDIDA (g)											
Pérdida Kg = TCH (métricas)											

Ilustración 7. Boleta de campo para medir pérdidas en campo.

a. Las pérdidas se pueden estimar de dos formas:

1) Absoluta. expresada en TCH.

De esta forma se estimó la pérdida para esta investigación. Se obtuvo de dividir el valor obtenido de masa dentro de la parcela dentro del área de la parcela, considerando el distanciamiento de siembra, con los datos del Cuadro 5.

Ecuación 1. Pérdida absoluta

$$\text{Pérdidas} \left( \frac{t}{ha} \right) = \frac{\text{Pérdidas en campo} \left( \frac{g}{10 m^2} \right)}{1,000} = \left( \frac{g}{10 m^2} \right) \times \left( \frac{10,000 m^2}{ha} \right) \times \left( \frac{t}{1,000,000 g} \right)$$

Ejemplo: Estimar las pérdidas TCH en cosecha mecanizada con la metodología de CENGICAÑA.

Cuadro 6. Ejemplo del total de caña dejada en campo con la metodología de CENGICAÑA.

Clasificación de las variables	Peso en gramos (gr)
Caña entera	1800
Tolete	1200
Tocón	800
Caña Punta	0
Astillas	200
Pedazos	700
Total caña dejada en campo	4700

Ecuación 1. Pérdida absoluta

$$\text{Pérdidas} \left( \frac{\text{t}}{\text{ha}} \right) = \frac{4700 \left( \frac{\text{g}}{10 \text{ m}^2} \right)}{1,000} = \left( \frac{4700 \text{ g}}{10 \text{ m}^2} \right) \times \left( \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{ha}} \right) \times \left( \frac{\text{t}}{1,000,000 \text{ g}} \right) = 4.7 \text{ TCH}$$

2) Porcentaje de la productividad de la caña de azúcar (%).

Esta es otra forma de estimar las pérdidas, pero no se utilizó. Se obtiene de la planta o determinarlo en el campo, más el volumen perdido de caña, todo en TCH (Ecuación 2).

Ecuación 2. Pérdida de porcentaje de la productividad de la caña de azúcar (%).

$$\text{Perdidas (\%)} = \frac{\text{Pérdidas en campo (TCH)}}{\text{Productividad del campo (TCH)} + \text{Perdidas en campo (TCH)}}$$

## F. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN DE PANTALEÓN

A continuación, se presenta la metodología que utiliza Pantaleón, basado en una gira demostrativa en campo en la zafra 2017-2018. En el Anexo 3 se muestra ilustraciones de cada variable de medición, estas se clasifican en:

- Caña larga: Es la caña que se cortó y tiene más de un metro de largo.
- Caña corta picada: Es la caña que se cortó y tiene menos de un metro de largo.
- Caña pegada: Es la caña que no se cortó (está anclada a la macolla) y tiene más de 30 cm.
- Tocón: Caña que no se cortó (está anclada a la macolla) y tiene longitud de 5 cm hasta 30 cm.
- Caña pisoteada: Es la caña que sufre daño por pisoteos por las maquinas durante la cosecha, esta puede estar o no anclada a la macolla.

- Tolete bueno: Es el tallo de la caña que pasó por el sistema de corte de la máquina, de forma normal y sin golpes.
- Tolete dañado: Es el tallo de la caña que pasó por el sistema de corte de la máquina, esta puede presentar corteza levantada, golpes, rajaduras causadas por el corte, quebrado o pisoteado.
- Caña deshilachada: son los pedazos o astillas del tallo de la caña.

La evaluación de la caña dejada lo realizó el personal del departamento de Calidad y Conformidad de Operaciones Agrícolas de ingenio Pantaleón en cosecha mecanizada en corte en verde y quemado con los siguientes cinco pasos: ubicación del punto de muestreo; tamaño y delimitación de la muestra; clasificación de las variables de medición; pesado de las variables de medición; estimación de pérdidas.

## 1. Ubicación del punto de muestreo

Se distribuyó el número de muestras a realizar en el lote, dependiendo del área que posean. Se colocaron a los 20 surcos del extremo del lote y midieron 30 m de la ronda hacia adentro, esto para ubicar el primer punto de muestreo.

Para ubicar los siguientes puntos de muestreos caminaron los siguientes 50 surcos y 50 m hacia dentro del lote en zonas baja y litoral; en zonas media y alta 75 surcos y 50 m hacia adentro del lote, utilizando los pasos (recomendado calibrar los pasos), se distribuye en zig zag. Ver Ilustración 8.

Para pantes pequeños e irregulares de 1-3 hectáreas realizar solo una muestra, para encontrar el punto de muestreo se debe contar 50 surcos a partir de la ronda y luego medir 30 m de la ronda hacia adentro del pante.

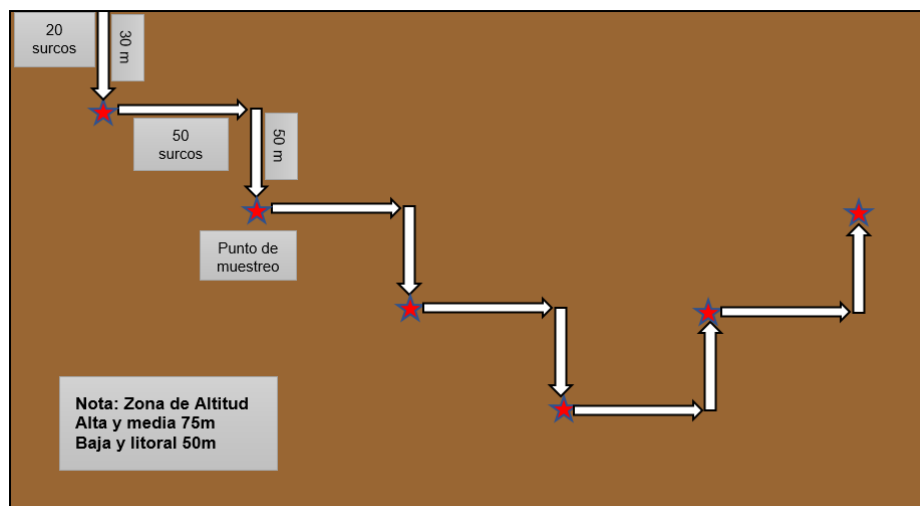


Ilustración 8. Ubicación de puntos de muestreo zig zag.

## 2. Tamaño y delimitación de la muestra

Se delimitó el área de 75 m<sup>2</sup> (10 m de largo del surco por 7.5 m de ancho entre los surcos) en los puntos de ubicación.



Ilustración 9. Tamaño del área de muestreo.

## 3. Recolección y clasificación de las variables de medición

En cada parcela se separó el rastrojo de caña y se separó los componentes de caña dejada en campo de la siguiente manera: caña larga, caña corta, caña pegada, tocón, caña pisoteada, tolete bueno, tolete dañado y caña deshilachada (Ilustración 10). En especial en corte en verde se debe remover bien el rastrojo dejado en el suelo por la cosecha para revisar bien y detectar caña dejada en la parcela. Los diferentes componentes se presentan en el anexo 3.



Ilustración 10. Recolección y clasificación de las variables de medición

## 4. Pesado de las variables de medición

Después de recolectar y clasificar la caña dejada dentro de la parcela se pesó con una balanza digital cada una de las variables y determinar el peso. Se recomienda tarar bien el peso

del recipiente en donde se colocará la caña y estar revisando el funcionamiento correcto de la balanza y no sobrepasar la capacidad de peso de la balanza.



Ilustración 11. Pesado de las variables de medición.

## 5. Anotación y estimación de las pérdidas.

Luego de pesar correctamente cada variable de pérdida, se teclea el dato en la tableta que proporciona el ingenio a su personal, con la finalidad de determinar las toneladas de caña dejada por hectárea en cosecha mecanizada. Utilizar la tableta tiene una gran ventaja porque al ingresar el peso de cada variable, automáticamente el programa calcula las toneladas de caña dejada por hectárea (Ilustración 12) y también georreferencia el punto de muestreo. Pero para poder entender el funcionamiento se mostrará un ejemplo para la estimación de la pérdida de TCH.

← 6-CA-R010 Muestreo de caña dejada en el campo por la cosecha (COSECHA MECANIZADA)									
Fecha	4/12/2018		Distancia/Surco	1.75		Quemado o en Verde	Verde		
Finca	10672		Supervisor corte	Mario Efraín Lopez Diaz		TOTAL CAÑA DEJADA	4.27968		
Lote	204		Sistema de cosecha	8 MEVD MECANIZADO..		GUARDAR			
Área	127,49		Labor	1811 Corte Mecanizado..		AGREGAR DETALLE			
Zona	ZONA 6		Condición de cañal	Semi postrado					
Frete cosecha	17		Observaciones						
Numero muestra	gr. Caña larga (> 1m)	gr. Caña pisoteada	gr. Caña corta picada (< gr. Caña pegada > 0.30m gr. Teñón < 0.30m)	gr. Telete bueno	gr. Telete dañado	gr. Caña deshilachada			
1	0	1320	11580	580	3020	0	4340	120	
2	0	9260	25740	5540	3840	380	15380	240	
3	0	7740	3540	0	0	0	4340	0	
4	1440	4760	14460	2540	4680	0	3200	350	
<b>Totál</b>	<b>1440,0</b>	<b>23080,0</b>	<b>55320,0</b>	<b>8650,0</b>	<b>11540,0</b>	<b>380,0</b>	<b>27260,0</b>	<b>710,0</b>	
Promedio	360,0	5770,0	13830,0	2165,0	2885,0	95,0	6815,0	177,5	

Ilustración 12. Registro de caña dejada en la tableta.

Ejemplo. Estimar las pérdidas TCH en cosecha mecanizada con la metodología de Pantaleón.

Cuadro 7. Ejemplo del total de caña dejada en campo con la metodología de Pantaleón.

Clasificación de las variables	Peso en gramos (gr)
Caña larga	2000
Caña corta picada	3000
Caña pegada	1000
Tocón	1000
Tolete bueno	1500
Tolete dañado	300
Caña deshilachada	200
Total caña dejada en campo	9000

Ton/ha = Total de caña dejada en campo / 7500 (constante)

Ton/ha = 9000 gr / 7500 = 1.20 Ton/ha

¿Cómo surge la constante 7500?

$$\frac{7.5 \text{ m de ancho} * 10 \text{ m de largo (75m}^2)}{\text{Total de caña dejada en campo (gr)}} * \frac{1 \text{ hectarea}}{10000 \text{ m}^2} * \frac{1000000 \text{ gr}}{1 \text{ tonelada}} = \frac{75 * 1000000}{10000} = 7500$$

El total de caña dejada en campo está en el denominador y por esa razón esta constante se divide. Para calcular las toneladas métricas de caña por hectárea dejada en campo utilizando la constante 7500 se debe utilizar cuando la parcela es de 75 m<sup>2</sup>.

## VI. RESULTADOS

### A. METODOLOGÍA DE CENGICAÑA Y PANTALEÓN

En el Cuadro 8 se muestran los resultados de las estimaciones de pérdidas (TCH) obtenidos en las 100 muestras, utilizando la metodología para estimar las pérdidas de caña de azúcar en cosecha mecanizada de CENGICAÑA y Pantaleón, realizados en fincas de Ingenio Pantaleón. En los Anexos 4 y 5 se encuentra las pérdidas detalladas de cada variable de medición de las dos metodologías.

Cuadro 8. Resultados de las pérdidas de caña de azúcar de ambas metodologías.

No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Metodología CENGICAÑA (TCH)	Metodología PANTALEÓN (TCH)
1	4/12/2018	El Progreso	10674	203	11.14	6.18
2	4/12/2018	El Progreso	10674	203	10.00	5.43
3	4/12/2018	El Progreso	10674	203	6.32	7.06
4	4/12/2018	El Progreso	10674	203	7.40	4.51
5	4/12/2018	El Progreso	10674	203	3.04	2.71
6	4/12/2018	El Progreso	10674	203	7.26	3.97
7	4/12/2018	El Progreso	10674	204	3.16	2.79
8	4/12/2018	El Progreso	10674	204	11.26	8.05
9	4/12/2018	El Progreso	10674	204	3.59	2.08
10	4/12/2018	El Progreso	10674	204	6.40	4.19
11	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	3.52	2.12
12	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	2.32	0.90
13	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	2.26	1.08
14	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	5.14	2.30
15	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	0.94	0.58
16	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	2.70	1.13
17	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	3.72	1.35
18	5/12/2018	El Bálsamo	10005	701	3.96	1.78
19	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.38	1.05
20	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	1.14	1.48
21	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.48	0.33
22	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	1.52	0.15
23	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	2.78	0.71
24	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.36	0.37
25	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	1.48	0.25
26	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	1.18	0.44
27	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.60	0.34
28	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.12	0.86

No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Metodología CENGICAÑA (TCH)	Metodología PANTALEÓN (TCH)
29	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.64	0.82
30	6/12/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.40	0.59
31	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	3.20	2.02
32	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.50	0.90
33	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.28	2.00
34	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.98	0.80
35	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.90	1.15
36	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.08	1.09
37	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	2.68	2.13
38	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	3.36	1.12
39	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	5.24	1.57
40	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.58	0.88
41	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.34	0.98
42	7/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.96	1.65
43	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.70	1.20
44	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.42	1.17
45	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.16	1.02
46	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	2.02	0.32
47	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.00	0.43
48	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	0.30	0.66
49	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.18	2.54
50	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.36	0.78
51	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	2.10	0.80
52	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	2.98	0.79
53	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.10	1.66
54	11/12/2018	Agua Blanca	10101	113	1.78	1.82
55	12/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	2.72	1.38
56	12/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.44	0.92
57	12/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.10	0.12
58	12/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.14	1.23
59	12/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	2.30	1.37
60	12/12/2018	El Bálsamo	10005	1901	4.02	3.00
61	12/12/2018	Reforma Naranjales	10137	701	1.88	2.36
62	12/12/2018	Reforma Naranjales	10137	701	3.68	1.60
63	12/12/2018	Reforma Naranjales	10137	701	5.62	3.61
64	12/12/2018	Reforma Naranjales	10137	701	2.66	3.07
65	12/12/2018	Reforma Naranjales	10137	701	2.42	2.04

No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Metodología CENGICAÑA (TCH)	Metodología PANTALEÓN (TCH)
66	12/12/2018	Reforma Naranjales	10137	701	2.30	2.63
67	13/12/2018	Don Ra	10384	101	0.22	1.31
68	13/12/2018	Don Ra	10384	101	3.06	2.74
69	13/12/2018	Don Ra	10384	101	0.76	0.76
70	13/12/2018	Don Ra	10384	101	1.10	1.52
71	13/12/2018	Don Ra	10384	101	3.08	1.17
72	13/12/2018	Don Ra	10384	101	2.24	1.17
73	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.72	1.36
74	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.44	0.83
75	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	1.18	1.13
76	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.34	1.72
77	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	1.42	0.45
78	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.92	1.18
79	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	3.84	0.59
80	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.60	0.74
81	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.48	2.61
82	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.80	0.89
83	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	1.58	2.16
84	14/12/2018	Agua Blanca	10101	103	2.26	0.77
85	18/12/2018	La Esmeralda	10176	101	1.64	2.25
86	18/12/2018	La Esmeralda	10176	101	3.40	1.86
87	18/12/2018	La Esmeralda	10176	101	2.18	1.74
88	18/12/2018	La Esmeralda	10176	101	1.96	0.85
89	18/12/2018	La Esmeralda	10176	101	4.58	3.86
90	18/12/2018	La Esmeralda	10176	101	1.56	1.45
91	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	1.76	2.05
92	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.90	2.80
93	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	2.16	1.69
94	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	0.28	0.51
95	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	2.28	1.58
96	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	1.64	2.65
97	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	3.12	5.97
98	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	2.08	1.65
99	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	2.24	3.06
100	19/12/2018	Agua Blanca	10101	103	1.20	1.40

## VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la Ilustración 13 se puede apreciar las tendencias de altas y bajas en la estimación de pérdidas de caña de la metodología de CENGICAÑA comparado con el de Pantaleón, donde se determinó que en 62 muestras la metodología de CENGICAÑA estimó mayor pérdida de caña que Pantaleón, y la metodología de Pantaleón solo en 38 muestras fue mayor.

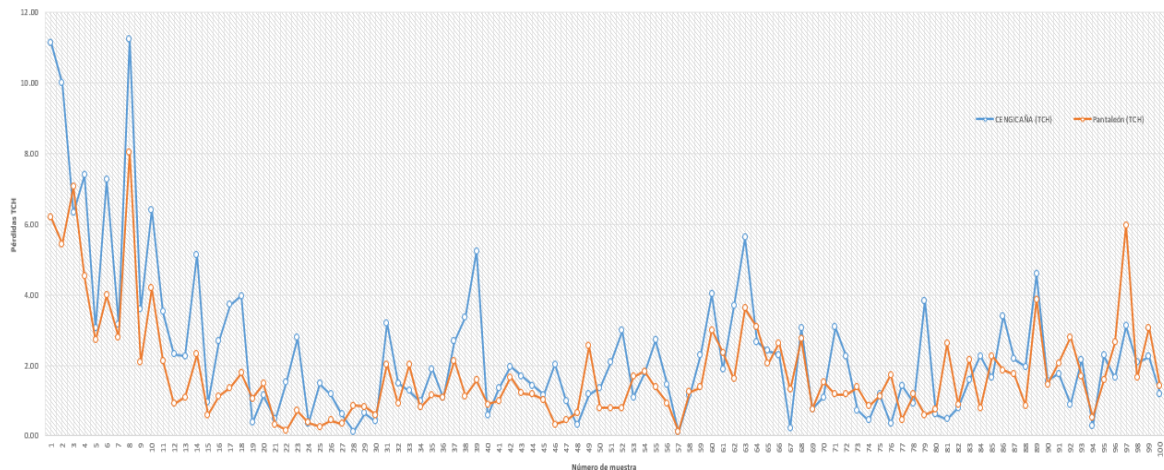


Ilustración 13. Pérdida de caña por muestra de las dos metodologías.

### A. COMPARACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS

Se utilizó para el análisis estadístico una prueba de t student para comparar las estimaciones de pérdidas (TCH) de la metodología de CENGICAÑA contra la de Pantaleón. Pero antes se realizó una Prueba F para determinar la homogeneidad de las varianzas de las dos muestras, esto se muestran en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba F para varianzas de dos muestras.

	CENGICAÑA	PANTALEÓN
Media	2.37	1.77
Varianza	4.60	2.10
Observaciones	100	100
Grados de libertad	99	99
F	2.18	
P(F<=f) una cola	0.000062	
Valor crítico para F (una cola)	1.39	

Dado que el estadístico  $F = 2.18$  por tanto mayor que el valor crítico  $= 1.39$  y que la probabilidad de estadístico  $0.000062$  es inferior a  $0.05$ , se asume que las varianzas presentan diferencias estadísticamente significativas, es decir, son varianzas desiguales.

Se continuó el análisis estadístico utilizando la Prueba  $t$  student para dos muestras independientes suponiendo varianzas desiguales, los resultados se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Prueba  $t$  para dos muestras suponiendo varianzas desiguales.

	CENGICAÑA	PANTALEÓN
Media	2.37	1.77
Varianza	4.60	2.10
Observaciones	100	100
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	174	
Estadístico $t$	2.29	
$P(T \leq t)$ una cola	0.011	
Valor crítico de $t$ (una cola)	1.65	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.023	
Valor crítico de $t$ (dos colas)	1.97	

Dado que Estadístico  $t = 2.29$  y que es mayor que el Valor crítico de  $t$  (dos colas)  $= 1.97$ , y que la  $P$  (dos colas)  $= 0.023$  es inferior a la significancia  $\alpha = 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula. Se demuestra por medio de este análisis estadístico que existe evidencia en contra de que las medias de las dos metodologías sean iguales, es decir, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre las metodologías para estimar las pérdidas de caña en cosecha mecanizada de CENGICAÑA y Pantaleón.

Se observa en el Cuadro 10 que la metodología de Pantaleón presenta una varianza de 2.10 TCH y una media de 1.77 TCH; la metodología de CENGICAÑA tiene una varianza de 4.60 TCH y una media de 2.37 TCH; la metodología de Pantaleón es más confiable en estimar las pérdidas de caña de azúcar en cosecha mecanizada porque su varianza es menor a la varianza de CENGICAÑA, es decir, los resultados de Pantaleón tiene menor variabilidad con respecto a su media, al contrario CENGICAÑA sus resultados tiene mayor variabilidad respecto a su media.

## B. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS CON LA METODOLOGÍA DE CENGICAÑA

Se observa en el Cuadro 10, en las 100 muestras hechas, en promedio se estimó pérdidas de 2.37 TCH.

En el Anexo 4 se encuentra las pérdidas detalladas de cada variable de medición de la metodología de CENGICAÑA, según ello se realizó la comparación para demostrar la variable de medición de pérdida de mayor importancia de esta metodología.

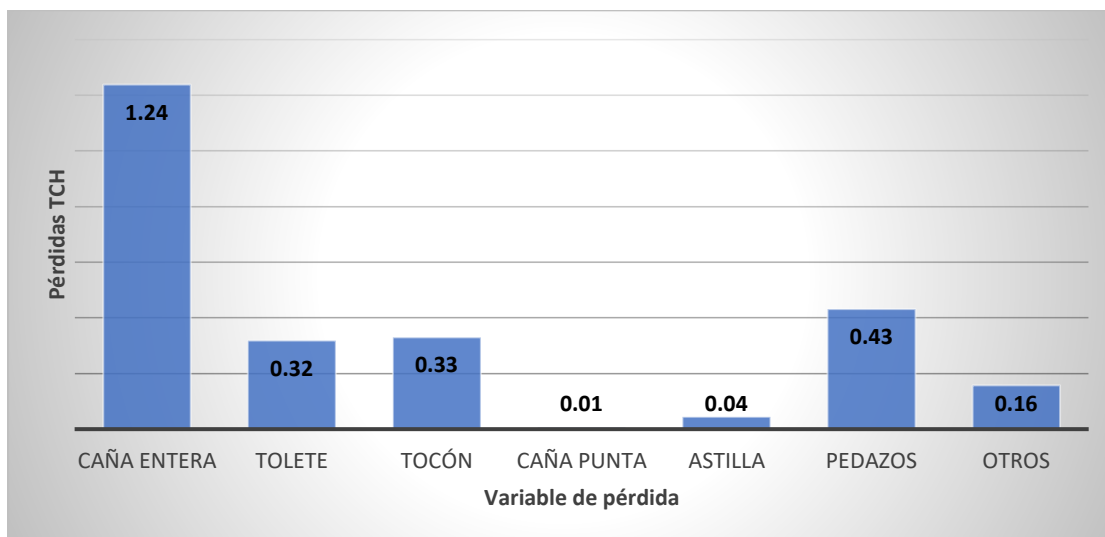


Ilustración 14. Pérdidas de caña de las variables de medición de CENGICAÑA

En la Ilustración 14 se visualiza que la variable de medición de pérdida de mayor relevancia de la metodología de CENGICAÑA es caña entera que en promedio presentó pérdidas de 1.24 TCH, representando el 52.3 % de la pérdida total que hubo en cosecha mecanizada de Ingenio Pantaleón. También aparece la variable de no pérdida denominada como OTROS, este no se toma en cuenta como pérdida, pero es importante cuantificarlo para estimar las pérdidas de caña que se producen por daños de plagas o enfermedades en producción, en OTROS se obtuvo pérdidas de 0.16 TCH, esta información se puede utilizar para mejorar el control de plagas y enfermedades, reduciendo esta pérdida en producción, para no afectar al área de cosecha.

## C. ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS CON LA METODOLOGÍA DE PANTALEÓN

Se muestra en el Cuadro 10, en las 100 muestras realizados por el personal del departamento de Calidad y Conformidad de Operaciones Agrícolas de Ingenio Pantaleón, en promedio se estimó pérdidas de 1.77 TCH.

En el Anexo 5 están las pérdidas detalladas de cada variable de medición de la metodología de Pantaleón, con esta información se realizó la comparación para demostrar la variable de medición de pérdida de mayor importancia de esta metodología.

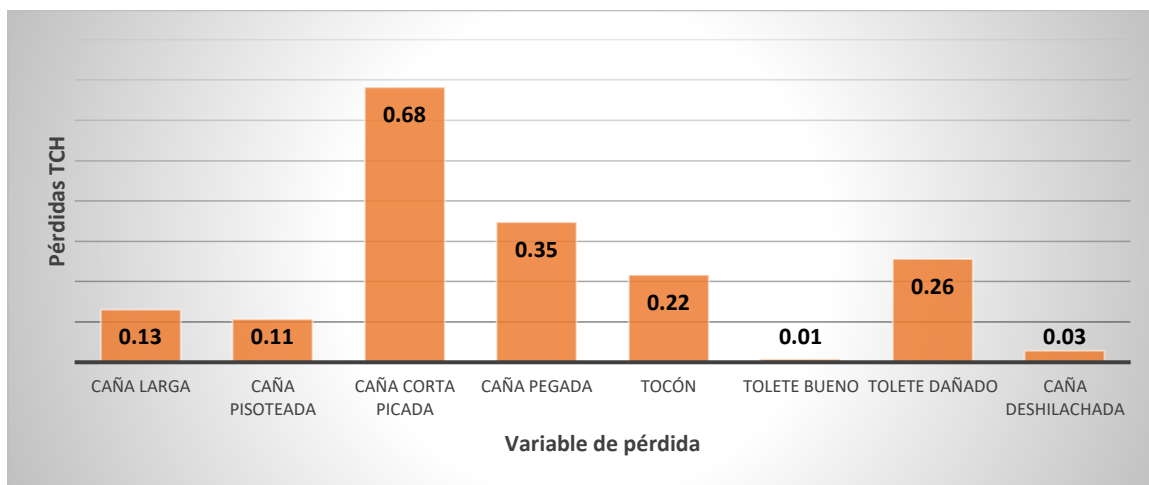


Ilustración 15. Pérdidas de caña de las variables de medición de Pantaleón.

Se muestra en la Ilustración 15 que la variable más importante de pérdida caña de la metodología de Pantaleón es caña corta picada estimando en promedio pérdida de 0.68 TCH, representando el 38.4 % del total de la pérdida caña en cosecha mecanizada de Ingenio Pantaleón.

## D. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

En la comparación de las metodologías por medio de la t student de dos muestras independientes se comprobó que entre la metodología de CENGICAÑA y la de Pantaleón existe diferencia estadística, lo que implica es que al realizar los muestreos de caña con la metodología de CENGICAÑA no estima las mismas pérdidas de caña de azúcar que la metodología de Pantaleón.

Para afirmar que una metodología representa lo más exacto posible las pérdidas reales de las toneladas de caña en una hectárea se debe de realizar una investigación aparte, actualmente en Guatemala no existe un estudio sólido de esto, en consecuencia, no se sabe con certeza qué metodología es representativa, es decir, cuál metodología es más precisa en estimar las pérdidas de caña en cosecha mecanizada.

Se le sugiere a Ingenio Pantaleón seguir con la metodología que manejan actualmente porque este estudio no demuestra cuál de estas dos metodologías es más representativa para estimar las pérdidas de caña, solo comprueba que entre las dos metodologías no estiman las

mismas pérdidas de caña, el objetivo era determinar que no hubiera diferencia estadística entre las metodologías para poder sustituir la metodología de Pantaleón por la de CENGICAÑA que es más eficiente.

## VIII. CONCLUSIONES

- La metodología para estimar la pérdida de caña de azúcar en cosecha mecanizada de CENGICAÑA no estima la misma pérdida que la metodología de Ingenio Pantaleón; por lo tanto, se le sugiere a Ingenio Pantaleón continuar con la metodología que actualmente maneja porque es más confiable al poseer menor variabilidad respecto a su media, comparado con la metodología de CENGICAÑA tiene mayor variabilidad respecto a su media.
- Las pérdidas que hubo en cosecha mecanizada en el Ingenio Pantaleón con la metodología de CENGICAÑA en 100 muestras, en promedio se estimó pérdidas de 2.37 TCH. La variable de medición de pérdida de mayor importancia es caña entera representando el 52.3 % de la pérdida total de caña.
- Se calculó con los resultados obtenidos del personal del departamento de Calidad y Conformidad de Operaciones Agrícolas de ingenio Pantaleón que las pérdidas en cosecha mecanizada en el Ingenio Pantaleón con la metodología de Pantaleón en 100 muestras, en promedio se estimó pérdidas de 1.77 TCH. La variable de medición de pérdida de mayor importancia es caña corta picada representando el 38.4 % de la pérdida total de caña.
- Las ventajas principales que tiene la metodología de CENGICAÑA sobre la de Pantaleón es la eficiencia porque se realizan los muestreos en un menor tiempo y con menor número de variables de medición pérdidas; también se puede estimar la caña dejada en campo por daño de plagas y caña podrida, esto es importante cuantificarlo para mejorar en producción.

## IX. RECOMENDACIONES

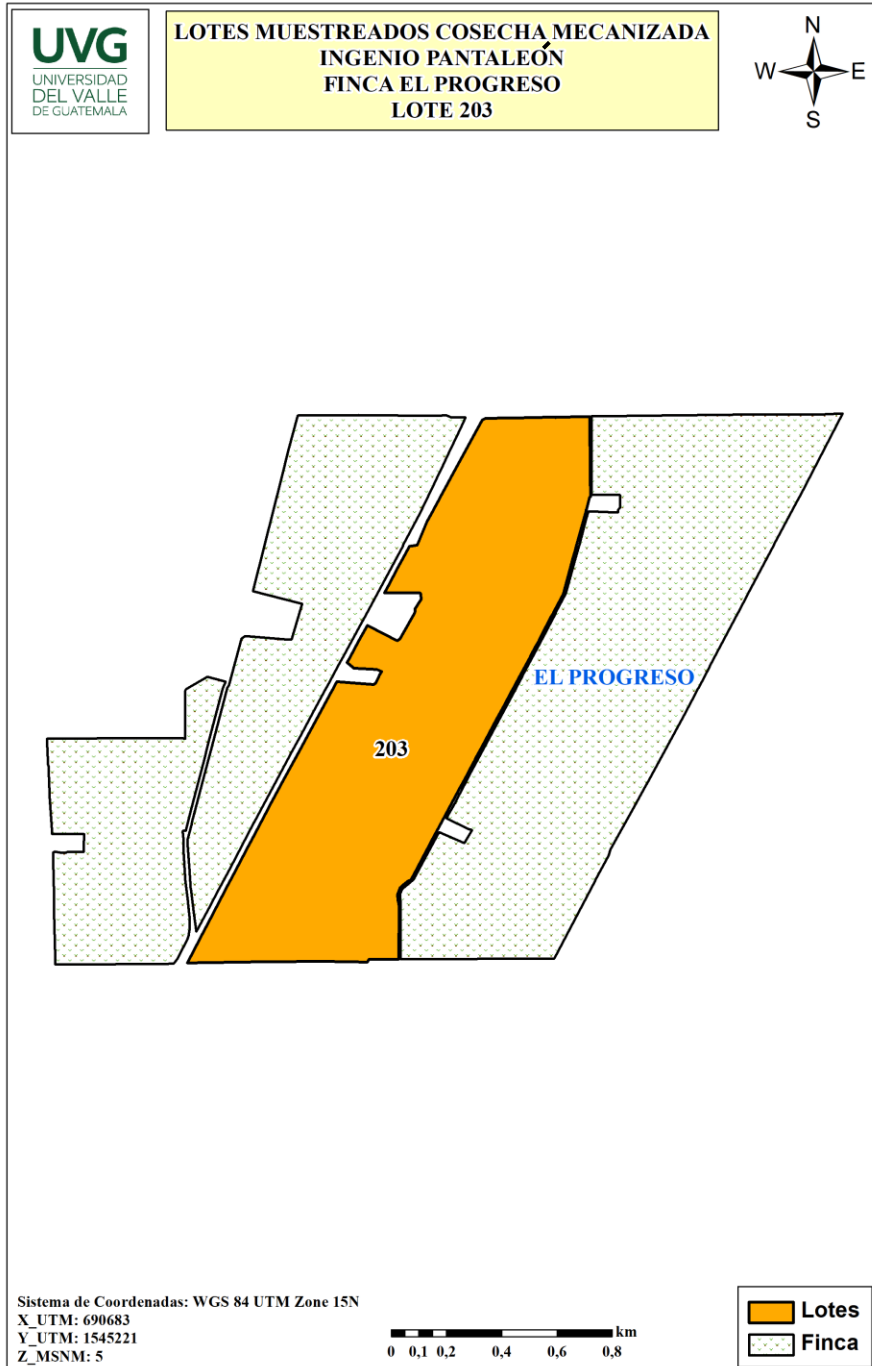
- Se le aconseja a Ingenio Pantaleón seguir utilizando la metodología que actualmente utiliza porque la metodología de CENGICAÑA estima distinta pérdida de caña en cosecha mecanizada
- Para realizar el pesaje de las variables de pérdidas se debe utilizar una balanza digital para evitar errores del peso de la caña.
- Se debe realizar el muestreo antes de las 24 horas después de la cosecha, para evitar que la caña pierda peso por evaporación del jugo.
- No se debe muestrear a pocas horas después de que en el lugar del muestreo lloviera porque la lluvia eleva el peso real de la caña, estimando mal las pérdidas de caña.
- Se recomienda realizar un estudio más profundo que determine exactamente las pérdidas para cosecha mecanizada para afirmar que metodología representa lo más exacto posible las pérdidas reales de las toneladas de caña en una hectárea, actualmente en Guatemala no existe un estudio sólido de esto, en consecuencia, no se sabe con certeza que metodología es representativa.

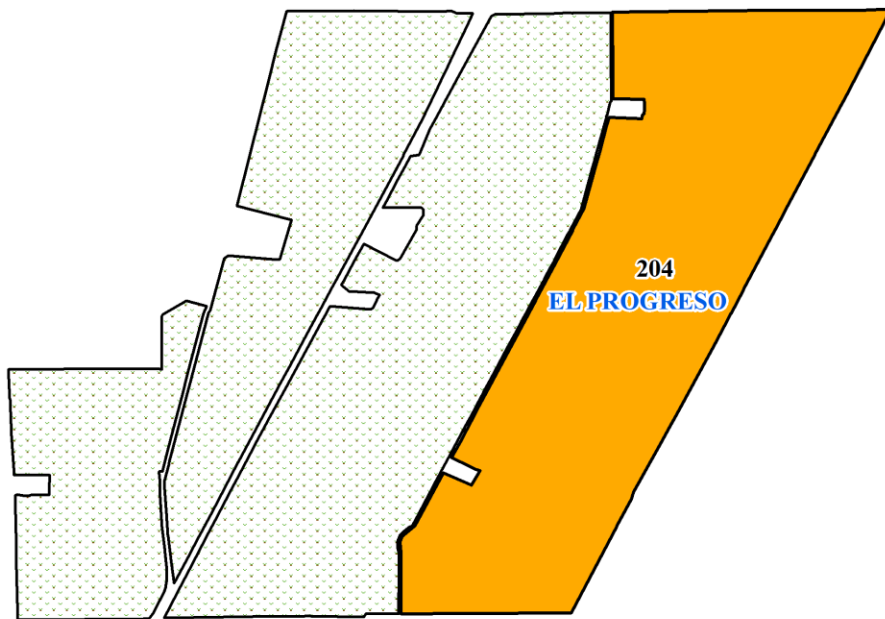
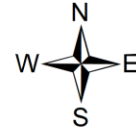
## X. BIBLIOGRAFÍA

1. ASAZGUA. (S. f.). *Evolución de la Agroindustria Azucarera de Guatemala*. Obtenido de [http://www.azucar.com.gt/historia/#crecimiento\\_azucar](http://www.azucar.com.gt/historia/#crecimiento_azucar)
2. Batres, J. (2016). *Componentes de la cosechadora serie 8000*. Obtenido de Diplomado de Cosecha Mecanizada. CENGICAÑA. Guatemala.
3. Carrillo Florián, E. O. (10 de 2014). *DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA COSECHA MECANIZADA EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR; INGENIO SAN DIEGO-TRINIDAD, SANTA ROSA*. Obtenido de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2014/06/17/Carrillo-Elder.pdf>
4. García, L. V. (2009). *Método para determinar las pérdidas en la cosecha cañera*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/metodo-para-determinar-las-perdidas-en-la-cosecha-canera/>
5. Mangolini, J. L. (2016). *Calidad del corte en cosecha mecanizada*. Obtenido de Cosecha mecanizada el reto de la agroindustria. ATAGUA. CENGICAÑA. Guatemala.
6. Melgar, M., & Villatoro, B. (2016). *PRIMERA APROXIMACIÓN DEL MAPA DE ÁREA POTENCIAL PARA COSECHA MECANIZADA*. Obtenido de [cengicana.org/publicaciones:https://cengicana.org/files/20170102150250480.pdf](https://cengicana.org/publicaciones:https://cengicana.org/files/20170102150250480.pdf)
7. PNUD. (2016). Más allá del conflicto, luchas por el bienestar. En *Informe para el Desarrollo Humano. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Guatemala. Obtenido de Informe Nacional de Desarrollo Humano.
8. Sopena, R., & Rodríguez, R. (2009). *Pérdidas durante la cosecha del Cultivo de Caña de Azúcar; INTA*. Obtenido de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-prdidas-durante-la-cosecha-del-cultivo-de-cao-de.pdf>
9. Vargas, J. (2013). *Pérdidas de caña en el campo por efecto de la cosecha mecánica y su proceso de mejora continua en 11 zafras*. Obtenido de <http://www.catsa.net/wordpress/wp-content/uploads/2014/07/Agricola-PERDIDAS-DE-CANA-EN-CAMPO-POR-EFECTO-DE-COSECHA-MECANICA-Y-PROCESO-DE-MEJORA-CONTINUA-EN-11-ZAFRAS-CATSA.pdf>
10. Villatoro, B., & Morales, J. (2017). *Guía de Cosecha Mecanizada*. Obtenido de [cengicana.org/publicaciones:https://cengicana.org/files/20170927142439454.pdf](https://cengicana.org/publicaciones:https://cengicana.org/files/20170927142439454.pdf)

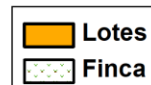
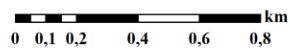
# XI. ANEXOS

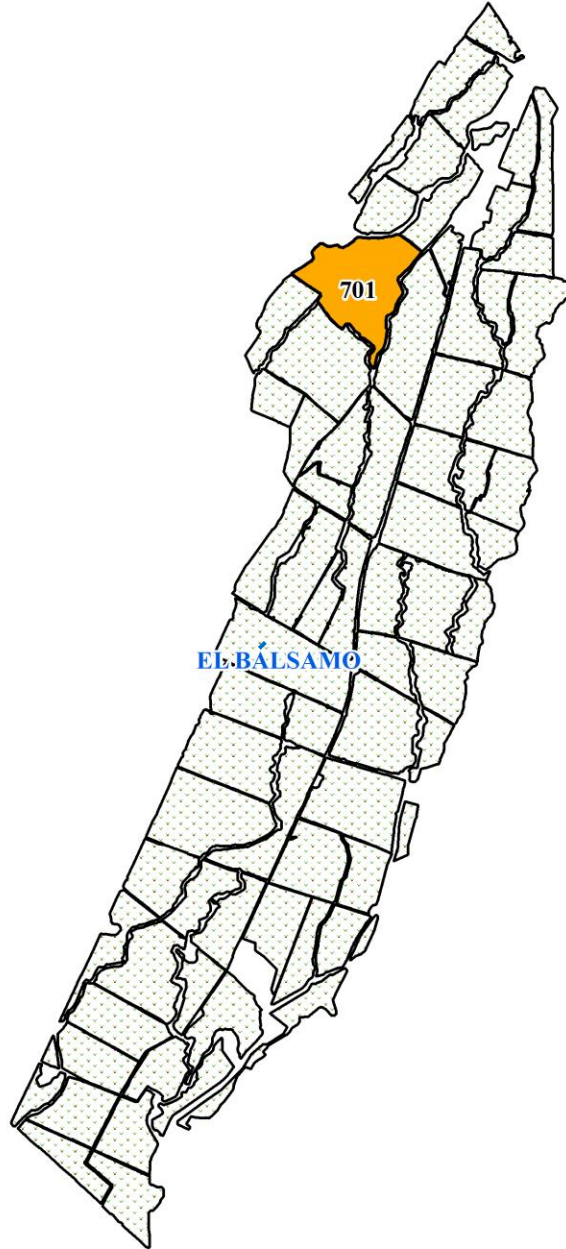
## A. ANEXO 1. MAPAS DE FINCAS Y LOTES MUESTREADOS



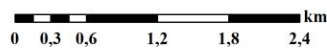


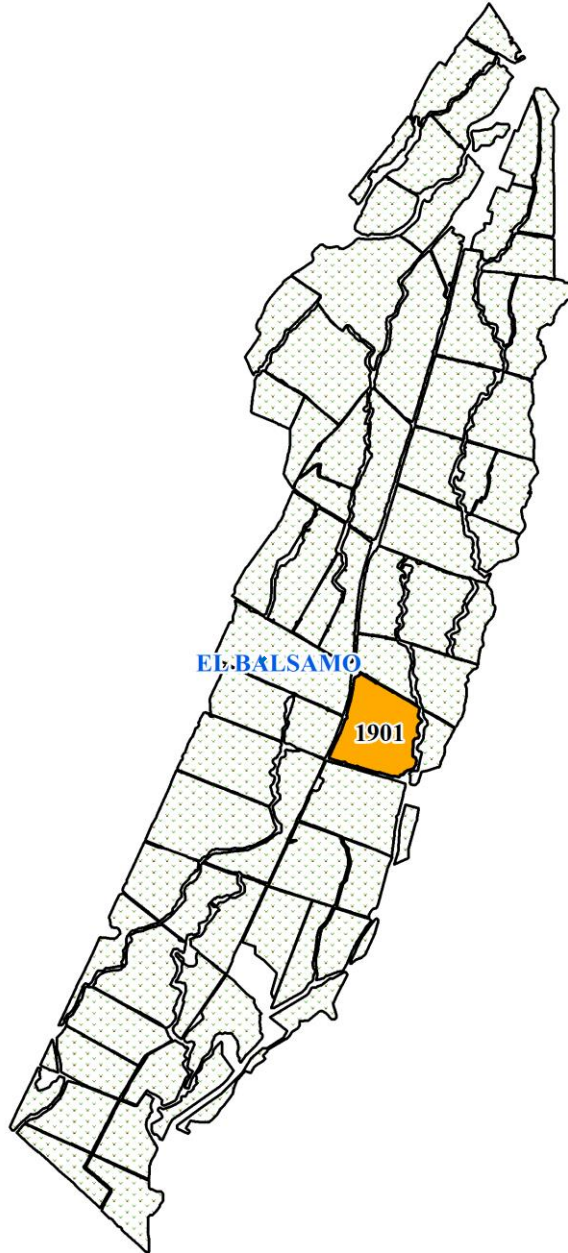
Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 691396  
Y\_UTM: 1545338  
Z\_MSNM: 8



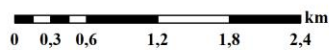


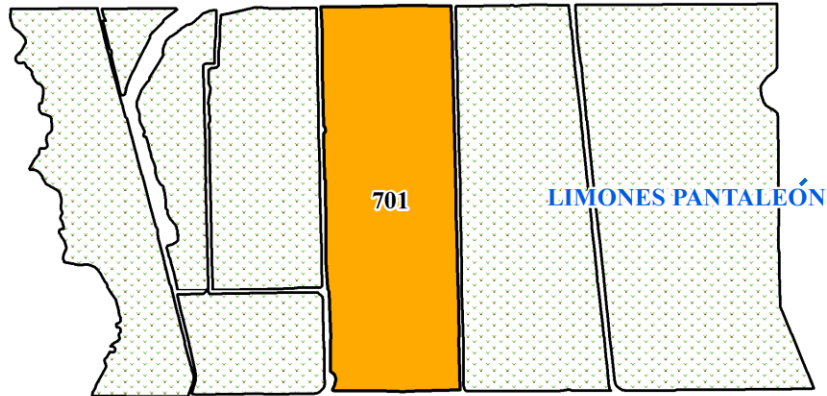
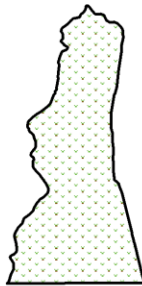
Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 714154  
Y\_UTM: 1578746  
Z\_MSNM: 254



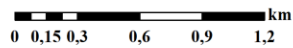


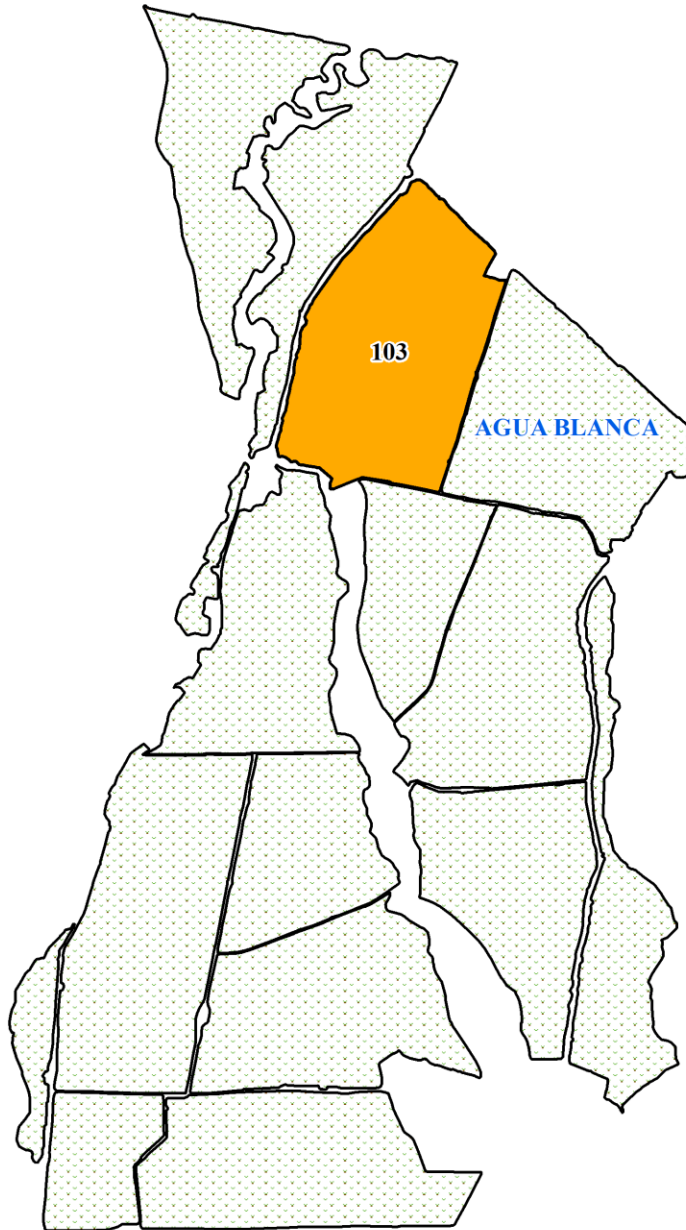
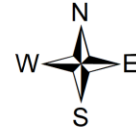
Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 714298  
Y\_UTM: 1575002  
Z\_MSNM: 195



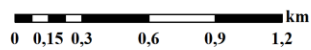


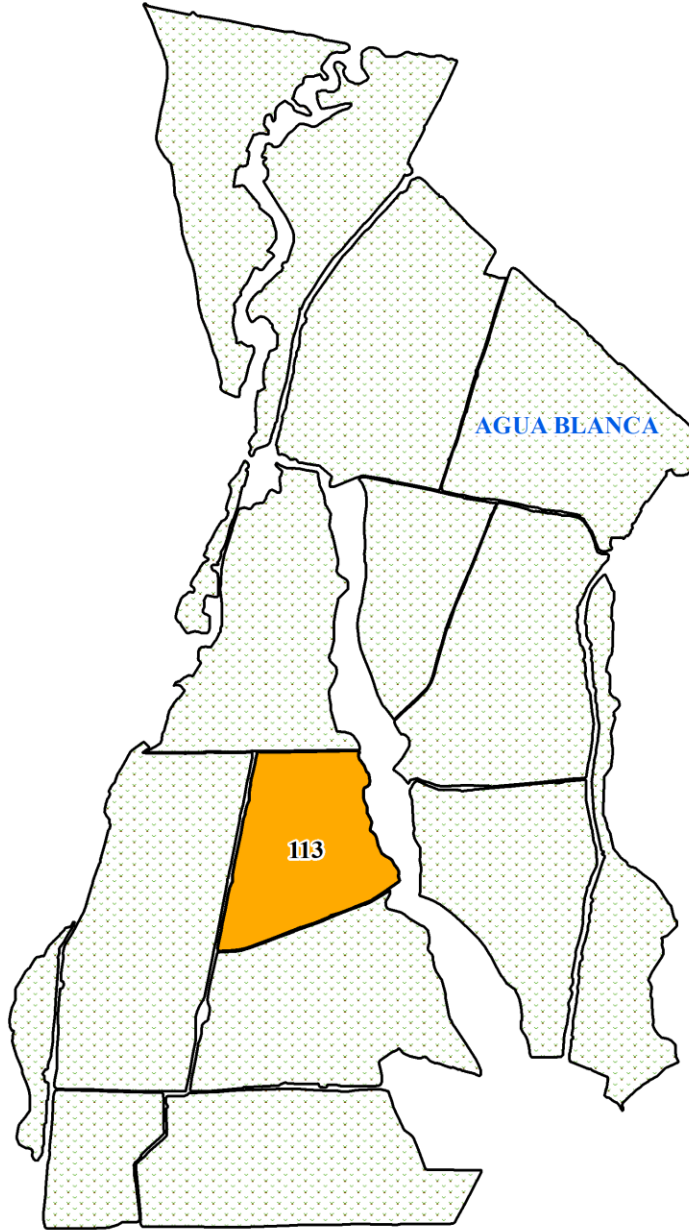
Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 711092  
Y\_UTM: 1563509  
Z\_MSNM: 56



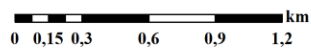


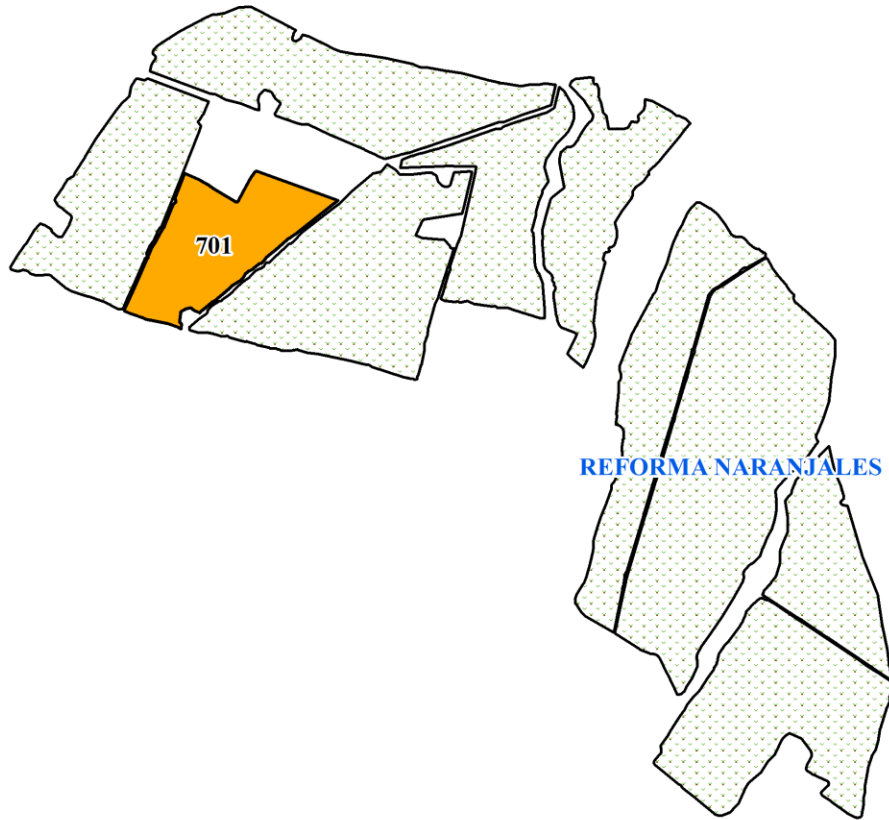
Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 711123  
Y\_UTM: 1570857  
Z\_MSNM: 118



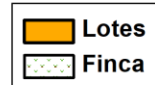
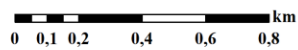


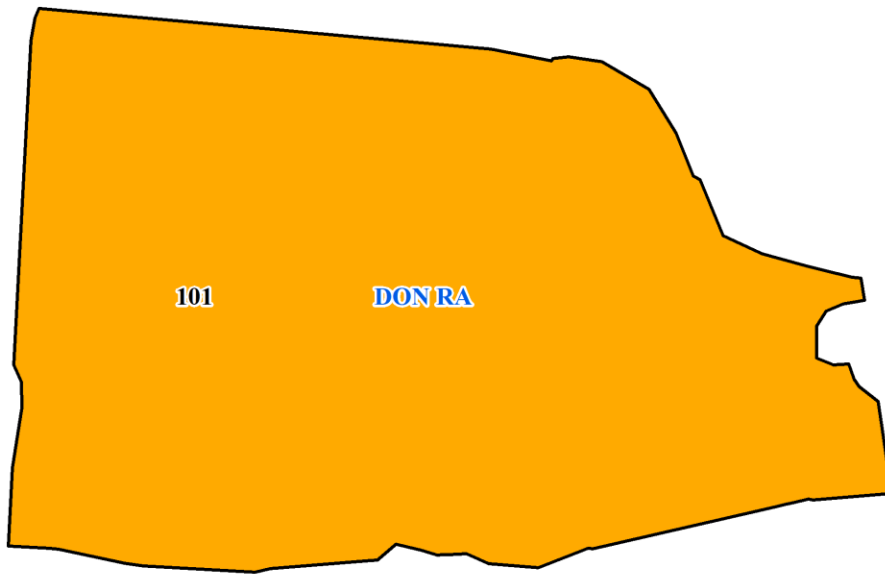
Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 710716  
Y\_UTM: 1568607  
Z\_MSNM: 96



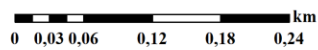


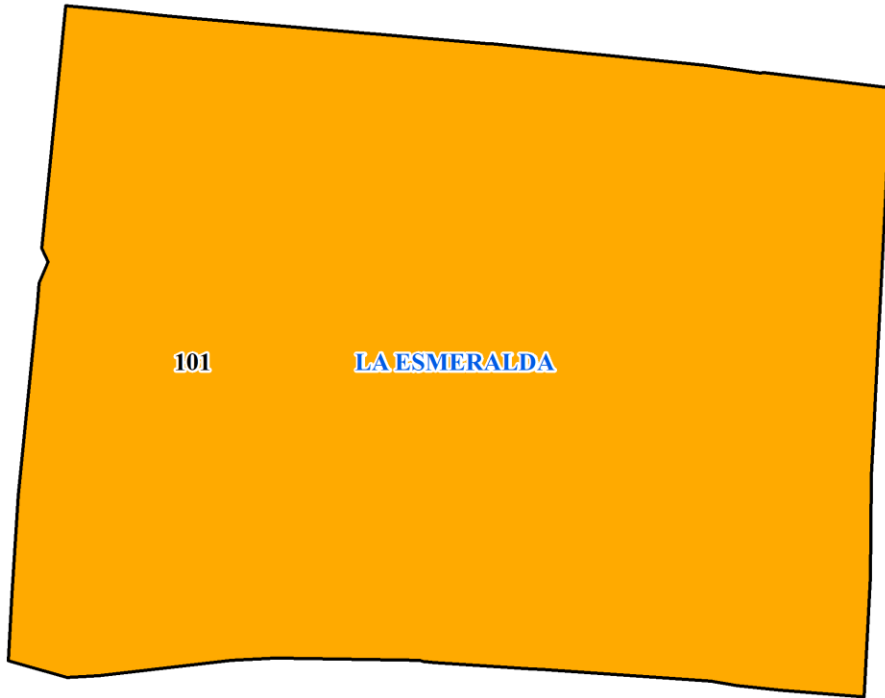
Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 707289  
Y\_UTM: 1576512  
Z\_MSNM: 173



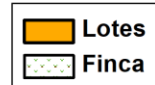
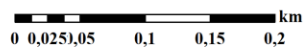


Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 719264  
Y\_UTM: 1571697  
Z\_MSNM: 140












Sistema de Coordenadas: WGS 84 UTM Zone 15N  
X\_UTM: 718605  
Y\_UTM: 1571753  
Z\_MSNM: 144











B. ANEXO 2. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CENGICAÑA.

<p>Caña entera</p>	
<p>Canuto o tolete</p>	
<p>Astilla</p>	

<p>Tocón</p>	
<p>Punta de caña</p>	
<p>Pedazos</p>	
<p>Otros</p>	

C. ANEXO 3. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE MEDICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PANTALEÓN.

Caña larga	 A photograph showing several long, thick sugarcane stalks lying on a light-colored tarp or cloth spread on the ground. The stalks are cut at one end and have a greenish-brown color.
Caña corta picada	 A photograph showing a large pile of chopped sugarcane stalks. The stalks are cut into short, irregular pieces and are scattered on the ground.
Caña pegada	 A photograph showing a pile of sugarcane stalks that appear to be stuck together or broken apart. The stalks are cut into short pieces and are scattered on the ground.
Tocón	 A photograph showing a pile of charred sugarcane stalks. The stalks are dark brown or black, indicating they have been burned or charred. They are scattered on the ground.

<p>Caña pisoteada</p>	
<p>Tolete bueno</p>	
<p>Tolete dañado</p>	
<p>Caña deshilachada</p>	

## D. ANEXO 4. PÉRDIDAS DE CADA VARIABLE DE MEDICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CENGICAÑA

No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de CENGICAÑA (Kg)							Total TCH
					Caña entera	Tolete	Tocón	Caña punta	Astilla	Pedazos	Otros	
1	14/03/2018	El Progreso	10674	203	5.28	1.28	1.22	0.08	0.14	3.14	0.4	11.14
2	14/03/2018	El Progreso	10674	203	6.84	0.48	2.12	0	0.14	0.42	0.56	10
3	14/03/2018	El Progreso	10674	203	4.14	0.56	0.5	0.02	0.1	1	0.12	6.32
4	14/03/2018	El Progreso	10674	203	3.96	0.04	2.12	0.38	0.08	0.82	0.64	7.4
5	14/03/2018	El Progreso	10674	203	1.42	0.8	0.2	0.04	0.02	0.56	0.04	3.04
6	14/03/2018	El Progreso	10674	203	4	1.16	0.92	0	0.2	0.98	0.64	7.26
7	14/03/2018	El Progreso	10674	204	1.72	1.04	0	0	0	0.4	0.48	3.16
8	14/03/2018	El Progreso	10674	204	6.94	0.88	1.94	0	0.14	1.36	0.64	11.26
9	14/03/2018	El Progreso	10674	204	2.38	0.69	0	0	0	0.52	0.14	3.59
10	14/03/2018	El Progreso	10674	204	3.68	0.26	1.04	0	0.12	1.3	0.2	6.4
11	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	1.42	0.56	0.62	0	0.1	0.82	0.18	3.52
12	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0.84	0.32	0.5	0	0.08	0.58	0.04	2.32
13	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	1.1	0.48	0.08	0	0.1	0.5	0.08	2.26
14	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	2.32	0.42	0.9	0	0.06	1.44	0	5.14
15	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0	0	0.54	0	0	0.4	0.26	0.94
16	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0.42	0.32	1.42	0	0.04	0.5	0.06	2.7
17	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0.8	0.58	1.2	0	0.06	1.08	0	3.72
18	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	1.86	0.46	0.7	0	0.04	0.9	0	3.96
19	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0	0.06	0	0	0	0.32	0.46	0.38
20	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.96	0	0	0	0	0.18	0.26	1.14
21	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.24	0.06	0	0	0	0.18	0.22	0.48
22	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	1.02	0.16	0	0	0.1	0.24	0.08	1.52
23	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	2	0.4	0	0	0.08	0.3	0.34	2.78
24	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0	0.2	0	0	0	0.16	0.14	0.36
25	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	1	0	0.34	0	0	0.14	0.14	1.48
No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de CENGICAÑA (Kg)							Total TCH
26	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.2	0.58	0	0	0.1	0.3	0.16	1.18
27	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0	0.2	0	0	0	0.4	0.08	0.6
28	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.12	0	0	0	0	0	0	0.12
29	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0.3	0.08	0	0	0.06	0.2	0.12	0.64
30	20/03/2018	Limonos-Pantaleón	10125	701	0	0.1	0	0	0	0.3	0	0.4
31	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	2.8	0	0	0	0	0.4	0.26	3.2
32	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.2	0	0	0	0	0.3	0	1.5
33	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.82	0	0	0	0	0.46	0	1.28
34	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0.42	0	0	0.06	0.5	0.2	0.98
35	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.4	0	0	0	0.1	0.4	0	1.9
36	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.58	0.12	0	0	0	0.38	0	1.08
37	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.7	0	0.34	0	0.04	0.6	0.28	2.68
38	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	2.42	0.2	0	0	0	0.74	0.26	3.36
39	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	3.08	0.12	1.08	0	0.1	0.86	0.4	5.24
40	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0.34	0	0	0	0.24	0.2	0.58
41	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.84	0.3	0	0	0	0.2	0	1.34
42	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.14	0.3	0.2	0	0.08	0.24	0	1.96
43	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.74	0.28	0.2	0	0.08	0.4	0.1	1.7
44	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.14	0.18	0.36	0	0.06	0.68	0	1.42
45	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.52	0	0.28	0	0.06	0.3	0.22	1.16
46	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	1.26	0	0	0	0.04	0.72	0.1	2.02
47	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.4	0	0	0	0.1	0.5	0.2	1
48	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.1	0	0	0	0	0.2	0	0.3
49	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.4	0.16	0.3	0	0	0.32	0.2	1.18
50	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.54	0.18	0.2	0	0.06	0.38	0.24	1.36

No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de CENGICANA (Kg)							Total TCH
					Caña entera	Tolete	Tocón	Caña punta	Astilla	Pedazos	Otros	
51	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	1.3	0.14	0.26	0	0.08	0.32	0	2.1
52	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	1.28	0.52	0.26	0	0.12	0.8	0.22	2.98
53	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	0.46	0.18	0.2	0	0	0.26	0.18	1.1
54	22/03/2018	Agua Blanca	10101	113	1.12	0.26	0	0	0.1	0.3	0	1.78
55	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.8	0.06	0.08	0	0.06	0.72	0.1	2.72
56	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.64	0.08	0.36	0	0.06	0.3	0	1.44
57	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	0.04	0	0	0.06	0.1	0.1
58	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0.9	0	0.2	0	0	0.04	0.1	1.14
59	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.44	0.24	0.36	0	0.06	0.2	0.26	2.3
60	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1.02	1.62	0.58	0	0.08	0.72	0.2	4.02
61	23/03/2018	La Reforma	10137	701	0.78	0.44	0.32	0	0	0.34	0.46	1.88
62	23/03/2018	La Reforma	10137	701	2.8	0.36	0.12	0	0.12	0.28	0.54	3.68
63	23/03/2018	La Reforma	10137	701	4.4	0.42	0	0	0.16	0.64	0.18	5.62
64	23/03/2018	La Reforma	10137	701	2.12	0.14	0	0	0	0.4	0	2.66
65	23/03/2018	La Reforma	10137	701	1.8	0.14	0.18	0	0.08	0.22	0	2.42
66	23/03/2018	La Reforma	10137	701	1.56	0.4	0	0	0.04	0.3	0.24	2.3
67	3/04/2018	Don Ra	10384	101	0	0.1	0	0	0	0.12	0.22	0.22
68	3/04/2018	Don Ra	10384	101	2.58	0	0.32	0	0.06	0.1	0.26	3.06
69	3/04/2018	Don Ra	10384	101	0.16	0.48	0	0	0	0.12	0.38	0.76
70	3/04/2018	Don Ra	10384	101	0.48	0.18	0.24	0	0.06	0.14	0.18	1.1
71	3/04/2018	Don Ra	10384	101	1.28	0.9	0.4	0	0.08	0.42	0.1	3.08
72	3/04/2018	Don Ra	10384	101	0.58	0.2	0.7	0	0.12	0.64	0	2.24
73	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.24	0.12	0.28	0	0	0.08	0.06	0.72
74	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.26	0.06	0	0	0	0.12	0	0.44
75	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0	0.06	1.02	0	0	0.1	0.1	1.18
No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de CENGICANA (Kg)							Total TCH
					Caña entera	Tolete	Tocón	Caña punta	Astilla	Pedazos	Otros	
76	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.12	0.22	0	0	0	0	0.12	0.34
77	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.36	0.2	0.76	0	0	0.1	0.16	1.42
78	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.48	0.2	0	0	0	0.24	0	0.92
79	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	1	2.6	0.24	0	0	0	0.1	3.84
80	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.2	0.24	0	0	0	0.16	0	0.6
81	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.2	0.18	0	0	0	0.1	0	0.48
82	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.2	0.08	0	0	0	0.52	0	0.8
83	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.7	0.34	0.2	0	0	0.34	0.2	1.58
84	4/04/2018	Agua Blanca	10101	103	1.4	0.06	0.4	0	0	0.4	0.14	2.26
85	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	1.1	0.34	0	0	0.06	0.14	0.24	1.64
86	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	2.24	0.14	0.48	0	0.06	0.48	0.2	3.4
87	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	1.48	0.2	0.04	0	0.08	0.38	0.1	2.18
88	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	0.86	0.42	0	0	0.1	0.58	0.1	1.96
89	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	2.68	0.42	0.34	0	0.12	1.02	0.26	4.58
90	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	0.82	0.42	0.16	0	0	0.16	0	1.56
91	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.62	0.58	0.2	0	0	0.36	0.14	1.76
92	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.7	0.08	0	0	0	0.12	0	0.9
93	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	1.2	0.22	0.4	0	0	0.34	0.22	2.16
94	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0	0.28	0	0	0	0	0	0.28
95	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.48	0.32	1.06	0	0.04	0.38	0.2	2.28
96	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	1.22	0	0.12	0	0.06	0.24	0.1	1.64
97	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.52	0.96	1.02	0	0.04	0.58	0.14	3.12
98	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.24	0.82	1.02	0	0	0	0.1	2.08
99	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.32	0.26	1.34	0	0	0.32	0.1	2.24
100	6/04/2018	Agua Blanca	10101	103	0.72	0.3	0	0	0	0.18	0	1.2

## E. ANEXO 5. PÉRDIDAS DE CADA VARIABLE DE MEDICIÓN DE LA METODOLOGÍA DE PANTALEÓN

No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de Pantaleón (g)								Total en g	Total TCH
					Caña larga	Caña pisoteada	Caña corta picada	Caña pegada	Tocón	Tolete bueno	Tolete dañado	Caña deshilachado		
1	14/03/2018	El Progreso	10674	203	5840	4680	14240	7560	6560	0	6020	1480	46380	6 1840
2	14/03/2018	El Progreso	10674	203	5540	2640	18020	2660	7480	0	4000	420	40760	5 4347
3	14/03/2018	El Progreso	10674	203	3440	8560	12480	17080	8200	0	2800	400	52960	7 0613
4	14/03/2018	El Progreso	10674	203	2060	3820	10540	10780	4180	0	2320	180	33880	4 5173
5	14/03/2018	El Progreso	10674	203	1520	3140	8720	2420	420	0	4020	140	20380	2 7173
6	14/03/2018	El Progreso	10674	203	0	2340	18060	780	2640	0	5200	800	29820	3 9760
7	14/03/2018	El Progreso	10674	204	0	1320	11580	580	3020	0	4340	120	20960	2 7947
8	14/03/2018	El Progreso	10674	204	0	9260	25740	5540	3840	380	15380	240	60380	8 0507
9	14/03/2018	El Progreso	10674	204	0	7740	3540	0	0	0	4340	0	15620	2 0827
10	14/03/2018	El Progreso	10674	204	1440	4760	14460	2540	4680	0	3200	350	31430	4 1907
11	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	2380	0	7400	2720	2140	0	1300	0	15940	2 1253
12	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0	0	4460	0	680	0	1320	320	6780	0 9040
13	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	1520	0	4700	0	520	0	800	620	8160	1 0880
14	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0	0	2240	9140	5500	0	420	0	17300	2 3067
15	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0	0	2320	360	1060	0	660	0	4400	0 5867
16	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	380	0	5320	0	2060	0	740	0	8500	1 1333
17	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	800	0	6800	0	1200	0	1380	0	10180	1 3573
18	16/03/2018	El Bálsamo	10005	701	0	0	7260	1900	2300	0	1920	0	13380	1 7840
19	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	1010	0	2940	3180	0	0	600	200	7930	1 0573
20	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	740	620	2900	3100	1060	0	2560	150	11130	1 4840
21	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	0	0	1200	0	0	0	1080	210	2490	0 3320
22	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	0	0	940	0	0	0	200	0	1140	0 1520
23	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	0	700	1060	1610	1020	0	780	160	5330	0 7107
24	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	640	0	1020	0	0	0	1000	120	2780	0 3707
25	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	0	0	1540	0	0	0	360	0	1900	0 2533
No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de Pantaleón (g)								Total en g	Total TCH
26	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	0	0	2540	0	540	0	0	240	3320	0 4427
27	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	0	0	1960	0	0	0	640	0	2600	0 3467
28	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	920	0	2360	2100	240	0	380	460	6460	0 8613
29	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	0	620	3640	0	680	0	1040	200	6180	0 8240
30	20/03/2018	Limonas-Pantaleón	10125	701	2310	0	560	0	840	0	600	180	4490	0 5987
31	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1000	720	9380	2420	1200	0	450	0	15170	2 0227
32	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	5640	480	0	0	640	0	6760	0 9013
33	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1740	620	5340	600	0	0	6620	150	15070	2 0093
34	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	3520	0	0	0	2520	0	6040	0 8053
35	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	7000	0	640	0	1020	0	8660	1 1547
36	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	900	0	5240	0	440	0	1420	198	8198	1 0931
37	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	1050	0	9460	2820	1720	0	840	100	15990	2 1320
38	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	7340	0	0	0	360	740	8440	1 1253
39	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	7940	0	800	0	2940	150	11830	1 5773
40	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	3280	0	2440	0	0	0	940	0	6660	0 8880
41	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	940	0	4120	0	0	0	2210	150	7420	0 9893
42	21/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	2880	0	8200	980	0	0	380	0	12440	1 6587
43	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	0	0	2880	2940	0	0	3200	0	9020	1 2027
44	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	0	0	3100	1400	1230	0	2900	200	8830	1 1773
45	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	920	0	5700	0	340	0	600	160	7720	1 0293
46	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	0	0	1360	0	0	0	1100	0	2460	0 3280
47	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	0	0	1840	0	0	0	1420	0	3260	0 4347
48	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	0	0	2860	0	0	0	1940	180	4980	0 6640
49	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	340	0	2180	13200	1240	0	2100	0	19060	2 5413
50	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	0	480	3060	1920	0	0	460	0	5920	0 7893

No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de Pantaleón (g)								Total en g	Total TCH
					Caña larga	Caña pisoteada	Caña corta picada	Caña pegada	Tocón	Tolete bueno	Tolete dañado	Caña deshilachado		
51	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	1560	0	3140	0	0	0	1100	200	6000	0.8000
52	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	580	0	3100	0	0	0	1540	750	5970	0.7960
53	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	2800	800	6840	860	420	0	320	480	12520	1.6693
54	22/03/2018	Aqua Blanca	10101	113	1860	960	2100	6280	880	0	980	640	13700	1.8267
55	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	6000	0	80	60	3420	820	10380	1.3840
56	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	900	0	2040	1440	360	60	1800	320	6920	0.9227
57	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	680	0	40	0	160	60	940	0.1253
58	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	2380	0	3200	1800	140	0	1760	0	9280	1.2373
59	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	0	0	3080	3520	1040	440	2240	0	10320	1.3760
60	22/03/2018	El Bálsamo	10005	1901	2880	0	9100	6620	0	1700	2240	0	22540	3.0053
61	23/03/2018	La Reforma	10137	701	680	3660	7200	3200	1500	0	1160	340	17740	2.3653
62	23/03/2018	La Reforma	10137	701	0	0	5460	3800	1200	0	1080	500	12040	1.6053
63	23/03/2018	La Reforma	10137	701	0	0	6200	18640	0	0	1640	640	27120	3.6160
64	23/03/2018	La Reforma	10137	701	2720	1440	5400	10460	880	500	1680	0	23080	3.0773
65	23/03/2018	La Reforma	10137	701	1580	800	7300	1760	1200	0	2280	380	15300	2.0400
66	23/03/2018	La Reforma	10137	701	4580	3900	5980	880	620	0	2800	980	19740	2.6320
67	3/04/2018	Don Ra	10384	101	2740	800	2320	2240	450	0	1240	80	9870	1.3160
68	3/04/2018	Don Ra	10384	101	4480	2000	7020	4460	1320	0	1160	120	20560	2.7413
69	3/04/2018	Don Ra	10384	101	0	240	1200	1460	320	1540	800	180	5740	0.7653
70	3/04/2018	Don Ra	10384	101	0	1680	960	3200	1120	0	4020	450	11430	1.5240
71	3/04/2018	Don Ra	10384	101	640	0	3840	720	1600	0	1940	100	8840	1.1787
72	3/04/2018	Don Ra	10384	101	2200	800	2020	980	940	0	1340	500	8780	1.1707
73	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1840	0	1460	960	310	1000	4700	0	10270	1.3693
74	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	0	1220	3200	600	0	1240	0	6260	0.8347
75	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	0	2380	2380	3300	0	420	0	8480	1.1307
No. Muestra	Fecha	Nombre de la finca	Código de finca	Lote	Variables de Pantaleón (g)								Total en g	Total TCH
					Caña larga	Caña pisoteada	Caña corta picada	Caña pegada	Tocón	Tolete bueno	Tolete dañado	Caña deshilachado		
76	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1600	260	2040	4580	3360	0	900	200	12940	1.7253
77	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	740	1420	0	280	0	940	0	3380	0.4507
78	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1780	980	1120	0	3880	0	1120	0	8880	1.1840
79	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	0	960	0	1860	0	1660	0	4480	0.5973
80	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	0	3400	420	340	0	1460	0	5620	0.7493
81	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1380	0	2000	7180	8480	0	570	0	19610	2.6147
82	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	0	640	940	4200	0	910	0	6690	0.8920
83	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1660	0	5440	380	7940	0	800	0	16220	2.1627
84	4/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	700	0	3000	0	380	0	1760	0	5840	0.7787
85	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	0	0	6220	9140	0	0	1560	0	16920	2.2560
86	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	1120	2960	6880	440	480	0	1660	480	14020	1.8693
87	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	2400	300	6780	2480	420	0	720	0	13100	1.7467
88	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	780	0	3460	620	0	0	880	680	6420	0.8560
89	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	0	0	5660	18470	2200	0	2240	450	29020	3.8693
90	5/04/2018	La Esmeralda	10176	101	1040	0	5700	3100	160	0	740	200	10940	1.4587
91	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1800	1420	7100	1860	520	0	2160	560	15420	2.0560
92	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	820	600	3820	8960	4140	0	2660	0	21000	2.8000
93	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	0	7440	1860	2270	0	760	380	12710	1.6947
94	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	0	2180	0	520	0	1180	0	3880	0.5173
95	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	460	5300	1520	2090	0	1880	620	11870	1.5827
96	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	800	4120	4100	10380	0	500	0	19900	2.6533
97	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1400	0	12620	9800	7660	250	12400	700	44830	5.9773
98	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	450	3860	1800	3460	0	2820	0	12390	1.6520
99	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	0	1680	7740	2950	8820	0	1380	420	22990	3.0653
100	6/04/2018	Aqua Blanca	10101	103	1880	620	4660	330	1520	0	1560	0	10570	1.4093

## XII. GLOSARIO

1. TCH: Toneladas métricas de Caña por Hectárea.
2. CENGICAÑA: Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar.
3. Pantes: Pequeñas áreas de terreno, que varios en conjunto forman un lote.
4. Rastrojo de caña: Conjunto de hojas y tallos que queda en el terreno después de la cosecha de caña de azúcar.
5. Macolla: Conjunto de tallos que nacen del mismo pie de la planta.