

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR  
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**SELECCIÓN DE UN MÉTODO ESTÁNDAR  
PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA  
CAÑA DE AZÚCAR**

**TESIS**

PRESENTADA AL HONORABLE CONSEJO REGIONAL DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

**POR:**

**FLAVIO WELMER REYES RODAS**

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

EN EL GRADO ACADÉMICO DE:  
**LICENCIADO**

ESCUINTLA, MAYO DE 1,999.

# **CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR**

## **CONSEJO REGIONAL**

Ing. René Filiberto Arias Barrios	<b>PRESIDENTE</b>
Ing. Edgar Mauricio Girón Medina	<b>COORDINADOR ACADEMICO</b>
Ing. Néctor Heraldo Fajardo	<b>SECRETARIO</b>
Lic. José Ricardo Vides Figueroa	<b>REPRESENTANTE DEL CLAUSTRO</b>
Ing. Wilfredo López Gabriel	<b>REPRESENTANTE DE LOS EGRESADOS</b>
T.U. Flor de María Mejía Rodas	<b>REPRESENTANTE ESTUDIANTIL</b>
T.U. Ovidio Lizandro Orozco López	<b>REPRESENTANTE ESTUDIANTIL</b>
T.U. Flavio Welmer Reyes Rodas	<b>REPRESENTANTE ESTUDIANTIL</b>

## **CARRERA INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

Ing. Jaime Ernesto Klusmann Figueroa	<b>COORDINADOR</b>
--------------------------------------	--------------------

## **ORGANISMO COORDINADOR DE TESIS**

Lic. Juan Fernando Alvarado	<b>COORDINADOR</b>
Lic. César Augusto Hernández Tánchez	<b>SECRETARIO</b>
Ing. Jorge Alfredo Peña López	<b>VOCAL I</b>

## **ASESORES**

Ing. Hugo Erick Taracena Rozzotto	<b>ASESOR PRINCIPAL</b>
Ing. Jaime Ernesto Klusmann Figueroa	<b>ASESOR ADJUNTO</b>

## **TERNA EVALUADORA**

Ing. Hugo Erick Taracena Rozzotto
Ing. Jaime Ernesto Klusmann Figueroa
Ing. Walter Ortíz Prilwitz

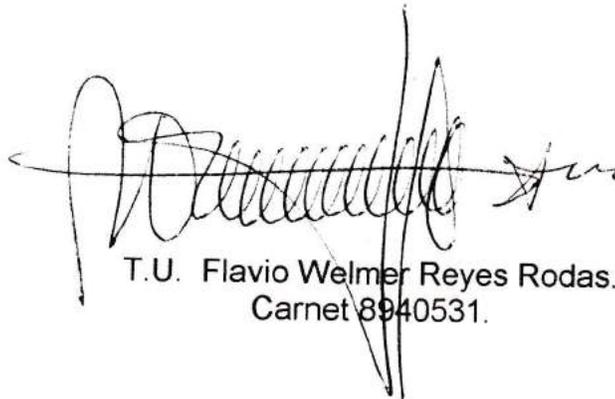
## **PADRINOS**

Ing. Edgar Mauricio Girón Medina
Lic. José Ricardo Vides Figueroa
Lic. Héctor Alfredo Molina Loza

Escuintla, abril 19 de 1,999.

Lic. Juan Fernando Alvarado.  
Coordinador Organismo Coordinador de Tesis  
Centro Universitario de Sur.  
Pte.

Por este medio me permito presentar el informe final de tesis titulado: **"SELECCION DE UN METODO ESTANDAR PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR"**, previo a optar el título de **Ingeniero Agroindustrial, en el grado académico de Licenciado**; llenando todos los requisitos que las leyes de la Universidad de San Carlos de Guatemala contemplan.



T.U. Flavio Welmer Reyes Rodas.  
Carnet 8940531.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR**  
**"C U N S U R"**

Escuintla, abril 19 de 1,999.

Lic. Juan Fernando Alvarado.  
Coordinador Organismo Coordinador de Tesis  
Ingeniería Agroindustrial  
Centro Universitario de Sur.  
Escuintla.

Respetable Licenciado.

Por este medio me permito comunicarle que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado: **"SELECCION DE UN METODO ESTANDAR PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR"**; que presenta el estudiante Flavio Welmer Reyes Rodas, carnet No. 8940531, para optar al título de Ingeniero Agroindustrial.

Dejo constancia de mi **APROBACION** para proceder a la autorización del trabajo de tesis señalado.

Sin otro particular, me suscribo, muy atentamente,

Ing. Hugo Erick Taracena Rozzoto  
Colegiado No. 383  
Asesor Principal



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR**  
**"C U N S U R"**

Escuintla, abril 19 de 1,999.

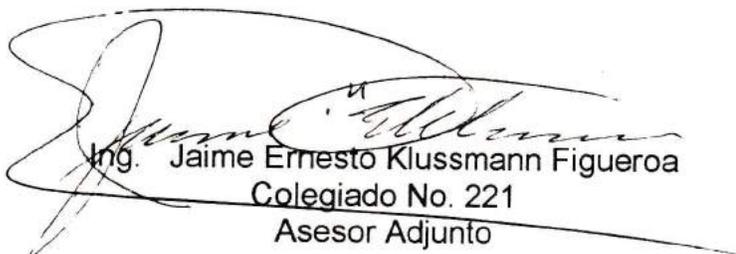
Lic. Juan Fernando Alvarado.  
Coordinador Organismo Coordinador de Tesis  
Ingeniería Agroindustrial  
Centro Universitario de Sur.  
Escuintla.

Respetable Licenciado.

Por este medio me permito comunicarle que he asesorado y revisado el trabajo de tesis titulado: **"SELECCION DE UN METODO ESTANDAR PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR"**; que presenta el estudiante Flavio Welmer Reyes Rodas, carnet No. 8940531, para optar al título de Ingeniero Agroindustrial.

Dejo constancia de mi **APROBACION** para proceder a la autorización del trabajo de tesis señalado.

Sin otro particular, me suscribo, muy atentamente,



Ing. Jaime Ernesto Klusmann Figueroa  
Colegiado No. 221  
Asesor Adjunto



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR  
"CUNSUR"

Escuintla, mayo 7, 1999

Ref. No.: OCOTE-253-99

Ingeniero  
Mauricio Girón Medina  
Coordinador Académico  
Centro Universitario del Sur  
Escuintla

Ingeniero Girón:

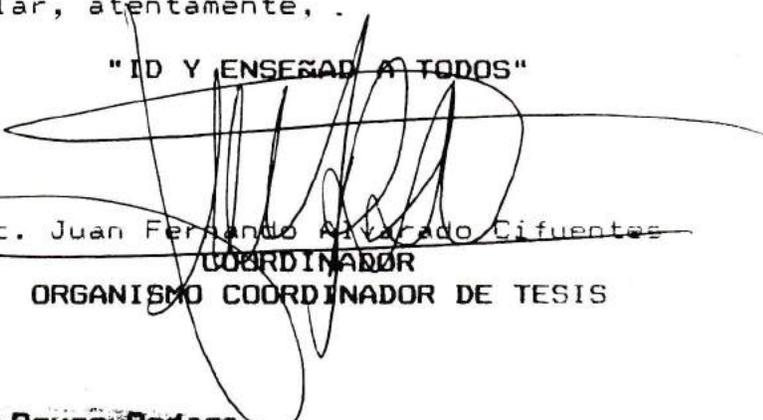
La Comisión del Organismo Coordinador de Tesis -OCOTE- se reunió para revisar el trabajo de Tesis del TU. Flavio Welmer Reyes Rodas, Carné 8940531, de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, titulado "Selección de un método estándar para evaluar la calidad de la caña de azúcar"; donde cumplió con los requisitos solicitados. Para lo cual le trasladamos las tesis y proponemos la siguiente terna:

- Ing. Hugo Taracena
- Ing. Jaime Klussmann e
- Ing. Walter Ortiz

para que se le asigne fecha para que exponga ante dicha terna.

Sin otro particular, atentamente, .

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"

  
Lic. Juan Fernando Alvarado Cifuentes

COORDINADOR

ORGANISMO COORDINADOR DE TESIS

c.c.: ~~M. Flavio Reyes Rodas~~  
Archivo  
Correlativo  
JFAC/wilda.

Adj: Tesis



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR**  
**"CUNSUR"**

**ACTA No. 1**  
**INFORME FINAL DE TESIS**

En la ciudad de Escuintla, siendo las dieciocho horas con treinta minutos, del día veinte de mayo de mil novecientos noventa y nueve, se reunieron en el salón de sesiones del Centro Universitario del Sur, los siguientes Profesores: Ing. Hugo Erick Taracena Rozzotto, Ing. Jaime Klussmann Figueroa e Ing. Walter Ortíz Prilwitz, miembros de la Terna Examinadora del Informe Final de Tesis, titulada "SELECCION DE UN METODO STANDARD PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CANA DE AZUCAR", del estudiante de la Carrera Ingeniería Agroindustrial **Flavio Welmer Reyes Rodas**, Carnet No. 8940531. Los integrantes de la Terna Examinadora, damos por **APROBADO** el Trabajo de Tesis.

Ing. Hugo Erick Taracena Rozzotto

Walter Ortíz Prilwitz

  
Ing. Jaime Klussmann Figueroa

21.05.99

## ACTO QUE DEDICO

### A DIOS:

Ser superior que ha estado conmigo en todo momento y que ha permitido lograr un objetivo más en mi vida.

### A MIS PADRES:

Flavio Reyes Bian  
María Eva Rodas de Reyes  
Como una mínima recompensa a sus múltiples esfuerzos y sacrificios.

### A MIS HERMANOS:

T.U. Mynor Rene Reyes Rodas  
Carmen Sofía Reyes Rodas  
Carlos David Reyes Rodas  
Edwin Geovany Guzmán Rodas

### A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

T.U. Ovidio Lizandro Orozco  
T.U. José Perez Coj  
T.U. Miriam Maribel Glinz  
T.U. Vivian Zulema Milián Alonzo  
T.U. Flor de María Mejía Rodas  
T.U. Mayra Méndez Oviedo  
T.U. Ligia Guerrero  
T.U. Alfonso Flores Nolasco  
T.U. Byron Leopoldo Rosales  
T.U. Osman Danilo Ruíz Boiton  
T.U. Carlos Alberto Flores Amado  
T.U. Victor Manuel Flores Amado  
T.U. Manasés Delgado  
T.U. Julio Peralta  
T.U. Rudy Espital  
T.U. Juan Chavez  
P.A.E. Edgar Cermeño  
P.C. Hans Lennhoff Anaya

### A USTED:

Respetuosamente

# **AGRADECIMIENTO**

## **A INGENIO MAGDALENA S.A.:**

Por la oportunidad de permitirme desarrollar mi trabajo de tesis, convivir y aprender de personas con amplia experiencia, especialmente:

Inga. Mabel García Nájera  
Ing. Carlos Fernando Concuá  
Lic. Oscar Monzón  
Br. Mario Rubén Fuentes

## **A INDUSTRIA GUATEMALTECA DE ACEITES Y GRASAS S.A:**

Por los conocimientos adquiridos de control de calidad del proceso de aceites y grasas comestibles, y al personal de laboratorio, especialmente:

Ing. Richard G. Wolley  
Sr. Emilio Marroquín

## **A MIS CATEDRATICOS EN GENERAL:**

Ing. Carlos Soza  
Ing. René Filiberto Arias Barrios  
Ing. Jaime Ernesto Klussman Figueroa  
Ing. Jorge Alfredo Peña López  
Ing. Edgar Mauricio Girón Medina  
Ing. Luis Alberto Pereira Cardona  
Ing. José Vicente Cacatzum  
Ing. José Antonio Zuñiga Armas  
Ing. Edwin Fuentes  
Ing. Gilmar Obdulio Tronconi Sandoval  
Inga. Fulvia Etelvina de León Acuña  
Inga. Arminda Zeceña de Rossal  
Lic. José Ricardo Vides Figueroa  
Lic. Héctor Alfredo Molina Loza  
Lic. Cesar Augusto Hernández Tánchez  
M.V. Moises Elias Barrios Tánchez

## **A TODAS LAS PERSONAS QUE BRINDARON FACILIDADES Y APORTES PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION, ESPECIALMENTE:**

P.E.M. Mirna Sánchez

## **A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA:**

Centro de estudios donde obtuve la preparación académica para mi formación profesional, especialmente:

**AL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR.**

# CONTENIDO

	PAGINA
CONTENIDO .....	i
INDICE DE GRAFICAS .....	ii
INDICE DE CUADROS .....	iii
RESUMEN .....	v
I. INTRODUCCION .....	1
II. JUSTIFICACION .....	2
III. MARCO TEORICO .....	3
3.1 LA CAÑA DE AZUCAR .....	3
3.2 COMPOSICION DE LA CAÑA DE AZUCAR .....	4
3.3 CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR .....	5
3.3.1 RENDIMIENTO .....	5
3.3.2 MATERIA EXTRAÑA EN LA CAÑA .....	8
3.3.3 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL JUGO .....	9
3.3.4 METODOS DE MUESTREO DE CAÑA PARA ANALISIS .....	10
3.3.5 METODOS PARA EL ANALISIS Y EVALUACION DE LA CAÑA DE AZUCAR .....	16
IV. OBJETIVOS .....	19
V. HIPOTESIS .....	20
VI. METODOLOGIA .....	21
VII. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS .....	27
7.1 COMPARACION DE LOS CINCO METODOS ANALITICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR .....	27
7.2 COMPARACION DE LOS DOS METODOS DE MUESTREO DE PRECOSECHA DE LA CAÑA .....	44
7.3 COMPARACION DE LOS DOS METODOS DE MUESTREO DE LA CAÑA Y EL JUGO EN EL INGENIO EN TIEMPO DE COSECHA .....	49
VIII. CONCLUSIONES .....	55
IX. RECOMENDACIONES .....	57
X. BIBLIOGRAFIA .....	58
XI. ANEXOS .....	59

# INDICE DE GRAFICAS

CONTENIDO	PAGINA
1 COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DEL BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA .....	29
2 COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DE LA POL CONTENIDA EN LA CAÑA .....	32
3 COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DE LA FIBRA CONTENIDA EN LA CAÑA .....	35
4 RELACION DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA CON EL PORCENTAJE DEL BRIX Y LA HUMEDAD EN LA CAÑA .....	36
5 COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DEL JUGO CONTENIDO EN LA CAÑA .....	38
6 COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA, CALCULADO MEDIANTE LOS INDICADORES OBTENIDOS DE CINCO METODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CAÑA .....	41
7 RELACION DEL RENDIMIENTO DE AZUCAR CONTRA EL PORCENTAJE DE LA POL Y LA FIBRA CONTENIDAS EN LA CAÑA .....	42
8 RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA. METODO DE MUESTREO DEL METRO LINEAL VRS. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR. ESTACION EXPERIMENTAL No. 1 .....	46
9 RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA. METODO DE MUESTREO DEL METRO LINEAL VRS. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR. ESTACION EXPERIMENTAL No. 2 .....	48
10 COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA. METODO DE MUESTREO DIRECTO EN COSECHA VRS. METODO DE MUESTREO EN COSECHA DEL JUGO PRIMARIO. ....	50

# INDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
1 CALCULOS PARA EL ANALISIS DE VARIANZA .....	25
2 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DE BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA .....	27
3 DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADISTICAS PARA EL PORCENTAJE DE BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA .....	28
4 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DE LA POL CONTENIDA EN LA CAÑA .....	30
5 DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADISTICAS PARA EL CONTENIDO DE LA POL EN LA CAÑA .....	31
6 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA CONTENIDA EN LA CAÑA .....	33
7 DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADISTICAS PARA EL PORCENTAJE DE LA FIBRA CONTENIDA EN LA CAÑA .....	34
8 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DEL JUGO CONTENIDO EN LA CAÑA .....	37
9 DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADISTICAS PARA EL PORCENTAJE DEL JUGO CONTENIDO EN LA CAÑA .....	37
10 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LAS LIBRAS DE AZUCAR OBTENIBLES POR TONELADA DE CAÑA .....	39
11 DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADISTICAS PARA EL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA .....	40
12 ANALISIS COMPARATIVO DEL TIEMPO UTILIZADO .....	43
13 ANALISIS DE COSTOS DE REACTIVOS QUIMICOS .....	43
14 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR OBTENIBLES POR TONELADA DE CAÑA, METODO DE MUESTREO METRO LINEAL VRS. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR ESTACION EXPERIMENTAL No. 1 .....	44
15 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR OBTENIBLES POR TONELADA DE CAÑA, METODO DE MUESTREO METRO LINEAL VRS. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR ESTACION EXPERIMENTAL No. 2 .....	45

## INDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>PAGINA</b>
16 ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA, MUESTREO EN COSECHA, METODO DIRECTO Y METODO DEL JUGO PRIMARIO .....	49
17 RESULTADOS PROMEDIO ENTRE METODO DE MUESTREO DIRECTO Y JUGO PRIMARIO .....	51
18 DIFERENCIA DEL PORCENTAJE DEL BRIX Y LA POL EN LA CAÑA .....	52
19 COMPARACION DE RESULTADOS EN EL BAGAZO .....	52
20 CONTENIDO DE HUMEDAD Y BRIX EN EL BAGAZO .....	53
21 PORCENTAJE DEL BAGAZO EN LA CAÑA Y PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA CORREGIDO EN EL METODO DIRECTO .....	54

## RESUMEN

El presente informe de tesis se refiere a una investigación sobre la **"Selección de un método estándar para evaluar la calidad de la caña de azúcar"**, que consistió en comparar y evaluar métodos de análisis y procedimientos de muestreo representativos en el tiempo de precosecha y cosecha.

El estudio consta de tres fases: En la primera se realizó la comparación de cinco métodos de evaluación analítica de la caña, cuatro de estos procedimientos de análisis son utilizados en la agroindustria azucarera y el último es un método propuesto que se basa en analizar el jugo de la caña y las características del bagazo, denominado **"método de balance de masa"**.

En la segunda fase se evaluaron dos métodos de muestreo en el campo en tiempo de precosecha, el primero consiste en la extracción de todas las cañas presentes en un **"metro lineal"**, ubicado en determinado punto de muestreo, y el segundo en cortar **"cinco cañas al azar"**, ubicadas en el mismo punto del primer método. La tercera fase permitió comparar dos métodos de muestreo en tiempo de cosecha, el primero se basa mediante la extracción de muestras de caña obtenidas de los camiones que ingresan al ingenio por medio de un equipo mecánico, denominado **"método directo"** y el **"método del jugo primario"** que consiste en la recolección de jugo y bagazo en el primer molino de extracción. El estudio se efectuó durante un período de tres meses continuos de análisis, en el laboratorio de control de calidad de una agroindustria azucarera, ubicada en el municipio de la Democracia del departamento de Escuintla, Guatemala.

Se define un diseño experimental para cada evaluación realizada, en el orden siguiente: la evaluación de los cinco métodos analíticos se fundamentó en un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Para el estudio efectuado en los dos métodos de muestreo de precosecha se definieron como universo dos pantes de caña de aproximadamente seis hectáreas, y para cada pante denominado con el nombre de estación experimental se planteó un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones.

Para la comparación de los dos métodos de muestreo de la caña en cosecha, se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con dos tratamientos y ocho repeticiones. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un modelo estadístico que por medio de un análisis de varianza, se determinó la posibilidad de existir diferencia significativa entre las medias de los procedimientos estudiados.

De los resultados obtenidos se derivan las siguientes conclusiones: El procedimiento de análisis adecuado para evaluar la calidad de la caña de azúcar es el "**método propuesto de balance de masa**", en virtud de que aporta valores más cercanos al método testigo "**ICUMSA**", con diferencias relativas de 0.47% en el Brix, 0.08% en la Pol, 1.34% en la Fibra, 0.21% en el Jugo y 0.08% en el Rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña, demostrando que no existe diferencia significativa, aceptándose de esta forma la hipótesis planteada.

El método de muestreo del "**metro lineal**" en el análisis de precosecha, es más representativo y confiable, en virtud de que el número de cañas a evaluar es mayor, reflejando de esta forma, valores del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña en cada estación experimental de: 191.82 y 212.28, siendo más altos que los observados por el método de muestreo de "**cinco cañas al azar**", cuyos valores fueron de 188.90 y 210.08 respectivamente

En el análisis de cosecha se determinó que el método de muestreo "**directo**" es más representativo, debido a que permite la inequívoca identificación de la procedencia de la caña y toma en cuenta la materia extraña (**Trash**) en el análisis de la Pol, para observar valores reales en el cálculo del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña, demostrando un valor de 221.35, siendo mayor en comparación a 212.52, obtenido por el método de muestreo del "**jugo primario**".

En base a las conclusiones observadas en cada una de las evaluaciones estudiadas, se recomienda aplicar como "**método estándar de evaluación de la calidad de la caña de azúcar**", un sistema combinado de muestreo del metro lineal en precosecha, muestreo directo en cosecha y el método analítico de balance de masa. Y utilizar las especificaciones de calidad propuestas en el anexo 11.1, como referencia en la toma de decisiones para la compra de la caña de azúcar.

# I. INTRODUCCION

Actualmente la agroindustria azucarera utiliza diversas técnicas y metodologías para el análisis de la calidad de la materia prima a utilizar en el proceso de fabricación del azúcar. El problema fundamental en la compra de la caña es evaluar la misma para saber exactamente que contiene la caña que se compra, siendo este un paso que no se practica en muchas unidades productivas ya que no se cuenta con una metodología estándar que determine el valor aproximado del contenido del Brix, la Pol, el Jugo y la Fibra en la caña, puesto que la compra sobre análisis se realiza en base a las características del jugo extraído en muestras de caña.

Existen varios procedimientos para el análisis y la evaluación de la caña. Para la realización de esta investigación se utilizaron, cinco métodos de análisis de laboratorio, cuatro procedimientos de análisis son utilizados en la agroindustria azucarera y el último es el método que se propone, fundamentado en un balance de masa que incluye el análisis directo del jugo extraído y el bagazo ( torta húmeda ). Conjuntamente se estudiaron dos métodos de muestreo en precosecha y dos métodos de muestreo en cosecha.

El planteamiento del problema consistió en seleccionar un método que garantice la representatividad de los resultados obtenidos, mediante la comparación de los procedimientos mencionados anteriormente, que por medio de un diseño y análisis estadístico, permitió determinar un método estándar para el análisis y la evaluación posterior de la calidad de la caña.

El estudio se realizó con un enfoque técnico y científico durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre de 1,998, en una Agroindustria Azucarera ubicada en el Municipio de la Democracia, Departamento de Escuintla, Guatemala.

## II. JUSTIFICACION.

En la agroindustria azucarera se ha considerado una necesidad conocer la calidad de la caña de azúcar. En la esfera productiva se utiliza para ordenar los cortes de una zona agrícola, para observar el comportamiento de determinado ciclo o variedad o para pagar a los proveedores, no sólo por la cantidad de caña entregada sino también por su calidad.

Para obtener información sobre la calidad de la materia prima para la fabricación de azúcar y lograr incentivar a los productores para que provean caña con altos porcentajes de Brix y Pol fue de vital importancia determinar especificaciones de calidad realizando una comparación y evaluación de cinco métodos de análisis de laboratorio, dos métodos de muestreo en precosecha y dos métodos de muestreo en cosecha, para determinar una técnica estándar que permita encontrar el valor de los porcentajes del Brix, la Pol, la Fibra y el Jugo contenidos en la caña de azúcar que garantice la representatividad de los resultados obtenidos para el cálculo del rendimiento de las libras de azúcar por tonelada de caña, puesto que este indicador de calidad tiene un valor importante como elemento de juicio para tomar la decisión del precio en la compra de la caña, que beneficia a los compradores y a los proveedores.

Al mismo tiempo, este trabajo servirá como fuente de información técnica y experimental que enriquecerá el conocimiento y coadyuvará a su aplicación en futuras investigaciones a realizar en las tesis de grado de la carrera de Ingeniería Agroindustrial del Centro Universitario del Sur de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### III. MARCO TEORICO

#### 3.1 LA CAÑA DE AZUCAR.<sup>1</sup>

La caña de azúcar es una gramínea tropical que pertenece a la misma tribu (Andropogoneae) que la del sorgo, el pasto Jhonson y el maíz. La caña de azúcar que se cultiva actualmente es un híbrido complejo de dos o más de las cinco especies del género *Saccharum*: *S. barberi* Jeswiet, *S. officinarum* L., *S. robustum* Brandes & Jesw. Ex Grassl, *S. sinense* Roxb. y *S. spontaneum*. Muchas de estas especies hibridizan, originando un género muy diverso. Algunos investigadores piensan que *Saccharum* se desarrolló en el área de Birmania, China e India en el Asia Meridional. *Saccharum spontaneum*, *S. sinense* y *S. barberi*, son típicas de esta región; las formas relativamente jugosas de las dos últimas especies fueron utilizadas en los comienzos del cultivo y procesamiento de la caña de azúcar en India y China. Cuando las distintas formas se extendieron a otras áreas, se desarrolló *Saccharum robustum* en las islas del sureste de Indonesia, posiblemente por cruzamiento de aquéllas con *Miscanthus*, y evolucionó a *Saccharum officinarum* en el área de Nueva Guinea. Se acepta hoy en día que *S. officinarum* se desarrolló mediante la selección practicada por los cazadores de cabezas aborígenes; las formas con un alto contenido de fibra (*S. robustum*) se utilizaban para construcción y las formas dulces, blandas y jugosas se propagaban para masticarse.

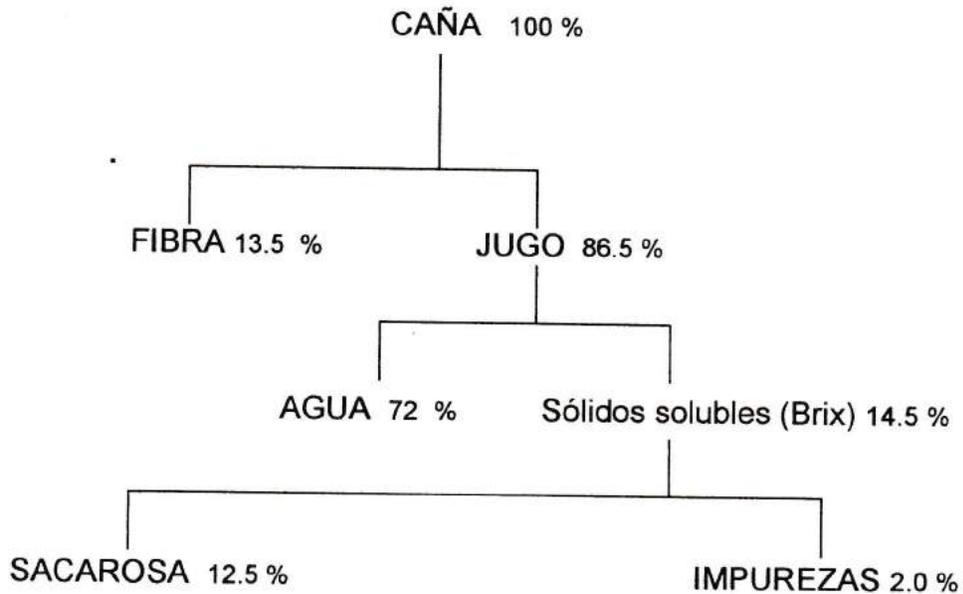
Actualmente la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se utiliza para el proceso Agroindustrial de fabricación de azúcar y se ha extendido en varios países de Europa, Asia, Africa y América, constituyendose una de las alternativas más importantes en el consumo de carbohidratos.

---

<sup>1</sup> Chen, James. **Manual del azúcar de caña.** (1,991) p.27

### 3.2 COMPOSICION DE LA CAÑA DE AZUCAR.<sup>2</sup>

La composición aproximada de la caña se encuentra en los siguientes porcentajes:



La parte leñosa es la Fibra, la materia celulósica que sirve de soporte a la planta y forma los vasos.

El jugo es la parte líquida que resulta de exprimir la caña y del cual, por concentración, se obtiene el azúcar.

Las impurezas disueltas comprenden la glucosa, otros azúcares no cristalizables, las materias orgánicas y los minerales.

La fabricación del azúcar consiste, en aislar la sacarosa y separar todo lo demás.

<sup>2</sup> Carias, D. **Manual de laboratorio de ingenios azucareros.** (1,988) p. 25

La sacarosa en el jugo y la celulosa en la Fibra son los dos principales constituyentes químicos de la caña de azúcar; cada uno de ellos está compuesto de azúcares simples. Los azúcares simples, glucosa ( dextrosa ) y fructosa ( levulosa ) se encuentran asimismo sin formar cadenas en la caña de azúcar, por lo general en cantidades menores que la sacarosa. La producción de azúcar a partir del jugo de la caña de azúcar se basa en la capacidad que tiene la sacarosa de cristalizar a partir de un jarabe espeso, mientras que la glucosa y la fructosa permanecen disueltas. Otros azúcares están presentes en la caña como constituyentes de las gomas o de las paredes celulares.

Los azúcares son carbohidratos y, como su nombre lo indica, están compuestos de los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno; el hidrógeno y el oxígeno están por lo general presentes en la misma proporción que en el agua. Los azúcares simples, glucosa y fructosa se clasifican como monosacáridos ya que no se pueden hidrolizar a moléculas más pequeñas de carbohidratos por ácidos o enzimas. En un monosacárido, un átomo de carbono no está unido ya sea a un grupo aldehídico ( aldosas ) o cetónico ( cetosas ), y los otros átomos de carbono están enlazados a grupos hidroxilo. Los monosacáridos contienen por lo común cinco átomos de carbono ( pentosas ) o seis ( hexosas ). La arabinosa en la goma de la caña es una pentosa y la glucosa y la fructosa son hexosas. La sacarosa es un disacárido como la maltosa y la lactosa. Cuando son atacados por ácidos o enzimas, los disacáridos se hidrolizan en sus monosacáridos correspondientes.

### **3.3 CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR.**

#### **3.3.1 Rendimiento.<sup>3</sup>**

La calidad de la caña de azúcar se determina calculando el contenido de azúcar presente en la caña al momento del análisis, que pueda ser recuperada en el ingenio operando a una eficiencia normal y es expresada en libras físicas de azúcar por tonelada de caña.

---

<sup>3</sup> Reglamento del pago de caña por calidad. (1,995) p.3

La fórmula para obtener el rendimiento calculado es:

$$Y = P/100 * E/100 * R/100 * 1/(S/100) * L * 2000$$

Donde:

Y = Libras de azúcar por tonelada de caña.

P = Porcentaje de la Pol en caña.

E = Extracción de la Pol.

R = Retención.

L = Factor de Ponderación.

S = Pol del azúcar producida.

2000 = Factor para convertir toneladas a libras.

### **3.3.1.1 Porcentaje de la Pol en la caña:**

Se obtiene mediante el análisis de una muestra representativa de caña, que oscila entre 1000 a 500 gramos, dependiendo del método a utilizar para el cálculo respectivo.

### **3.3.1.2 Extracción de la Pol:**

En el proceso de extracción de sacarosa por molienda, siempre queda una parte del jugo impregnado en el bagazo, por lo que la extracción de la Pol, en mayor o menor escala, dependerá en gran medida del contenido de la Fibra en la caña. El máximo porcentaje del jugo perdido en la fibra puede ser 56.67 %. La extracción de la Pol se calcula así:

$$E = 100 - (56.67 * \% \text{ de la fibra en la caña}) / (100 - \text{la fibra en la caña})$$

### 3.3.1.3 Retención:

El concepto de retención implica, que debido exclusivamente a la presencia de sustancias no azúcares en la solución, existe una cantidad de sacarosa, que durante el proceso de fabricación no puede ser recuperada.

$$\text{Retención} = \text{W\&C} * \text{BHE}$$

Donde:

W&C = Fórmula de Winter y Carp

$$\text{W\&C} = 1.4 - (40 / \text{Pureza del jugo extraído}) * 100$$

BHE = Eficiencia de la fábrica.

Este factor representa el porcentaje de eficiencia con que está operando el ingenio y revela el nivel de cercanía de los rendimientos teóricos con las cifras reales de la operación normal de la fábrica. Se obtiene de la siguiente manera:

BHE = Recuperación real / Recuperación teórica (WC)

$$\text{Recuperación Real} = \frac{\text{Quintales de pol recobrados en azúcar} * 100}{(\text{Pol jugo M}/100) * (\text{Jugo M\%caña}/100) * (\text{ton caña.}) * 20}$$

### 3.3.1.4 Factor de ponderación:

Este factor permite hacer una distribución ponderada del azúcar que todos los proveedores han entregado al ingenio en el día, se calcula como sigue:

$$L = \text{Rendimiento físico real Ingenio} / \text{Rendimiento ponderado de toda la caña} * 100$$

### **3.3.1.5 Pol del azúcar producida:**

Este factor permite convertir las libras Pol, a libras de azúcar por tonelada de caña. En la fórmula del rendimiento se simboliza con la letra S.

La calidad de la caña en el campo tiende a mejorar con la edad, llega a un máximo, y luego declina. Cualquiera que sea la calidad en el momento del corte, se inicia un rápido deterioro desde el momento en que se corta la caña. La caña pasada constituye un hecho reprobable para toda la industria azucarera; los agricultores pierden tonelaje y los procesos de azúcar se dificultan.

### **3.3.2 MATERIA EXTRAÑA EN LA CAÑA.<sup>5</sup>**

Para la determinación de la calidad de la caña, se cuenta con un laboratorio especializado, el cual está dotado con equipos adicionales de nueva tecnología, con el objeto de agilizar los análisis de las muestras y reforzar la operatividad del sistema.

Otro factor importante que permite evaluar la calidad de la caña, es la materia extraña proveniente del campo *conocida comúnmente en la agroindustria azucarera como Trash* ( cogollos, hojas, raíces y tierra ), la cual ha sido adquirida en la cosecha de la caña. La materia extraña en su conjunto tiene una relación directa con la cantidad de azúcar recuperable. Los jugos provenientes de los cogollos ( incluyendo la punta del tallo, hojas y entrenudos blandos y en proceso de alargamiento, vainas y hojas enrolladas ) contienen menos de 1% de sacarosa, pero son relativamente ricos en almidón, polisacáridos solubles y azúcares reductores. Estos constituyentes indeseables son extraídos cuando se muelen el cogollo y las hojas muertas y afectan adversamente a la recuperación de la sacarosa .

La materia extraña es siempre negativa, ya que su aumento tiene efectos en el rendimiento de azúcar, varía de acuerdo a la época del año en que se realice la cosecha y es indispensable su control para disminuir las pérdidas de azúcar al elaborarla.

---

5 Cárdenas, Alberto. *La cosecha de la caña de azúcar*. (1.987). p.362

Dado a que la calidad del azúcar que se produce está afectada por la calidad de la caña que se suministra al ingenio, la proporción de la materia extraña tiene una gran importancia. La buena calidad de la caña esta relacionada con caña fresca, bajo contenido de materia extraña y tallos sanos al momento de la molienda.

Todos estos factores son susceptibles de control y de ellos depende en gran parte el resultado final de producción de azúcar.

### 3.3.3 PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL JUGO.<sup>6</sup>

Otros indicadores en la calidad de la caña a procesar, se aprecia en el contenido del Brix, la Pol, el pH, la acidez, los azúcares reductores, la dextrana, el almidón y los fosfatos presentes en el jugo extraído. Estos análisis se realizan en el transcurso del proceso y son determinantes para que en todas las operaciones los resultados sean óptimos.

**3.3.3.1 Brix:** Es el contenido de sólidos representado en porcentaje que están disueltos en el jugo, es un parámetro importante para determinar la calidad del jugo de la caña.

**3.3.3.2 Pol:** Se representa en grados Z de polarización y refleja una visión de la sacarosa aparente en el jugo, es un indicador importante para calcular el porcentaje de la Pol contenida en la caña y de ella depende el cálculo del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña.

**3.3.3.3 Acidez:** Sirve para determinar el grado de deterioro del jugo después de haber quemado la caña, se expresa generalmente como el número de mililitros de álcali décimo normal, necesarios para neutralizar 10 mililitros de jugo. Para obtener resultados más rápidos se utiliza el valor del pH, este último es más exacto y valioso. La acidez del jugo por titulación y el cálculo de la acidez por pH no tienen una relación constante, puesto que la primera es la acidez total, mientras que el pH es la acidez efectiva.

**3.3.3.4 Azúcares reductores:** Son las sustancias reductoras en la caña y sus productos interpretadas como azúcar invertido. El antiguo término de glucosa como sinónimo de azúcares reductores, ya no se usa. El término inversión se usa ampliamente, refiriéndose al deterioro de la calidad de la caña que tiene lugar después de la recolección

---

<sup>6</sup> Chen, James. **Manual del azúcar de caña.** (1,991). p. 47

y la quema, y es cuando la sacarosa es metabolizada por bacterias, y la rotación dextrógira de jugo aumenta debido a la formación de dextrana. En sentido químico, inversión quiere decir el cambio de la actividad óptica dextrógira a levógira, o visceversa.

**3.3.3.5 Dextrana:** Es un polisacárido que, a diferencia del almidón es soluble en el guarapo frío. La dextrana es producida de la infección microbiana de las células dañadas de la caña con el microorganismo *Leuconostoc mesenteroides*, estos consumen sacarosa, produciendo largas cadenas de glucosa, fermentando la fructosa a ácidos orgánicos como productos secundarios. Cantidades como 10,000 ppm en el jugo, aumentan la viscosidad, retardan la cristalización y la filtración y disminuyen el rendimiento de sacarosa.

**3.3.3.6 Almidón:** El contenido de almidón en los jugos extraídos afecta grandemente la producción de azúcar refinado, especialmente en el proceso de carbonatación, retarda la cristalización del jarabe y disminuye el agotamiento de las melazas.

**3.3.3.7 Fosfatos:** La importancia de este indicador de calidad, es útil en el proceso de clarificación, puesto que en esta operación ocurre una reacción entre los fosfatos presentes en el jugo y la cal que es adicionada, formando fosfatos de calcio, dando lugar a una precipitación que atrapa todas las impurezas no azúcares, floculando y originando la separación de las fases jugo y cachaza.

### **3.3.4 METODOS DE MUESTREO DE CAÑA PARA ANALISIS.**

El objeto del muestreo de la caña es lograr obtener muestras representativas para tener resultados confiables de los análisis que determinen el grado de madurez de la caña, el rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña, enfermedades y otros indicadores involucrados en el control de la calidad.

Existen varios sistemas de muestreo, entre ellos se puede mencionar: muestreo de precosecha, muestreo experimental y muestreo de cosecha.

### **3.3.4.1 Muestreo de precosecha y caña experimental:<sup>7</sup>**

Los muestreos de precosecha tienen como objetivo principal determinar el punto óptimo de madurez en el que un lote de caña debe cosecharse. La representatividad de la muestra extraída del campo y la exactitud de los procedimientos del análisis de laboratorio, determinan el éxito del programa.

Como la decisión de qué lotes han de ser cosechados, es realmente importante tomar en cuenta el factor económico en la que se pueden ganar o perder varias libras de azúcar por tonelada de caña, esto obliga a que los datos, tanto de campo como de laboratorio sean correctos.

#### **3.3.4.1.1 Criterios importantes para muestrear un cañaveral.**

**a) Edad:** En nuestro medio, en que el ciclo natural de cultivo de la caña de azúcar es de aproximadamente doce meses, el muestreo previo se inicia entre los nueve a diez meses de edad; esto es 240 días, que equivale a ocho meses, la edad mínima que se programa para un primer muestreo.

**b) Variedad:** Aunque no influye en forma determinante, el tipo de variedad si es de maduración temprana, mediana ó tardía, puede determinar el momento en que debe iniciarse el muestreo. En general las variedades de maduración temprana que se necesita enciclar, se principian a muestrear más jóvenes que las demás.

**c) Programa de madurantes:** El programa de aplicación de maduradores puede condicionar el inicio del muestreo de un cañaveral, ya que es conveniente realizar por lo menos uno y de preferencia dos muestreos antes de la aplicación del madurante, para estar seguros de que se justifica la aplicación.

**d) Floración:** La floración, que es una condición genética de cada variedad, es influenciada por las condiciones climatológicas, puede hacer cambiar la edad de inicio del muestreo, ya que se ha dado el caso, principalmente en cañales plantía en los que se ha tenido que iniciar el muestreo a los siete meses para cosechar a los ocho meses de edad.

---

<sup>7</sup> **Muestreos de precosecha.** INGENIO PANTALEON. ( 1,994) p.3

**e) Frecuencia del muestreo:** En general, los cañales se muestrean a intervalos de quince días entre un muestreo y otro.

#### **3.3.4.1.2 Procedimiento para el muestreo de campo:**

##### **a) Emisión de un reporte - programa:**

El departamento de planificación y control en comunicación con el departamento de coordinación de proveedores, elabora el programa de muestreo diario para cada grupo de muestreadores, dicho reporte es un formulario para obtención de datos de campo, que debe contener la siguiente información:

- i. Número de lote.
- ii. Nombre del lote.
- iii. Número de estaciones programadas a muestrear por lote.
- iv. Variedad de la caña.
- v. Fecha real del muestreo.
- vi. Número de cañas maduras.
- vii. Cantidad de hijos grandes y pequeños encontrados en el área muestreada.
- viii. Porcentaje de flor.
- ix. Número de entrenudos total.
- x. Número de entrenudos con presencia de corcho.

**b) Obtención de planos lotificados:** Para la ubicación de los puntos a muestrear en el campo, es necesario contar con los planos lotificados y sus respectivas áreas por lote y por pante; ya que una muestra representa aproximadamente tres hectáreas.

**c) Ubicación de los puntos a muestrear:** En primer lugar, los puntos a muestrear se ubican en el plano a criterio del jefe de grupo de muestreo, en base al área de cada pante. Luego se ubican los puntos de muestreo en el campo, para lo cual se coloca una estaca con la identificación del número de estación en la orilla de la ronda, la cuál sirve de orientación para futuros muestreos.

El punto de extracción de la muestra se localiza a una distancia de veinte a treinta metros de la orilla de la ronda. Este punto debe ser lo más representativo posible del área muestreada, no debe estar influenciado por rondas, zanjones, árboles, cerros, etc.

**d) Toma de la muestra:** Es uno de los pasos más importantes en el proceso. Los procedimientos varían y los más relevantes son dos: el primero consiste en cortar cinco tallos al azar en el punto donde se ubico el punto de muestreo; el segundo consiste en cortar todos los tallos presentes en un metro lineal en el zurco desde el punto donde se ubico el punto de extracción de la muestra. El corte de las cañas debe ser a ras del suelo y el despunte a la altura en que normalmente el cortador despuntaría la caña que se envía al ingenio. Luego se desbarajan y se seccionan en trozos de cincuenta a sesenta centímetros, después se hace un paquete que se amarra con pita.

**e) Identificación de la muestra:** Una vez hecho el paquete, se le adjunta una etiqueta, la cuál se amarra con la punta de la pita que sujeta al paquete y que contiene la siguiente información:

- i. Número de la finca.
- ii. Nombre del cañal.
- iii. Número de lote.
- iv. Número de estación.
- v. Fecha del muestreo.
- vi. Firma del muestreador.

**f) Llenado de los datos del reporte:** El jefe de grupo de muestreo es el encargado de llenar la información del formulario de campo. La información que se anota es la siguiente:

- i. Fecha del muestreo ( mes, día, año ).
- ii. Número de cañas maduras.
- iii. Números de hijos grandes.
- iv. Número de hijos pequeños.
- v. Porcentaje de floración.
- vi. Número de entrenudos totales.
- vii. Número de entrenudos con corcho.

**g) Entrega de muestras al laboratorio:** Cuando el grupo de muestreo está integrado por un jefe de grupo, que además es el piloto del vehículo y por dos ayudantes, completa su tarea asignada para el día, que actualmente es de sesenta muestras ó más, se dirigen al Ingenio y hacen entrega de las muestras a una persona responsable del Laboratorio, quién las recibe de conformidad.

Además de entregar las muestras al laboratorio, el jefe del grupo entrega a planificación y control los formularios de campo llenos.

**h) Ingreso de información al sistema de computación:** Por una parte los datos de campo son ingresados al sistema por el departamento de planificación y control. Por su parte el laboratorio, después de haber hecho los análisis, ingresa los datos al sistema y efectúa un recálculo de la información en el sistema, después se comunica al departamento de planificación y control para que se procesa a emitir el reporte de precosecha.

**i) Emisión de un reporte de precosecha:** Después que el laboratorio informa que los datos han sido recalculados, en el sistema de campo se actualiza dicha información y posteriormente se emite el reporte de precosecha, que es el que sirve de base para elaborar los programas semanales de cosecha.

### **3.3.4.2 MUESTREO DE COSECHA:**

Existen varios procedimientos del muestreo de la caña en cosecha que incluyen varios factores como: puntos de muestreo, cantidad de muestra, y número de muestras.

Los puntos de muestreo usuales son: toma de cañas en báscula y toma del jugo primario.

#### **3.3.4.2.1 Toma de las muestras en la báscula:<sup>8</sup>**

El sistema de muestreo se realiza en forma manual ó mecánica ( Sonda core sampler), dentro de la forma mecánica existen los equipos de tipo horizontal y tipo oblicuo.

---

<sup>8</sup> Vásquez, Quintero. **Pago de la caña por rendimiento.** (1,985). p.539

La cantidad de muestra a tomar en el sistema manual es de cuatro a cinco cañas, y en el sistema mecánico es de 2.5 a 3.5 kilogramos.

El número de camiones a muestrear depende del número de lotes y sectores por finca cosechados. Para obtener esta información es necesario utilizar correlaciones que nos indique estadísticamente que el número de muestras a tomar es representativo. Existen varias opciones de trabajo definidas, por ejemplo: tomar una muestra al primer viaje de cada finca – lote y la otra opción es tomar una muestra cada ochenta toneladas que ingresan de la misma finca al ingenio.

En la báscula se identifica la procedencia de la caña, para determinar si es propia de las fincas del ingenio o es externa. Se anota en boletas especiales, el nombre de la finca, el sector y el lote cosechado, se define el peso en toneladas de caña que se reciben para molienda y luego se ingresan los datos a un sistema que está unido al laboratorio y al departamento de campo. Los datos de identificación que llegan al laboratorio son únicamente un número correlativo del envío y el peso, esto se hace para evitar preferencias o anomalías con respecto a la evaluación individual de determinada finca.

Después de haber sido tomada la muestra se identifica colocando el respectivo número de envío registrado al momento de haber sido pesado el camión y posteriormente se traslada al laboratorio para el análisis respectivo. Los resultados son interpretados y se ingresan al sistema de computación para que sea conocido por el departamento de campo.

#### **3.3.4.2.2 Toma de muestra del jugo primario.<sup>9</sup>**

La primera fase de operación es similar a la toma de muestras en la báscula, en este lugar se identifica y se pesa el camión. La báscula es la encargada de dar la orden para tomar la muestra respectiva en el molino.

Aproximadamente se seleccionan tres toneladas por cada muestra a tomar, al iniciar el recorrido de la caña se sigue el curso de la misma hasta llegar al primer molino.

---

9 Castillo, C. **Muestreo y análisis directo para la evaluación de la caña.** (1,984). p. 581

Por lo regular se aplica un colorante para saber el momento justo para tomar la muestra, este colorante puede ser por medio de la aplicación de cal, un minuto después, se empieza a tomar la muestra de jugo en la maza cañera, recorriendo el toma muestras a lo largo de todo el flujo de jugo hasta llenarlo. Se transfiere el jugo recogido al recipiente colector, se repite la operación anterior por espacio de tres minutos. Para este método es necesario colocar una báscula para pesar la cantidad de jugo que se extrae, sabiendo la cantidad de caña de entrada, se encuentra por diferencia el peso del bagazo. La muestra tomada se lleva al laboratorio donde se evalúa la calidad de la caña.

### **3.3.5 METODOS PARA EL ANALISIS Y EVALUACION DE LA CAÑA DE AZUCAR.<sup>10</sup>**

En las áreas productoras, pocas veces se hace el análisis directo de la caña de azúcar. Es difícil que se haga un análisis general de la caña, y el único constituyente que se determina directamente, para un control indirecto es la Fibra. Para estimar el contenido de azúcar, a fin de conocer la madurez o calidad de la caña, el procedimiento usual es el análisis del jugo obtenido en un molino o de la extracción en una prensa en el laboratorio.

Se han desarrollado varios procedimientos analíticos especializados para la caña de azúcar. A continuación se describen brevemente los métodos existentes y la forma de obtener los valores para emitir un resultado que permita evaluar la calidad de la caña de azúcar.

#### **3.3.5.1 Métodos directos de desintegración:**

Estos métodos consisten en tomar una muestra de caña desfibrada y luego colocarla en un equipo de desintegración que tiene la función de una licuadora, a muestra a desintegrar se le adiciona una cantidad de agua y cinco mililitros de carbonato de sodio al 10% p/v, para evitar la inversión de la sacarosa, ya que la fricción del medio a desintegrar con las paredes del equipo obliga a tener una reacción exotérmica y generar calor.

---

10 Chen, James. **Manual del azúcar de caña.** (1,991). p.831

El tiempo de desintegración varía en relación al método que se utilice y a la cantidad de muestra y agua presentes en la desintegración, *demasiada agua produce un extracto muy diluido; pero una relación muy baja al aumentar la muestra de caña produce calentamiento excesivo y baja eficiencia de extracción.*

Para evitar el calentamiento es recomendable utilizar agua fría a 15° C, o instalar una chaqueta con circulación de agua en la parte exterior del equipo.

Al haber obtenido el extracto, se procede a leer la lectura refráctométrica para conocer el porcentaje de sólidos disueltos ( Brix ), que por medio de factores establecidos arrojan los valores del porcentaje del Brix en caña. Otra parte del extracto es clarificada con sub-acetato de plomo seco y posteriormente se toma la lectura de polarización en °Z, similarmente con al cálculo del Brix, se determina por medio de factores el porcentaje de la Pol contenida en caña. Para obtener el porcentaje de la Fibra en caña es necesario conocer el porcentaje de la humedad de la muestra de caña. Los métodos de desintegración conocidos y aplicados en la industria azucarera son:

- a) Método de desintegración COPERSUCAR.<sup>11</sup>
- b) Método de desintegración oficial GS5/7-1 ICUMSA.<sup>12</sup>

### **3.3.5.2 Métodos del jugo prensado:**

Los métodos del prensado se basan en el hecho de que la proporción entre el porcentaje de sacarosa del jugo absoluto y el porcentaje de sacarosa del jugo extraído es igual a la proporción entre la extracción del jugo y la extracción de sacarosa. El primer adelanto para la extracción del jugo sin diluir la caña, o jugo normal, lo constituyó la prensa hidráulica Pinnete-Emidecau tipo OB-102.

---

11 Fernández, C. **Fórmulas y ecuaciones utilizadas en la agroindustria de azúcar y alcohol.** (1,975)p.7

12 Schneider, F. et al. **Sugar analysis methods.** ICUMSA. (1,994).p.24

Esta prensa se usa para extraer el jugo de una muestra de caña desfibrada. Una muestra de aproximadamente 1,000 gramos de caña se prensa durante dos minutos a 250 libras-fuerza.

Luego de haber determinado el porcentaje de bagazo ó torta húmeda de la caña, el porcentaje de la humedad del bagazo, el porcentaje de la Pol y el Brix en el jugo se calcula mediante fórmulas y ecuaciones el porcentaje de Pol y el Brix en la caña. El porcentaje de la Fibra en la caña se encuentra al conocer el porcentaje de la humedad en la caña, ( 100 menos la sumatoria del Brix y la Humedad de la caña). Los métodos del jugo prensado utilizados en la agroindustria azucarera son:

- a) Método de la prensa hidráulica TECNICAÑA.<sup>13</sup>
- b) Método de la prensa hidráulica, sistema TANIMOTO, COPERSUCAR.<sup>14</sup>

---

13 Buenaventura, C. **Manual de laboratorio para la industria azucarera.** (1,989) p.13

14 Fernández, C. **Fórmulas y ecuaciones utilizadas en la agroindustria del azúcar y el alcohol.** (1,995) p. 5

## IV. OBJETIVOS

### 4.1 GENERAL:

- Establecer un método estándar para evaluar la calidad de la caña de azúcar.

### 4.2 ESPECIFICOS:

- 4.2.1 Evaluar y comparar los resultados de cinco métodos para la determinación de los porcentajes del Brix, la Pol, la Fibra y el Jugo contenidos en la caña de azúcar.
- 4.2.2 Seleccionar procedimientos adecuados de muestreo de caña que sean representativos, para el análisis cuantitativo de los porcentajes del Brix, la Pol, la Fibra y el Jugo en la caña de azúcar.
- 4.2.3 Implementar especificaciones de calidad, que permitan identificar parámetros mínimos y máximos que servirán como base en la toma de decisiones para la compra de la caña de azúcar.

## V. HIPOTESIS.

Los porcentajes del Brix, la Pol, la Fibra y el Jugo contenidos en la caña y el rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña que se obtienen por medio del método propuesto de análisis por balance de masa, son estadísticamente equivalentes a los valores del Brix, la Pol, la Fibra y el rendimiento, encontrados por los métodos utilizados tradicionalmente en la industria azucarera.

### 5.1 VARIABLES.

#### 5.1.1 Dependientes.

Contenido del Brix y la Pol en el Jugo.

Humedad del bagazo.

#### 5.1.2 Independientes.

Contenido del Brix, la Pol, el Jugo y la Fibra en la caña de azúcar.

Rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña.

Presión ejercida en la extracción del jugo.

Humedad de la caña.

## VI. METODOLOGIA.

### 6.1 MATERIAL DE ESTUDIO:

#### 6.1.1 *Comparación de los cinco métodos analíticos para evaluar la calidad de la caña.*

La comparación de los métodos para evaluar la calidad de la caña de azúcar se realizaron en una misma muestra de caña preparada y homogenizada, siendo esta la unidad experimental a estudiar. Los métodos utilizados son los siguientes:

- a) Método de desintegración **COPERSUCAR**.
- b) Método de desintegración **GS5/7-1 ICUMSA**. ( Método testigo )
- c) Método de la prensa hidráulica **TECNICAÑA**.
- d) Método de la prensa hidráulica, sistema **TANIMOTO, COPERSUCAR**.
- e) Método propuesto de **BALANCE DE MASA**.

Los procedimientos para la ejecución de cada método se puede observar en el anexo 11.2.

#### 6.1.2 *Comparación de los dos métodos de muestreo para evaluar la calidad de la caña de precosecha.*

Se evaluaron dos pantes de aproximadamente seis hectáreas cada uno, en una finca de una agroindustria azucarera. Se tomaron cinco muestras a cada pante, una en cada esquina, a quince metros hacia adentro y una en el centro, para un total de cinco muestras por cada método por lote. Cada pante fue denominado con el nombre de estación experimental.

Los métodos utilizados fueron los siguientes:

- a) **Método de muestreo del metro lineal:** consiste en cortar todas las cañas presentes en un metro lineal del surco ubicado en el punto de muestreo a estudiar.
- b) **Método de muestreo de cinco cañas:** Consiste en cortar cinco cañas al azar en el punto de muestreo a estudiar.

Las muestras tomadas por cada método fueron extraídas en el mismo punto de muestreo por cada estación experimental.

### 6.1.3 ***Comparación de los dos métodos de muestreo para evaluar la calidad de la caña en cosecha.***

Se utilizaron dos métodos de muestreo para el análisis de la evaluación de la caña en cosecha, estos muestreos se realizan al ingresar la caña directamente al ingenio productor. Los métodos utilizados son los siguientes:

- a) **Método de muestreo directo:** Consiste en tomar varias muestras de caña en el camión que especifique la báscula para ser muestreado, las cañas se extraen en varios puntos de las jaulas por medio de una sonda mecánica denominada Core Sampler. El peso de la muestra es aproximadamente de tres Kilogramos.
- b) **Método de muestreo del jugo primario:** Consiste en tomar muestra del jugo primario en el primer molino y del bagazo que salga de este. Se recolecta aproximadamente un litro de muestra, se anota el peso de la caña que entra al molino, el peso del jugo que sale y por diferencia se encuentra el peso del bagazo que sale. La muestra que es tomada en este punto debe ser de la misma procedencia de la muestra que fue tomada por el método de muestreo directo.

Las muestras tomadas en este punto son trasladadas al laboratorio para su respectivo análisis.

## **6.2 EQUIPO:**

- 6.2.1 Refractómetro digital (Brix).
- 6.2.2 Polarímetro automático (Pol).
- 6.2.3 Prensa hidráulica.
- 6.2.4 Desintegrador.
- 6.2.5 Balanza electrónica.
- 6.2.6 Cristalería de laboratorio azucarero.

## **6.3 REACTIVOS:**

- 6.3.1 Subacetato de plomo.
- 6.3.2 Carbonato de calcio.

## **6.4 TECNICAS:**

- 6.4.1 **Revisión bibliográfica:** Se indagó en referencias bibliográficas afines a la Agroindustria azucarera.
- 6.4.2 **Observación:** Se realizaron observaciones directas a los procedimientos utilizados en el análisis y métodos de muestreo para la evaluación de la caña de precosecha y cosecha.
- 6.4.3 **Diseño estadístico:**
  - a) ***Para la comparación de los cinco métodos analíticos para evaluar la calidad de la caña.***

Diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, cada tratamiento corresponde a cada método analítico de evaluación, y cada repetición es la media aritmética de veinticinco muestras analizadas durante una semana.

b) ***Para la comparación de los dos métodos de muestreo para evaluar la calidad de la caña de precosecha.***

Diseño completamente al azar con dos tratamientos y cinco repeticiones, cada tratamiento corresponde a cada método de muestreo utilizado, y cada repetición corresponde a la muestra tomada en cada punto de muestreo por cada método.

c) ***Para la comparación de dos métodos de muestreo para evaluar la calidad de la caña en cosecha.***

Diseño completamente al azar con cinco tratamientos y ocho repeticiones, cada tratamiento corresponde a cada método de muestreo utilizado, y cada repetición es el promedio de la corrida diaria todo de muestreo.

6.4.4 **Universo:** Muestras de caña provenientes del campo para análisis de precosecha y cosecha durante ocho días de la zafra 97-98 y los meses de Agosto, Septiembre y Octubre de 1,998.

6.4.5 **Número de muestras a analizar para la comparación de los cinco métodos analíticos para evaluar la calidad de la caña.**

El tamaño del universo se determina por el número de análisis del Brix y la Pol en precosecha, que para los meses de septiembre y octubre es aproximadamente de 1,000 muestras; utilizando la tabla II-A de MIL-STD-105 D<sup>15</sup>, que contempla plan de muestreo simple para inspección estricta, para ese tamaño de universo recomienda el análisis de cien unidades.

6.4.6 **Análisis estadístico:** Los resultados de cada tratamiento fueron sometidos a un análisis de varianza para determinar si existe diferencia significativa entre los métodos utilizados para evaluar la calidad de una misma muestra de caña. El análisis estadístico lo constituye la hipótesis nula, la que establece que no existe diferencia significativa entre las medias por cada método o tratamiento.

---

15 Feigenbaum, A. **Control total de la calidad.** (1,986). p.626

La comprobación de hipótesis por varianza consiste en la verificación del valor obtenido con el planteado, en los rangos cuantitativos prefijados; la prueba **F de Fisher** es la que más se utiliza y se define así:

$$F = \frac{S^2_B, \text{ calculado por las medias de la muestra}}{S^2_W, \text{ calculado por la combinación de las varianzas de la muestra}}$$

Donde el valor **F** calculado debe ser menor que el tabulado en las tablas de **F** para  $n$  grados de libertad al 1% ó 5% de significancia, para que no exista diferencia entre los métodos utilizados; si el valor **F** calculado es mayor, si existe diferencia significativa entre los métodos o tratamientos. El resultado se muestra mediante el siguiente cuadro de ANOVA.

**CUADRO 1**  
**CALCULOS PARA EL ANALISIS DE VARIANZA**

VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	F
ENTRE TRATAMIENTOS $V_B = b \sum_j (X_j - \bar{X})^2$	a - 1	$S^2_B = V_B / a - 1$	$S^2_B / S^2_W$
DENTRO DE TRATAMIENTOS $V_w = V - V_B$	A(b - 1)	$S^2_W = V_w / a(b - 1)$	Con a - 1 y a(b - 1) Grados de libertad
TOTAL $V = V_B - V_w$ $= \sum_{jk} (X_{jk} - \bar{X})^2$	ab - 1		

FUENTE: Kennedy, J. et al. *Estadística para ciencias e ingeniería* (1982) p.335.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = M + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable respuesta para la  $ij$ -ésima unidad experimental.

$M$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento.

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

Cuando no existe diferencia significativa entre dos o más tratamientos o métodos, se debe realizar una comparación de las medias obtenidas, con el objetivo de clasificarlas para elegir la mejor si es necesario por medio de un despliegue de las diferencias estadísticas de la prueba. Si no existiera variación entre las diferencias, debe elegirse el método que tenga resultados óptimos desde el punto de vista económico y de tiempo de ejecución.

Se utilizaron representaciones gráficas que permiten observar los datos de una forma esquemática y directa por medio de los diagramas de líneas ( $x,y$ ) y barras, para hacer resaltar a simple vista las relaciones en las variables de los métodos utilizados y los contenidos del Brix, la Pol, el Jugo, la Fibra y el rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña.

- 6.4.7 **Registro de datos:** Los resultados obtenidos de los métodos utilizados, fueron registrados en una hoja electrónica en el programa Excel, que a su vez ejecutó los cálculos correspondientes para encontrar los valores del contenido del Brix, la Pol, el Jugo, la Fibra en la caña y el rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña.

## VII. PRESENTACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

Los resultados se presentan y analizan de acuerdo al procedimiento descrito en la metodología (sección VI.). En el orden del planteamiento, se encuentran los resultados de la comparación de los cinco métodos analíticos para la evaluación de la calidad de la caña de azúcar, la comparación de los dos métodos de muestreo de precosecha de la caña y los dos métodos de muestreo de la caña y el jugo en el ingenio en el tiempo de cosecha.

### 7.1 COMPARACION DE LOS CINCO METODOS ANALITICOS PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR:

#### 7.1.1 Porcentaje del Brix contenido en la caña de azúcar.

CUADRO 2  
ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DEL BRIX  
CONTENIDO EN LA CAÑA. 1,998.

FUENTE	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada <sub>0.05</sub>	Significancia
Tratamiento	4	0.98	0.24	0.32	3.06	NO
Error.	15	11.35	0.76			
Total	19	12.33				

FUENTE: CUADRO 17A. ANEXO 11.7

El análisis de varianza para la validación del porcentaje del Brix contenido en la caña, cuyos valores fueron encontrados por los cinco métodos analíticos de evaluación, demuestra en el **cuadro 2** que la **F** calculada con valor de **0.32** es menor que la **F** tabulada con valor de **3.06**, lo que constituye que no existe diferencia significativa entre las medias de los métodos utilizados. Los valores del porcentaje del Brix contenido en la caña se observan en la **gráfica 1** con resultados de 15.01 % para el método COPERSUCAR, 14.84% método testigo ICUMSA, 14.81 método TECNICAÑA, 14.37% Método TANIMOTO y 14.91% para el método propuesto de BALANCE DE MASA

En el **cuadro 3** se observa el despliegue de las diferencias estadísticas, demostrando los métodos que tienen resultados más cercanos al tratamiento testigo son los métodos TECNICAÑA y el propuesto de BALANCE DE MASA.

CUADRO 3

**DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS PARA EL PORCENTAJE DEL BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA. 1,998.**

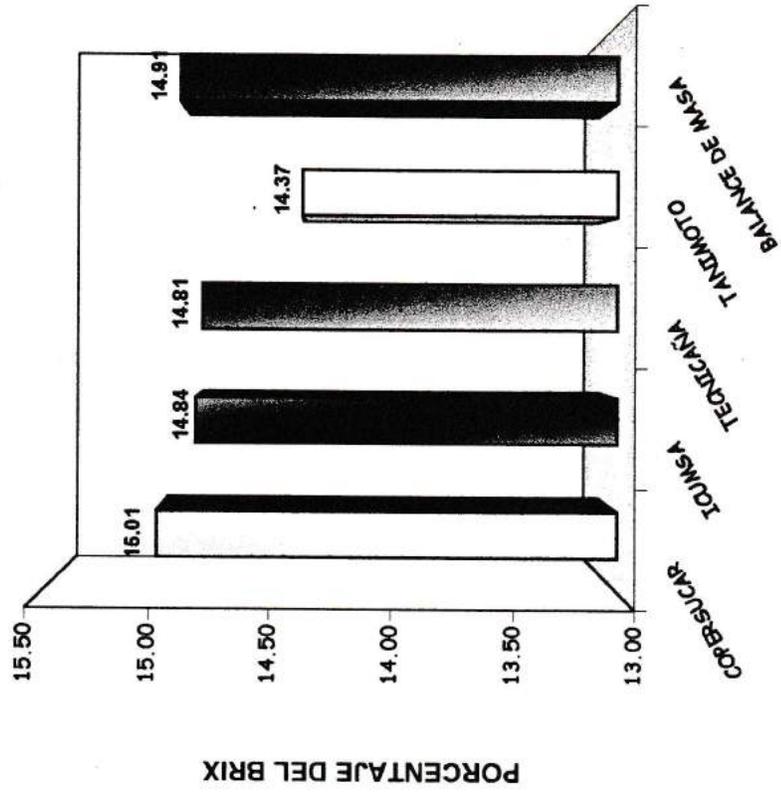
TRATAMIENTO ( Método )	MEDIA	DIFERENCIA ABSOLUTA	%DIFERENCIA RELATIVA
ICUMSA ( Testigo )	14.84		
TECNICAÑA	14.81	-0.03	0.20
BALANCE DE MASA	14.91	0.07	0.47
COPERSUCAR	15.01	0.17	1.14
TANIMOTO	14.37	-0.47	3.17

FUENTE: CUADRO 17A. ANEXO 11.7

El método TECNICAÑA, presenta una media menor que el método testigo ICUMSA, con una diferencia de 0.20 %, el método propuesto DE BALANCE DE MASA, manifiesta un excedente de 0.47 % con respecto al método testigo. Se debe tomar en cuenta que el método propuesto utiliza como referencia el porcentaje del Brix contenido en el jugo extraído más el porcentaje del Brix contenido en el bagazo residual, esta última porción ajusta el porcentaje total del Brix contenido en la caña y justifica el excedente observado. El método COPERSUCAR arroja un valor mayor al método testigo excediendo en 1.14 % y el método TANIMOTO presenta una media menor con una diferencia de 3.17 % con respecto al método testigo ICUMSA, en virtud que para realizar los cálculos utiliza únicamente el porcentaje del jugo extraído y el porcentaje del Brix contenido en el jugo extraído.

GRAFICA 1

COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DEL BRUX  
CONTENIDO EN LA CAÑA. 1,998.



	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE MASA
□ BRIX % CAÑA	15.01	14.84	14.81	14.37	14.91

FUENTE: CUADRO 17A. ANEXO 11.7

### 7.1.2 Porcentaje de la Pol contenida en la caña de azúcar.

CUADRO 4

#### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DE LA POL CONTENIDA EN LA CAÑA. 1,998.

FUENTE	Gl.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada <sub>0.05</sub>	Significancia
Tratamiento	4	1.35	0.34	0.40	3.06	NO
Error.	15	12.80	0.85			
Total	19	14.15				

FUENTE: CUADRO 18A. ANEXO 11.7

Los valores del porcentaje de la Pol contenida en la caña se observan en la **gráfica 2**, con resultados de 12.52% para el método COPERSUCAR, 14.45% método testigo ICUMSA, 12.63% método TECNICAÑA, 11.88% método TANIMOTO y 12.46% para el método propuesto de BALANCE DE MASA. En el **cuadro 4**, se encuentra el análisis de varianza para la validación del porcentaje de la Pol contenida en la caña, demuestra que la **F** calculada con valor de **0.40**, es menor que la **F** tabulada con valor de **3.06**, esto indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos utilizados.

En el **cuadro 5** se observan las diferencias estadísticas de las medias de todos los métodos. El análisis manifiesta que los métodos DE BALANCE DE MASA y COPERSUCAR, tienen valores con poca variación con respecto a la media observada en el método testigo.

CUADRO 5

**DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS PARA EL CONTENIDO DE  
POL EN LA CAÑA. 1,998.**

TRATAMIENTO ( Método )	MEDIA	DIFERENCIA ABSOLUTA	% DIFERENCIA RELATIVA
ICUMSA (Testigo)	12.45		
BALANCE DE MASA	12.46	0.01	0.08
COPERSUCAR	12.53	0.08	0.64
TECNICAÑA	12.63	0.18	1.45
TANIMOTO	11.88	-0.56	4.50

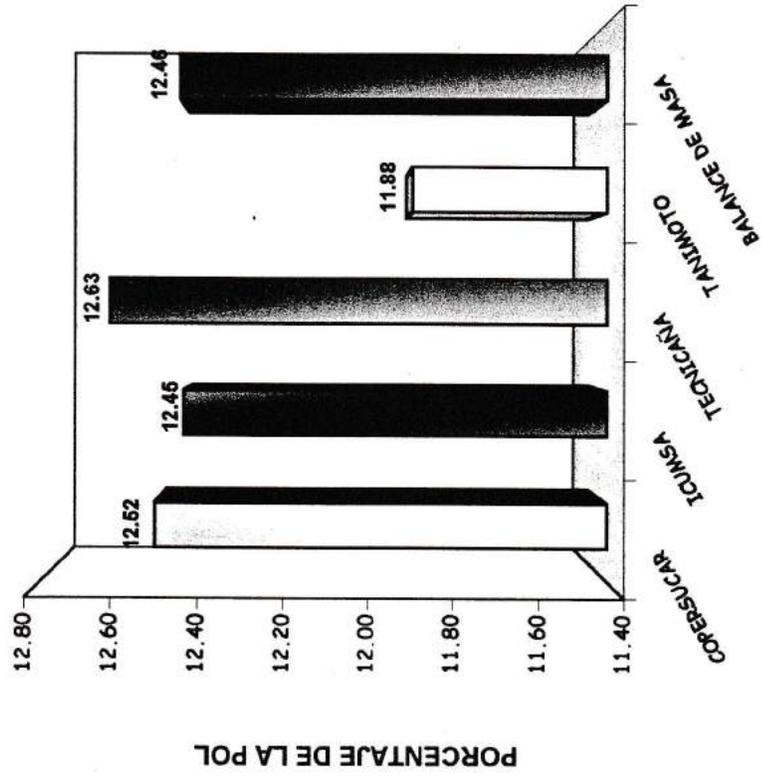
FUENTE: CUADRO 18A. ANEXO 11.7

Las pequeñas diferencias estadísticas en el porcentaje de la Pol contenida en la caña encontrado con los diferentes métodos analíticos se pueden analizar de la siguiente manera: El método propuesto de BALANCE DE MASA presenta un porcentaje de la Pol contenida en la caña de 12.46 %, al comparar con el método testigo ICUMSA, se observa que excede en un 0.08 %, que puede justificarse debido a la suma del porcentaje de la Pol en el jugo más el porcentaje de la Pol en el bagazo.

El método COPERSUCAR manifiesta un excedente de 0.64 % con respecto al método testigo, este incremento se justifica a que el peso de la muestra utilizada para desintegrar en el método COPERSUCAR es de 600 gramos, mientras que el método ICUMSA utiliza 2,000 gramos de muestra, según la literatura consultada, al aumentar el peso de la muestra a desintegrar se corre el riesgo de disminuir la extracción de la sacarosa debido al calentamiento del sistema, obligado a que parte de ella sufra el proceso de inversión.

En el método TECNICAÑA excede en 1.45 % y el método TANIMOTO arroja una media menor con respecto al método testigo con diferencia de 4.50 %, esto se debe porque en este método se utiliza como base el porcentaje de humedad para el cálculo del porcentaje de la Fibra, previo al cálculo del porcentaje de la Pol, las diferencias de humedad inciden en la variación de estos resultados. La mínima diferencia entre las medias observadas son determinantes para que no exista diferencia significativa.

**GRAFICA 2**  
**COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DE LA POL**  
**CONTENIDA EN LA CAÑA. 1,998.**



	COPERESUCAR	ICUMSA	TECNICA	TANIMOTO	BALANCE DE MASA
□ POL % CAÑA	12.52	12.45	12.63	11.88	12.46

FUENTE: CUADRO 18A. ANEXO 11.7

### 7.1.3 Porcentaje de la Fibra contenida en la caña.

CUADRO 6

#### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA CONTENIDA EN LA CAÑA. 1,998.

FUENTE	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada <sub>0.05</sub>	Significancia
Tratamiento	4	1.58	0.40	0.75	3.06	NO
Error.	15	7.97	0.53			
Total	19	9.55				

FUENTE: CUADRO 19A. ANEXO 11.7

Según la **gráfica 3**, los resultados obtenidos en la comparación de los cinco métodos para encontrar el contenido de la Fibra en la caña son los siguientes: 13.56% para el método COPERSUCAR, 13.48% método testigo ICUMSA, 13.34% método TECNICAÑA, 14.16% método TANIMOTO y 13.66% para el método propuesto de BALANCE DE MASA.

El análisis de varianza que se encuentra en el **cuadro 6**, refleja que no existe diferencia significativa entre los métodos para evaluar el porcentaje de la Fibra en la caña, puesto que la **F** calculada con valor de **0.75** es menor que la **F** tabulada al 0.05 de significancia con un valor de **3.06**.

Al analizar las diferencias estadísticas, se observa en el **cuadro 7**, que los métodos COPERSUCAR, TANIMOTO y el propuesto de BALANCE DE MASA, arrojan valores del porcentaje de la Fibra en la caña cercanos al resultado obtenido mediante el método testigo.

**CUADRO 7**  
**DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS PARA EL PORCENTAJE DE LA FIBRA CONTENIDA EN LA CAÑA. 1,998.**

TRATAMIENTO ( Método )	MEDIA	DIFERENCIA ABSOLUTA	% DIFERENCIA RELATIVA
ICUMSA ( Testigo )	13.48		
COPERSUCAR	13.56	0.08	0.59
TECNICAÑA	13.34	-0.14	1.04
BALANCE DE • MASA	13.66	0.18	1.34
TANIMOTO	14.16	0.68	5.04

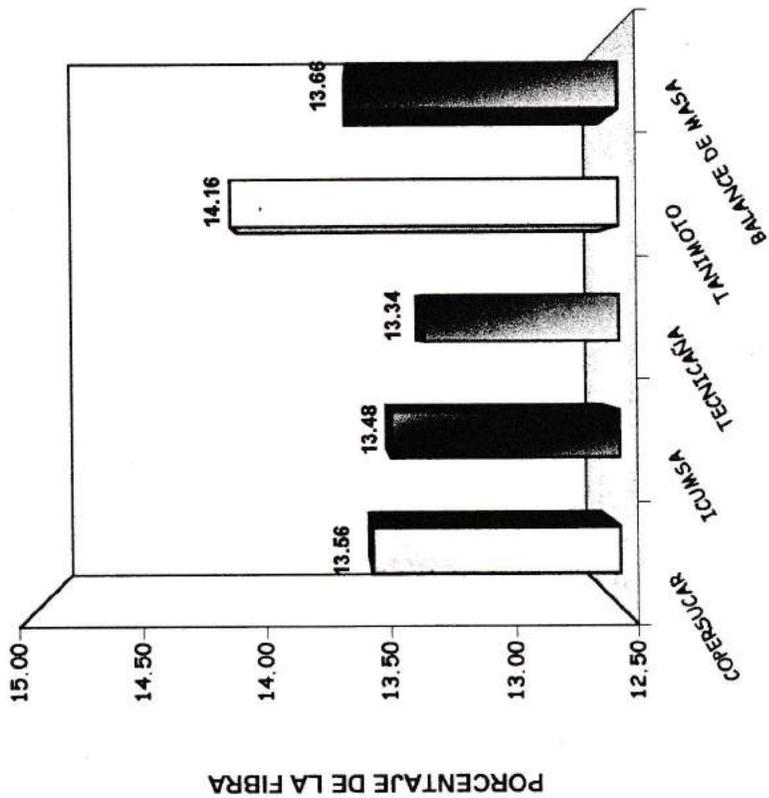
FUENTE: CUADRO 19A. ANEXO 11.7

Al observar detalladamente el porcentaje de la Fibra contenida en la caña, es evidente que existen pequeñas diferencias entre las medias de los métodos analizados. Estadísticamente estas diferencias no son significativas, pero vale la pena analizar los factores que inciden en cada método con respecto a las condiciones utilizadas.

El método COPERSUCAR tiene un excedente de 0.59 % con respecto al método testigo ICUMSA, este pequeño margen se atribuye a que los dos métodos utilizan factores diferentes para encontrar el porcentaje de la Fibra contenida en la caña.

El método TECNICAÑA arroja una media menor al método testigo con una diferencia de 1.04%. El método propuesto de BALANCE DE MASA y el método TANIMOTO presentan excedentes de 1.34 % y 5.04 % respectivamente, estas diferencias son atribuibles a que los valores del porcentaje de la Fibra contenida en la caña, encontrados por estos métodos, tienen relación directa con el porcentaje del Brix contenido en la caña y también dependen del porcentaje de Humedad contenida en la caña. De esta cuenta se deduce que el porcentaje de la Fibra es inversamente proporcional al porcentaje del Brix y Humedad contenido en la caña, este efecto puede observarse en la **gráfica 4**.

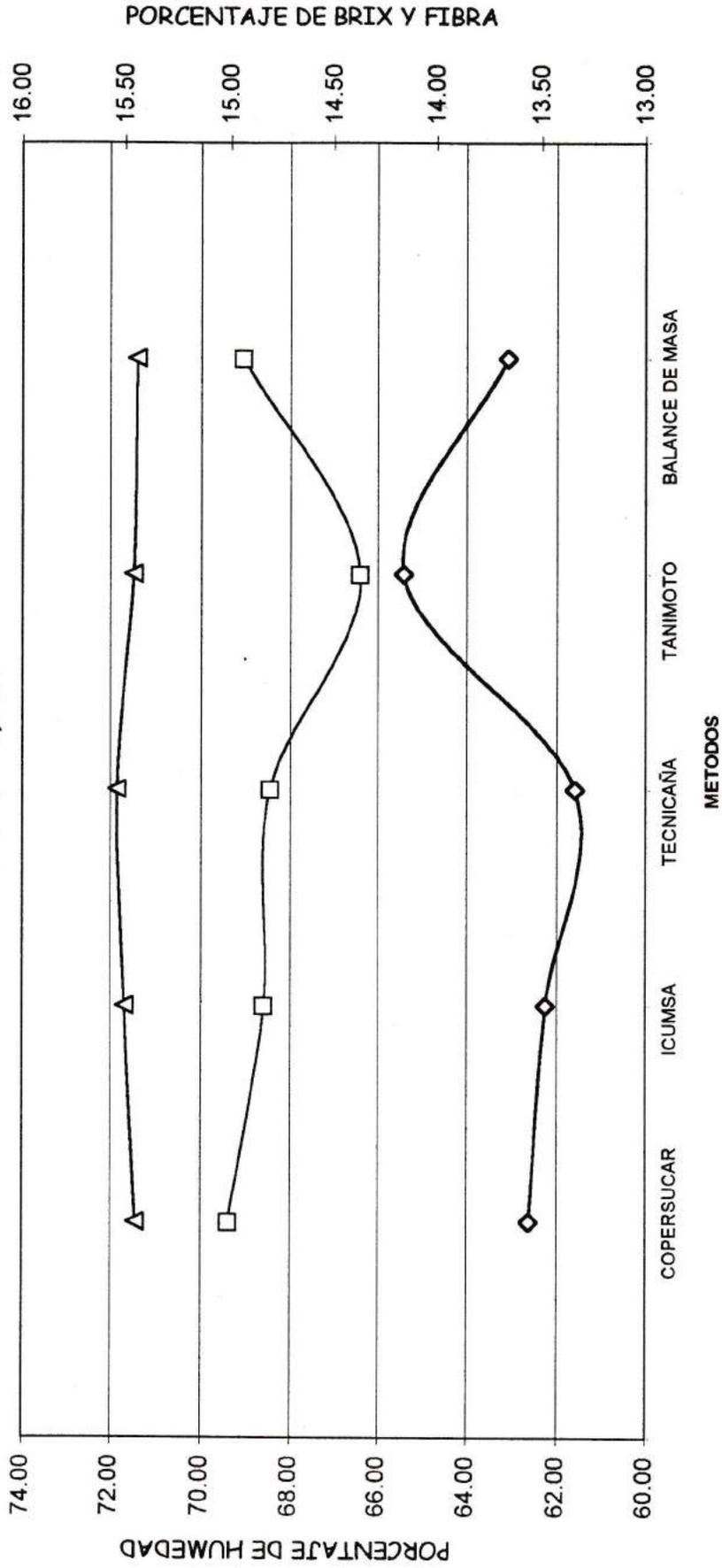
**GRAFICA 3**  
**COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DE LA FIBRA**  
**CONTENIDA EN LA CAÑA. 1,998.**



	COPERUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE MASA
FIBRA % CAÑA	13.56	13.48	13.34	14.16	13.66

FUENTE: CUADRO 19A. ANEXO 11.7

GRAFICA 4  
RELACION DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA, CON EL PORCENTAJE DEL BRIX Y LA HUMEDAD DE LA CAÑA. 1,998.



FUENTE: CUADROS 17A Y 19A. ANEXO 11.7

### 7.1.4 Porcentaje del Jugo contenido en la caña

CUADRO 8

#### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL PORCENTAJE DEL JUGO CONTENIDO EN LA CAÑA. 1,998.

FUENTE	G1	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 0.05	Significancia
Tratamiento	4	1.58	0.40	0.75	3.06	NO
Error.	15	7.97	0.53			
Total	19	9.55				

FUENTE: CUADRO 19A. ANEXO 11.7

En el **cuadro 8** se observa el análisis de varianza para la validación del porcentaje del Jugo contenido en la caña, cuyos valores fueron encontrados por 5 métodos analíticos de evaluación. El análisis demuestra que la **F** calculada con valor de **0.75**, es menor que la **F** tabulada con valor de **3.06**, lo que constituye que no existe diferencia significativa entre los métodos utilizados. Los valores del porcentaje del Jugo contenido en la caña se observan en la **gráfica 5** con resultados de 86.44 % para el método COPERSUCAR, 86.52% método testigo ICUMSA, 86.66% método TECNICAÑA, 85.84 % método TANIMOTO y 86.34 % para el método propuesto de BALANCE DE MASA. Estos resultados son inversamente proporcionales con el porcentaje de la Fibra en la caña. En el **cuadro 9** se observa el despliegue de las diferencias estadísticas, demostrando que todos los métodos tienen mínimas diferencias entre las medias observadas, esto incide a que el resultado del análisis estadístico determine que no existe diferencia significativa.

CUADRO 9

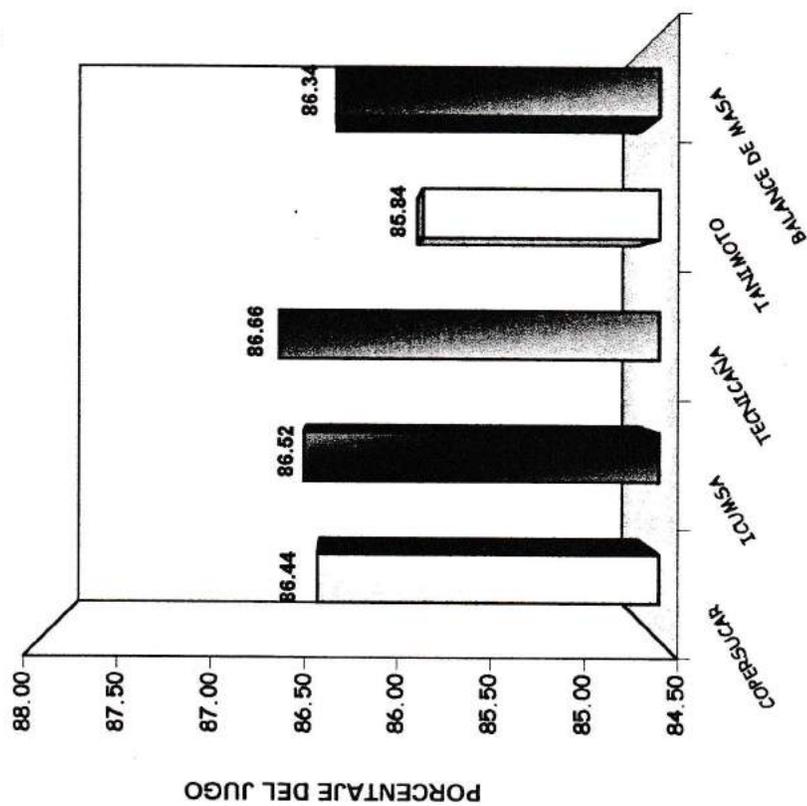
#### DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADISTICAS PARA EL PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA. 1,998.

TRATAMIENTO (Método)	MEDIA	DIFERENCIA ABSOLUTA	% DIFERENCIA RELATIVA
ICUMSA (Testigo)	86.52		
COPERSUCAR	86.44	-0.08	0.09
TECNICAÑA	86.66	0.14	0.16
BALANCE DE MASA	86.34	-0.18	0.21
TANIMOTO	85.84	0.68	0.78

FUENTE: CUADRO 20A. ANEXO 11.7

GRAFICA 5

COMPARACION ANALITICA DE CINCO METODOS PARA EVALUAR EL PORCENTAJE DEL JUGO CONTENIDO EN LA CAÑA. 1,998.



	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICA	TANIMOTO	BALANCE DE MASA
JUGO % CAÑA	86.44	86.52	86.66	85.84	86.34

FUENTE: CUADRO 20A. ANEXO 11.7

### 7.1.5 Rendimiento de las Libras de azúcar obtenibles por tonelada de caña.

CUADRO 10

#### ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LAS LIBRAS DE AZUCAR OBTENIBLES POR TONELADA DE CAÑA. 1,998.

FUENTE	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada 0.05	Significancia
Tratamiento	4	413.63	103.41	0.36	3.06	NO
Error.	15	4,291.80	286.12			
Total	19	4,705.40				

FUENTE: CUADRO 22A. ANEXO 11.7

El indicador de calidad de la caña más importante es el rendimiento de Libras de azúcar obtenibles por tonelada de caña. Los valores del rendimiento de la caña se observan en la **gráfica 6**, con resultados de 198.25 Lbs. Azúcar/Ton. Caña para el método COPERSUCAR, 197.15 Lbs. Azúcar/Ton. Caña en el método testigo ICUMSA, 200.17 Lbs. Azúcar/Ton. Caña para el método TECNICAÑA, 187.13 Lbs. Azúcar/Ton. Caña en el método TANIMOTO y 196.99 Lbs. Azúcar/Ton. Caña para el método propuesto de BALANCE DE MASA.

En el **cuadro 10** se encuentra el análisis de varianza para la validación de las Libras de azúcar por tonelada de caña, demuestra que la **F** calculada con valor de **0.36** es menor que la **F** tabulada con valor de **3.06**, esto indica que no existe diferencia significativa entre los tratamientos utilizados. Para determinar cual método se acerca al valor del tratamiento testigo, se puede observar en el **cuadro 11** las diferencias estadísticas que demuestran los resultados más cercanos al método testigo ICUMSA.

CUADRO 11  
**DESPLIEGUE DE LAS DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS PARA EL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZÚCAR OBTENIBLES POR TONELADA DE CAÑA. 1,998.**

TRATAMIENTO ( Método )	MEDIA	DIFERENCIA ABSOLUTA	% DIFERENCIA RELATIVA
ICUMSA ( Testigo )	197.15		
BALANCE DE MASA	196.99	-0.16	0.08
COPERSUCAR	198.25	1.10	0.56
TECNICAÑA	200.17	3.02	1.53
TANIMOTO	187.73	-9.42	4.78

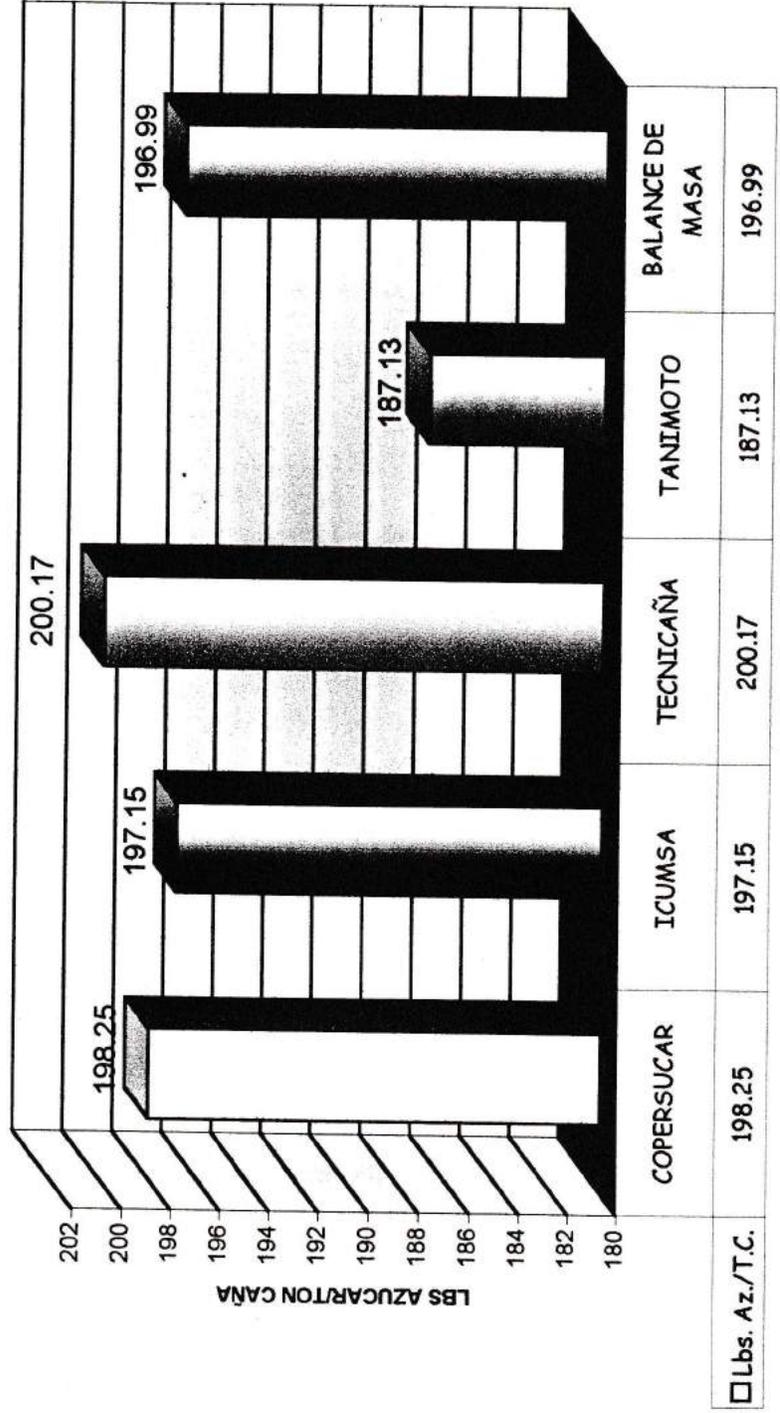
\*FUENTE: CUADRO 22.A. ANEXO 11.7

Todos los factores analizados anteriormente en los porcentajes del Brix, la Pol, la Fibra, y el Jugo contenido en la caña de azúcar, inciden directamente en el indicador de calidad más importante para evaluar la calidad de la caña que es el rendimiento. Los resultados de rendimiento de libras de azúcar por toneladas de caña obtenidos por cada uno de los métodos no manifiestan diferencia estadística, pero es necesario evaluar las diferencias no significativas que aquí se presentan.

El método propuesto de BALANCE DE MASA muestra valores de rendimiento de 196.99 libras con una diferencia de 0.08%, dando un resultado más cercano al método testigo ICUMSA, que tiene 197.15 libras, esto es atribuible a lo estudiado en la sección 7.1.2, el método propuesto tiene valores de porcentaje de la Pol contenida en caña de 12.46 % comparable con 12.45 % que presenta el método testigo. En este caso, el porcentaje de la Pol del método propuesto de BALANCE DE MASA es mayor al del método testigo ICUMSA, pero hay que tomar en cuenta que el porcentaje de la Fibra en la caña estudiado sección 7.1.3, encontrado por el método propuesto es de 13.66 % y el del método testigo es de 13.48 %, el excedente del método propuesto es de 1.34 %, incidiendo notablemente para que rendimiento disminuya. Esto quiere decir que si se tienen porcentajes de la Pol bajos y porcentajes de la Fibra altos se tendrá bajos rendimientos; y al contrario, con porcentajes de la Pol en la caña altos y porcentajes de la Fibra bajos se obtendrán rendimientos de recuperación de sacarosa aceptables. Según la **gráfica 7**, este efecto incide también en los demás rendimientos obtenidos por los métodos COPERSUCAR, TECNICAÑA y TANIMOTO.

GRAFICA 6

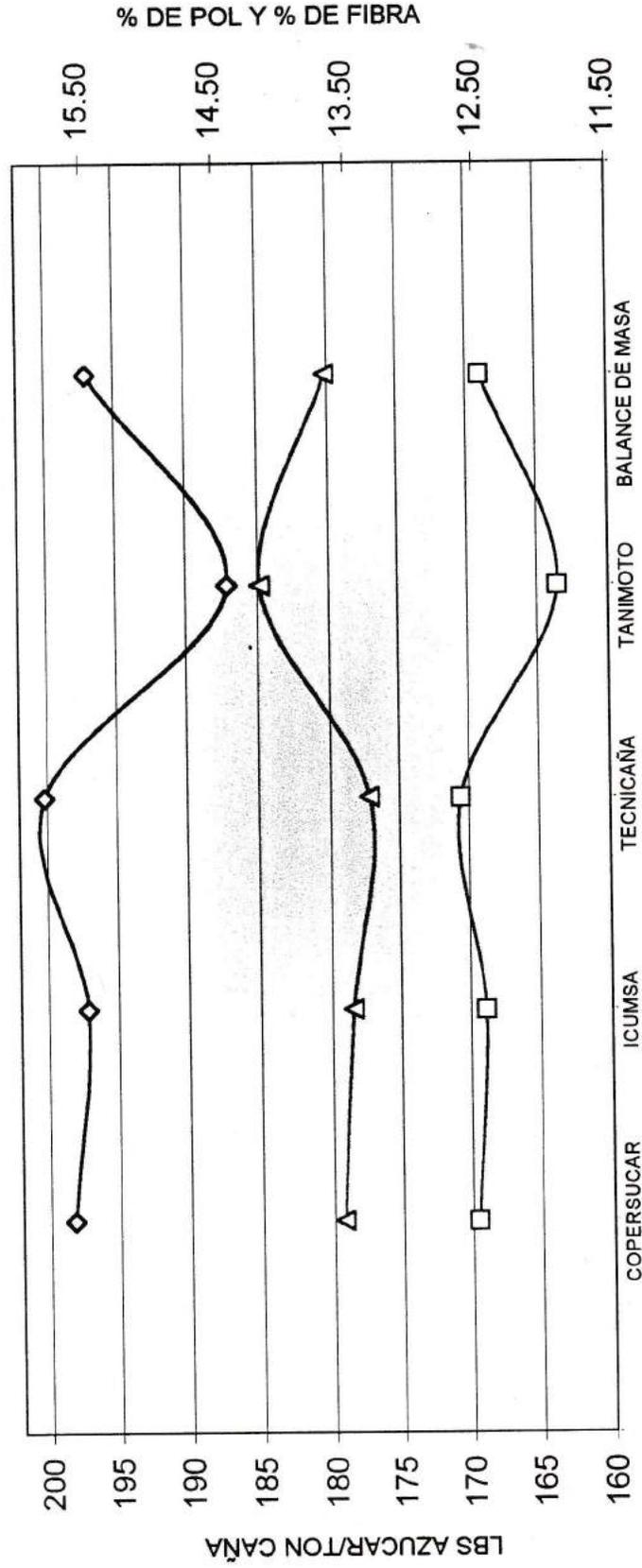
COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA, CALCULADO MEDIANTE LOS INDICADORES OBTENIDOS DE CINCO METODOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CAÑA. 1,998.



FUENTE: CUADRO 22A. ANEXO11.7

GRAFICA 7

RELACION DEL RENDIMIENTO DE AZUCAR CONTRA EL PORCENTAJE DE LA POL Y LA FIBRA  
CONTENIDAS EN LA CAÑA. 1,998.



—◇— RENDIMIENTO      —□— % POL      —△— % FIBRA  
 METODOS

FUENTE: CUADROS 18A, 19A Y 22A. ANEXO 11.7

### 7.1.6 Comparación del tiempo utilizado en la realización de los cinco métodos para evaluar la calidad de la caña de azúcar.

CUADRO 12  
ANÁLISIS COMPARATIVO DEL TIEMPO UTILIZADO. 1,998.

METODO COPERSUCAR	METODO TESTIGO. ICUMSA	METODO TECNICAÑA	METODO TANIMOTO	METODO PROPUESTO BALANCE DE MASA
32 MINUTOS	32 MINUTOS	35 MINUTOS	65 MINUTOS	22 MINUTOS
DIFERENCIA	0	- 3	- 33	10

FUENTE: METODOLOGIAS DE ANALISIS ANEXO 11.2

En el **cuadro 12** se observa el tiempo necesario para evaluación del porcentaje del Brix, la Pol, la Fibra y el Jugo contenidos en la caña. El método propuesto de BALANCE DE MASA, demuestra que son necesarios 22 minutos para su ejecución, lo que representa 31 % menos que el método testigo ICUMSA. El tiempo utilizado depende directamente de la habilidad, destreza y precisión del analista y la eficiencia de los equipos de operación.

### 7.1.7 Análisis de costos:

El análisis de costos se realizó en base a la cantidad de peso en gramos de los reactivos a utilizar en cada método de análisis. Según los proveedores de reactivos, el costo para el subacetato de plomo es de Q0.20/ gramo y el del carbonato de sodio Q 0.10/ gramo. En el **cuadro 13** se observa que el costo del análisis de los indicadores de calidad por el método propuesto es de Q 0.19 representando un costo de 78 % menos, que el método testigo que tiene un valor de Q.0.85.

CUADRO 13  
ANÁLISIS DE COSTOS DE REACTIVOS QUIMICOS. 1,998.

METODO	MEDIO ANALITICO	SUBACETATO DE PLOMO		CARBONATO DE SODIO		COSTO TOTAL Q.
		CANTIDAD g.	COSTO Q.	CANTIDAD g.	COSTO Q.	
COPERSUCAR	EXTRACTO CAÑA	4	0.80	0.5*	0.05	0.85
ICUMSA (testigo)	EXTRACTO CAÑA	4	0.80	0.5*	0.05	0.85
TECNICAÑA	JUGO CAÑA	8	1.60	--	--	1.60
TANIMOTO	JUGO CAÑA	8	1.60	--	--	1.60
BALANCE DE MASA (propuesto)	JUGO CAÑA Y (A) EXTRACTO BAGAZO (B)	0.54** (A) 0.16 ** (B)	0.11 (A) 0.03 (B)	0.5* (B)	0.05	0.19

FUENTE: METODOLOGIAS PARA ANALISIS ANEXO 11.2

\* Solución al 10 % en peso.  
\*\* Solución al 54 % en peso.

## 7.2 COMPARACION DE DOS METODOS DE MUESTREO DE PRECOSECHA DE LA CAÑA EN EL CAMPO.

CUADRO 14

**ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS AZUCAR OBTENIBLES POR TONELADA DE CAÑA METODO DE MUESTREO METRO LINEAL Vrs. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR ESTACION EXPERIMENTAL No. 1. 1,998.**

FUENTE	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada <sub>0.05</sub>	Significancia
Tratamiento	1	21.14	21.14	5.19	5.32	NO
Error.	8	32.60	4.07			
Total	9	53.74				

FUENTE: CUADROS 23A y 24A. ANEXO 11.8

El cuadro 14, muestra el análisis de varianza realizado a las medias de los dos métodos de muestreo comparados. La F calculada con valor de **5.19**, es menor que la F tabulada al 5 % de significancia con un valor de **5.32**, esto indica que no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por dos métodos de muestreo en el campo de la estación experimental No.1, con respecto al indicador de calidad para este caso es el rendimiento de libras de azúcar obtenibles por tonelada de caña.

En la **gráfica 8**, se observa el comportamiento de los valores de rendimiento encontrados, siendo estos los siguientes: para el método del metro lineal se tienen las libras de azúcar por tonelada de caña: 191.74, 191.23, 192.77, 190.83 y 192.51, con un promedio de **191.82** libras de azúcar por tonelada de caña. Con respecto al método de corte de cinco cañas al azar se obtuvieron los siguientes resultados de rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña: 188.20, 189.00, 191.60, 184.70, 191.01 con un promedio de **188.90** libras de azúcar por tonelada de caña.

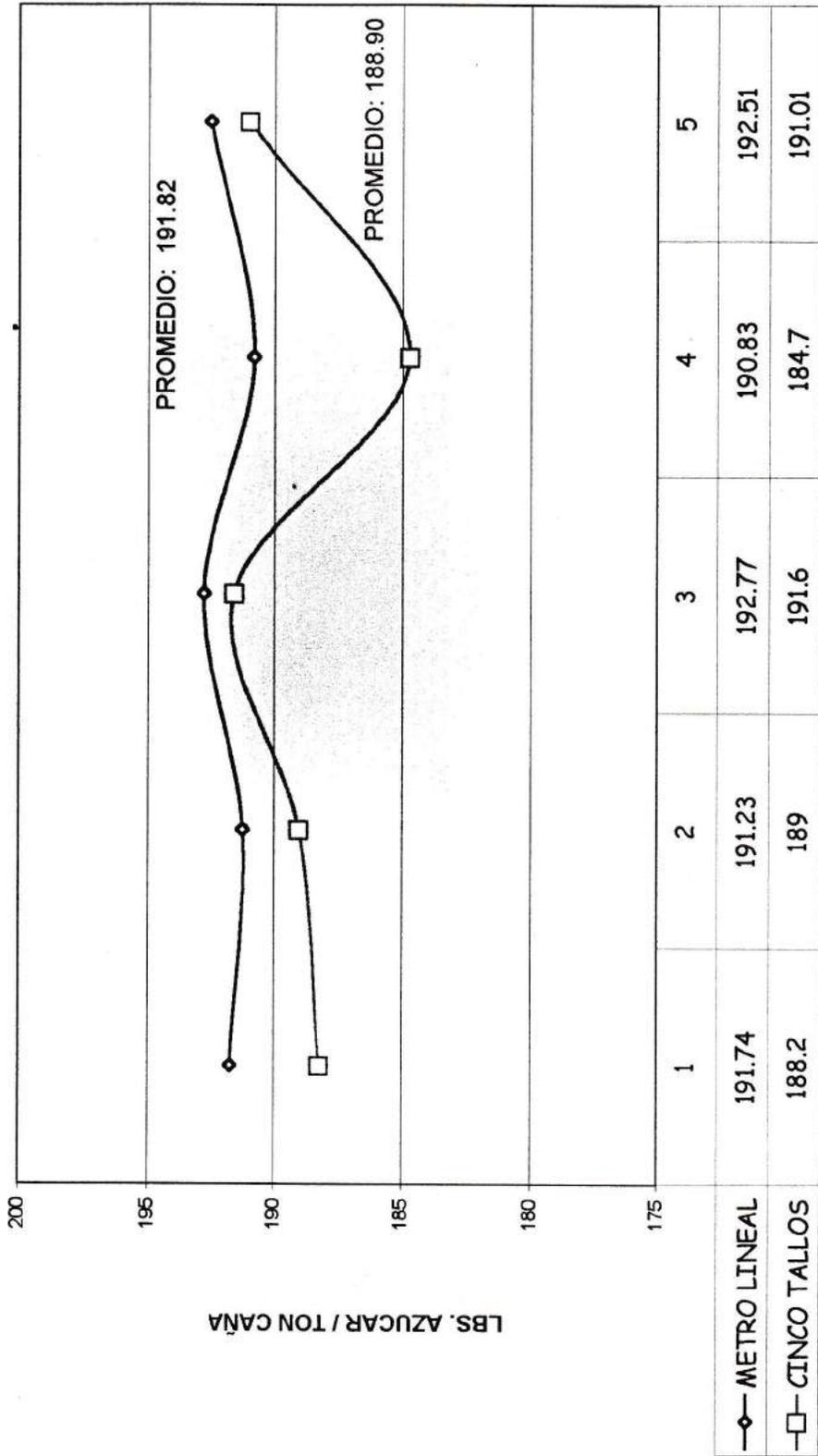
La tendencia de la curva de rendimiento para el método del metro lineal es estable, no siendo así para la curva del método de muestreo de cinco cañas al azar, puesto que en la repetición No. 4 la curva sufre un descenso. La diferencia promedio entre ambos métodos es de **2.92 libras**. La tendencia irregular del segundo método evaluado es atribuible a que la toma de las cinco cañas se puede extraer alguna que no haya terminado el proceso de maduración o encontrarse enferma, debido a las características del suelo afectando el resultado del rendimiento, esto hace que el muestreo por caña individual no arroje valores con tendencia similar al ser comparados con todas las cañas cortadas de un metro lineal, en virtud de que en este método aumentan las cañas extraídas a evaluar.

CUADRO 15  
**ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS  
 AZUCAR OBTENIBLES POR TONELADA DE CAÑA METODO DE MUESTREO  
 METRO LINEAL Vrs. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR  
 ESTACION EXPERIMENTAL No. 2. 1,998.**

FUENTE	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada <sub>0.05</sub>	Significancia
Tratamiento	1	12.06	12.06	3.07	5.32	NO
Error.	8	31.46	3.93			
Total	9	43.51				

FUENTE: CUADROS 25A y 26A. ANEXO 11.8

**GRAFICA 8**  
**RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA. METODO DE MUESTREO DEL METRO LINEAL Vrs. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR. ESTACION EXPERIMENTAL No. 1. 1,998.**



LBS. AZUCAR / TON CAÑA

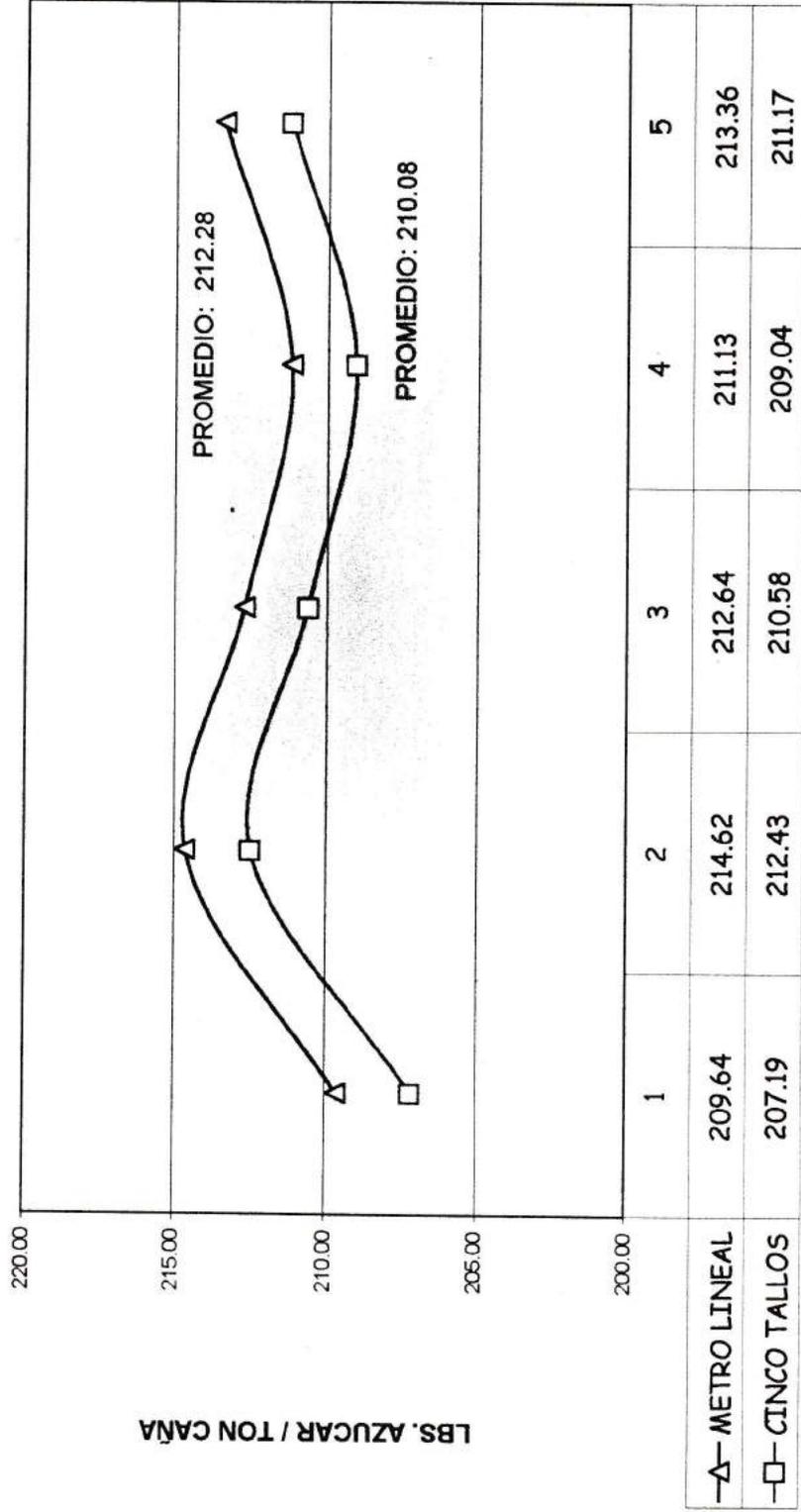
Para la comparación realizada en la estación experimental No. 2, de los métodos de muestreo en el campo, puede observarse en la **gráfica 9**, los valores del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña. Para el método del metro lineal : 209.64, 214.62, 212.64, 211.13 y 213.36, con un promedio de **212.28** libras de azúcar por tonelada de caña. En el método de corte de cinco cañas al azar se observan los siguientes resultados: 207.19, 212.43, 210.58, 209.04 y 211.17, con un promedio de **210.08** libras de azúcar por tonelada de caña.

Es evidente el comportamiento en las curvas graficadas; en el primer método se observa una tendencia regular, el segundo método analizado manifiesta una tendencia similar con una diferencia promedio de **2.20** libras, lo que influye a que los resultados del promedio final no manifiesten una diferencia significativa desde el punto de vista estadístico, como lo muestra el análisis de varianza en el **cuadro 15**, donde se valida lo expuesto anteriormente ya que la **F** calculada **3.07** es menor a la **F** tabulada al 5% de significancia con valor de **5.32**

Los resultados son similares a los observados en la estación experimental No. 1. El análisis realizado a las dos estaciones experimentales, convalidan que los métodos de muestreo no son diferentes estadísticamente. Esto indica que cualquier método utilizado es representativo, pero es importante mencionar que el método que arroja valores más homogéneos es el método del metro lineal, por lo que ayuda a tener resultados de rendimiento más consistentes a la hora de tomar una decisión que se efectúe para evaluar la calidad de la caña de azúcar del muestreo para ensayos de caña de precosecha o caña experimental.

GRAFICA 9

RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA. METODO DE MUESTREO DEL METRO LINEAL VRS. METODO DE MUESTREO DE CINCO CAÑAS AL AZAR. ESTACION EXPERIMENTAL No. 2. 1,998.



FUENTE: CUADROS 23A y 24A. ANEXO 11.8

REPETICIONES

### 7.3 COMPARACION DE DOS METODOS DE MUESTREO DE LA CAÑA Y EL JUGO EN EL INGENIO EN TIEMPO DE COSECHA.

La gráfica 10, presenta los valores de rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña, obtenidas mediante dos métodos de muestreo en cosecha, el primero se basa en un análisis directo de la caña y el segundo, evaluando la calidad mediante el jugo extraído en el primer molino, denominado jugo primario, los resultados obtenidos de rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña, son los siguientes, METODO DIRECTO: 225.90, 212.47, 240.68, 227.89, 224.87, 202.50, 228.15 y 208.35, con un promedio de **221.35** libras de azúcar por tonelada de caña. para el METODO DEL JUGO PRIMARIO: 216.74, 205.42, 233.93, 220.95, 208.03, 197.26, 218.48 y 199.32, con un promedio de **212.52** libras de azúcar por tonelada de caña.

Por simple inspección se observa una diferencia de **8.83** libras de azúcar por tonelada de caña, pero estadísticamente se valida que esta diferencia no es significativa, puesto que el análisis de varianza desglosado en el cuadro 16, indica que la F calculada con valor de **2.31**, es menor que la F tabulada al 5% de significancia con valor de **4.60**.

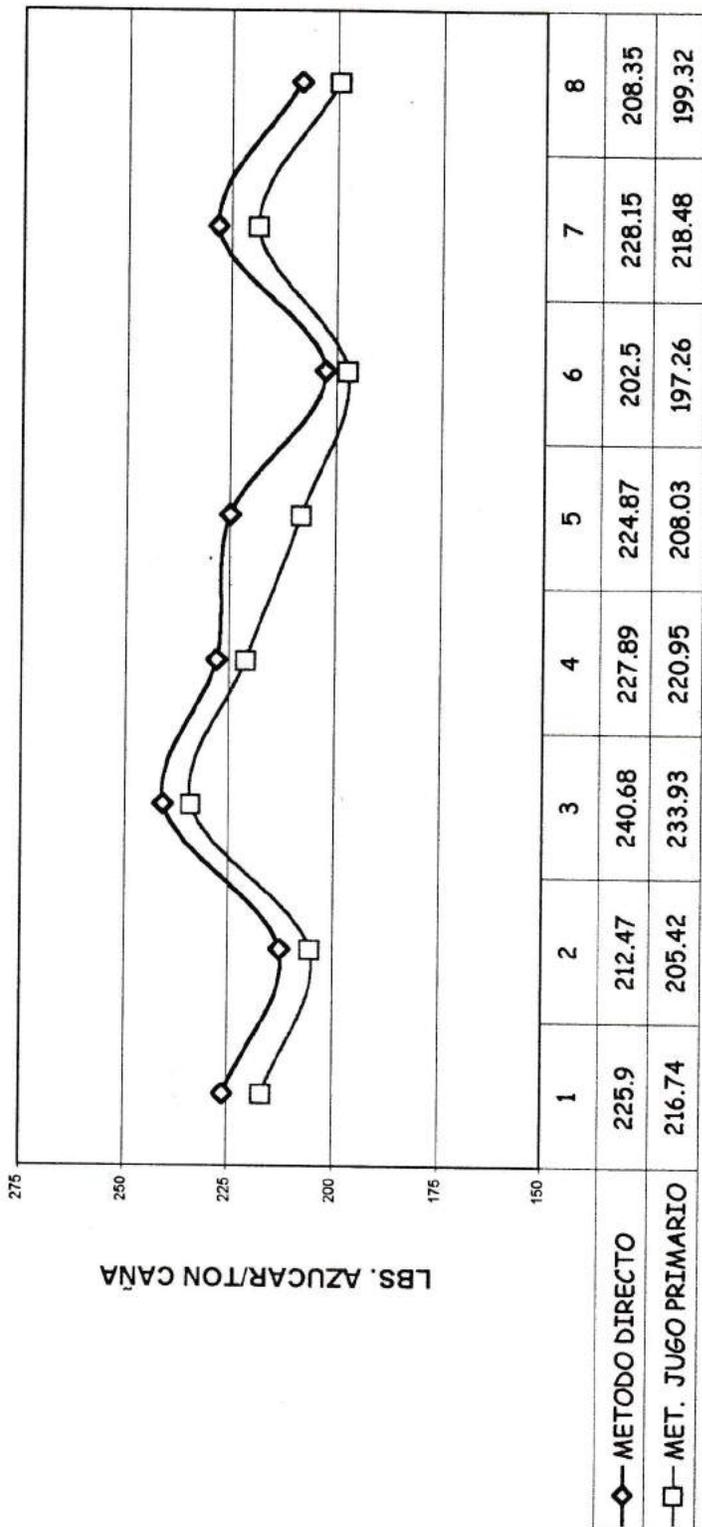
CUADRO 16  
**ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VALIDACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA- MUESTREO EN COSECHA METODO DIRECTO Y METODO DEL JUGO PRIMARIO. 1,998.**

FUENTE	gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F Tabulada <sub>0.05</sub>	Significancia
Tratamiento	1	352.97	352.97	2.31	4.60	NO
Error.	14	2,139.10	152.79			
Total	15	2,492.10				

FUENTE: CUADROS 27A y 28A. ANEXO 11.9

GRAFICA 10

COMPARACION DEL RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA.  
 METODO DE MUESTREO DIRECTO EN COSECHA VRS. METODO DE MUESTREO EN  
 COSECHA DEL JUGO PRIMARIO. 1,998.



FUENTE: CUADROS 27A Y 28A. ANEXO 11.9.

REPETICIONES

Aunque no se manifieste diferencia significativa desde el punto de vista estadístico, pero si puede afectar económicamente, entonces es importante analizar los valores que están involucrados en la evaluación de la calidad de la caña en el muestreo de cosecha que se realiza específicamente en el ingenio. Estos resultados se describen en el cuadro 17.

**CUADRO 17**  
**RESULTADOS PROMEDIO ENTRE METODO DE MUESTREO DIRECTO Y JUGO**  
**PRIMARIO. 1,998.**

<b>ANALISIS</b>	<b>METODO DE MUESTREO DIRECTO</b>	<b>METODO DE MUESTREO DEL JUGO PRIMARIO</b>
Peso del jugo, gramos.	704.19	683.05
Peso del bagazo, gramos	295.81	316.95
% Humedad del bagazo.	43.67	50.46
% Brix del jugo extraído.	19.53	19.11
% Pol del jugo extraído.	16.50	16.10
% Pureza del jugo extraído.	84.49	84.25
% Brix en el bagazo.	10.60	4.96
% Fibra en el bagazo.	45.73	44.59
% Bagazo en la caña.	29.58	31.69
% Fibra en la caña.	13.53	14.13
% Brix en la caña.	16.89	16.41
% Pol en la caña.	14.27	13.83
% jugo absoluto en la caña	86.47	85.87
% Extracción de Pol.	91.13	90.67
Rendimiento Lbs. Azúcar / Ton. Caña.	221.35	212.52

FUENTE: CUADROS 27A y 28A. ANEXO 11.9

Después de haber desarrollado la comparación entre ambos métodos, las diferencias entre los porcentajes del Brix y la Pol en la caña se observan en el **cuadro 18**.

**CUADRO 18**  
**DIFERENCIA DE % DE BRIX Y POL EN LA CAÑA. 1,998.**

	% del Brix en la caña	% de la Pol en la caña
<b>POR METODO DIRECTO</b>	16.89	14.27
<b>POR METODO DEL JUGO PRIMARIO</b>	16.41	13.83
<b>DIFERENCIA</b>	0.44	0.48

FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A RESULTADOS DEL CUADRO 17.

Las posibles causas de estas diferencias observadas con respecto al método del jugo primario pueden atribuirse a: La cantidad de agua absorbida en las mesas de lavado, Índice de preparación de la caña y la presión ejercida en el molino.

Otra causa es principalmente por las diferencias en peso del bagazo, lo cual incide en los demás resultados, observar el **cuadro 19**.

**CUADRO 19**  
**COMPARACION DE RESULTADOS EN EL BAGAZO. 1,998.**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>METODO DIRECTO</b>		<b>METODO DEL JUGO PRIMARIO</b>	
	Porcentaje	Peso en gramos	Porcentaje	Peso en gramos
Bagazo	100	295.81	100	316.95
Fibra en el bagazo	45.73	135.27	44.59	141.33
Humedad en el bagazo	43.67	129.18	50.45	159.90
Brix en el bagazo	10.60	31.36	4.96	15.72

FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A RESULTADOS DEL CUADRO 17.

El material fijo en el bagazo en ambos casos es el contenido de la Fibra, puesto que el contenido del Brix depende de la extracción que se haga y el porcentaje de humedad. En el caso del balance del jugo primario, depende de la eficiencia de extracción del molino.

La diferencia en peso de la Fibra en el bagazo es entonces:

$$141.33 - 135.27 = 6.06 \text{ g}$$

Con relación a 1000 gramos de caña de alimentación:

$$6.06 * 100 / 1000 = 0.61 \%$$

Lo cual quiere decir que el 0.61 % de diferencia en el peso del bagazo es atribuible a materia extraña, cuya incidencia no se manifiesta en el muestreo. En el caso del análisis directo el porcentaje real de bagazo en la caña sería:

$$29.58 + 0.61 = 30.19 \%$$

Analizando el contenido de la humedad y del Brix en el bagazo, en el **cuadro 20**, tenemos:

CUADRO 20

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y BRUX EN EL BAGAZO. 1,998.**

	METODO DIRECTO A	METODO DEL JUGO PRIMARIO B	DIFERENCIA (B - A)	CONTENIDO % CAÑA
Humedad. gramos	129.18	159.90	30.72	3.07
Brix. gramos.	31.36	15.72	-15.64	-1.56
				<b>1.51</b>

FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A RESULTADOS DEL CUADRO 17.

El porcentaje de bagazo por el método directo debe ser:

$$30.19 + 1.51 = 31.70 \%$$

Y el de la Fibra:

$$13.53 + 0.61 = 14.14 \%$$

Comparando con los valores reportados en el método del jugo primario, en el **cuadro 21**, tenemos:

**CUADRO 21**  
**PORCENTAJE DEL BAGAZO EN LA CAÑA Y PORCENTAJE DE LA FIBRA EN CAÑA**  
**CORREGIDO EN EL METODO DIRECTO. 1,998.**

	METODO DIRECTO CORREGIDO	METODO DEL JUGO PRIMARIO
% Bagazo en caña ,	31.70	31.69
% Fibra en caña	14.14	14.13

FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A RESULTADOS DEL CUADRO 17.

Haciendo los cálculos de los porcentajes del Brix y la Pol en la caña para el método directo:

$$\text{Porcentaje del jugo Absoluto en la caña} = 100 - 14.14 = 85.86 \%$$

$$\text{Porcentaje del Brix en la caña} = 85.86 * 19.53/100 = 16.77 \%$$

$$\text{Porcentaje de la Pol en la caña} = 85.86 * 16.50/100 = 14.17 \%$$

Haciendo una distribución aproximada de la diferencia del porcentaje de la Pol en la caña:

$$(14.27 - 13.83) / 14.27 * 100 = 0.70 \% \text{ Diferencia por materia extraña.}$$

$$(14.17 - 13.83) / 14.27 * 100 = 2.38 \% \text{ Diferencia por pérdida entre muestreo y molienda.}$$

$$(14.27 - 13.83) / 13.83 * 100 = 3.08 \% \text{ Diferencia total.}$$

## VIII. CONCLUSIONES

- 8.1** El método adecuado para determinar los porcentajes del Brix, la Pol, la Fibra y el Jugo contenidos en la caña de azúcar, es el método propuesto de "**balance de masa**", en virtud de las siguientes razones:
- 8.1.1 Aporta valores más cercanos al método testigo "**ICUMSA**", con diferencias relativas de: 0.47% en el Brix, 0.08% en la Pol, 1.34% en la Fibra, 0.21% en el Jugo y 0.08% en el rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña, demostrando estadísticamente que no existe diferencia significativa; aceptándose de esta forma la hipótesis planteada.
  - 8.1.2 El costo de análisis del método propuesto de "**balance de masa**", es de Q 0.19, siendo menor que el del método testigo "**ICUMSA**", que tiene un valor de Q 0.85; representando una disminución de costos del 78%.
  - 8.1.3 Demuestra una economía del 31% en el tiempo de aplicación, reduciéndose de 32 minutos del método testigo "**ICUMSA**", a 22 minutos en el método propuesto de "**balance de masa**".
  - 8.1.4 La utilización del sub-acetato de plomo, para el análisis de la Pol, es reducida con un promedio del 88 %, disminuyendo favorablemente la contaminación del medio ambiente.
- 8.2** Se determinó que los procedimientos adecuados de muestreo representativo de caña de azúcar para el análisis y evaluación de los porcentajes de: la Fibra, el Jugo, el Brix y la Pol, utilizados para el cálculo del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña; son los siguientes:
- 8.2.1 El método de muestreo del "**metro lineal**" en el análisis de precosecha, es más representativo y confiable, en virtud de que el número de cañas a evaluar es mayor, reflejando de esta forma, valores del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña en cada estación experimental de: 191.82 y 212.28, siendo más altos que los observados por el método de muestreo de "**cinco cañas al azar**", cuyos valores fueron de 188.90 y 210.08 respectivamente.

- 8.2.2 En el análisis de cosecha se determinó que el método de muestreo "**directo**" es más representativo, debido a que permite la inequívoca identificación de la procedencia de la caña y toma en cuenta la materia extraña (**Trash**) en el análisis de la Pol, para observar valores reales en el cálculo del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña.
- 8.2.3 El método de muestreo "**directo**" demuestra un valor del rendimiento de libras de azúcar por tonelada de caña de 221.35, siendo mayor en comparación a 212.52, obtenido por el método de muestreo del "**jugo primario**".
- 8.2.4 La diferencia de 8.83 libras de azúcar que manifiesta el método del "**jugo primario**", posiblemente se debe a la cantidad de agua que absorbe la caña en el lavado, el índice de preparación de la caña y la presión ejercida en el molino.

## IX. RECOMENDACIONES

- 9.1 Aplicar como método estándar de evaluación de la calidad de la caña de azúcar, un sistema combinado de muestreo del metro lineal en precosecha, muestreo directo en cosecha y el método analítico de balance de masa.
  
- 9.2 Utilizar las especificaciones de calidad propuestas en el anexo 11.1, como referencia en la toma de decisiones para la compra de la caña de azúcar.
  
- 9.3 Dar seguimiento a esta investigación con el objetivo de implementar un sistema automatizado de muestreo y evaluación de la calidad de la caña de azúcar que permita aplicar el método recomendado.

## X. BIBLIOGRAFIA.

- 10.1 BUENAVENTURA, C. 1989. **Manual de laboratorio para la industria azucarera.** 1ra ed. Edit. TECNICAÑA. Colombia. 224 p.
- 10.2 CARDENAS, A. 1987. **La cosecha de la caña de azúcar.** 1ra ed. Edit. TECNICAÑA. Colombia. 398 p.
- 10.3 CARIAS, D. 1988. **Manual de Laboratorio de Ingenios Azucareros.** Honduras. 112 p.
- 10.4 CASTILLO, C. 1984. **Muestreo mecánico y análisis directo para la evaluación de la caña.** 1ra ed. Edit. TECNICAÑA. Colombia. 50 p.
- 10.5 CHEN, J. 1991. **Manual del azúcar de caña** 1ra. Ed, Edit. Limusa, México. 1220 p.
- 10.6 ESPINOSA, A. 1992. **Efectos de los métodos de muestreo y extracción en los indicadores de calidad del jugo de la caña de azúcar.** 1ra ed. Edit. TECNICAÑA. Colombia. 45 p
- 10.7 FEIGENBAUM, A. 1986. **Control total de la calidad.** 1ra. ed. Edit. CECSA, 976 p.
- 10.8 FERNANDEZ, C. 1995. **Fórmulas y ecuaciones utilizadas en la agroindustria de azúcar y alcohol.** Edit. COPERSUCAR. Brasil. 19 p.
- 10.9 KENNEDY, J. et, al. 1982. **Estadística para ciencias e ingeniería.** 2da. Ed. Edit. HARLA. México. 468 p.
- 10.10 **Muestreos de precosecha.** INGENIO PANTALEON. Guatemala. 1,994. 11p.
- 10.11 **Redacción de referencias bibliográficas.** 1985. 3ra. ed. Edit. IICA. Costa Rica. 57 p.
- 10.12 **Reglamento del pago de la caña por calidad.** XII Congreso de técnicos azucareros de Centroamérica y Panamá. 8p.
- 10.13 SCHNEIDER, F. et, al. 1994. **Sugar Analysis Methods.** Edit. ICUMSA. England. 178 p.
- 10.14 VILLAGRAN, R. **El " protocolo " , en los proyectos de investigación científica.** Guatemala: Centro Universitario del Sur, Universidad de San Carlos de Guatemala, documento 93-6-11-057, 15 p.

## **XI. ANEXOS**

## ANEXO 11.1

**INDICADORES MINIMOS Y MAXIMOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR**

PARAMETRO	MINIMO	MAXIMO
PORCENTAJE DEL BRUX CONTENIDO EN LA CAÑA	14.00	--
PORCENTAJE DE LA POL CONTENIDA EN LA CAÑA	12.00	--
PORCENTAJE DE LA FIBRA CONTENIDA EN LA CAÑA	--	14.00
RENDIMIENTO DE LIBRAS DE AZUCAR POR TONELADA DE CAÑA	185.00	--
PORCENTAJE DE IMPUREZAS TRASH	--	4.00
RECEPCION DE CAÑA, HORAS DE HABER SIDO CORTADA CRUDA O QUEMADA	--	36.00

**INDICADORES MINIMOS Y MAXIMOS PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL JUGO DE LA CAÑA DE AZUCAR**

PARAMETRO	MINIMO	MAXIMO
DEXTRANA ( Miligramos/Kilogramo Brix)	--	1,200.00
DEXTRANA ( Miligramos/ Litro de Jugo)		250.00
ACIDEZ, ml gastados de NaOH 0.1 N	--	2.00
AZUCARES REDUCTORES	--	0.85
pH ( 5 PARTES DE JUGO + 1 PARTE DE NaOH 0.1N)	5.25	--
FOSFATOS ppm en jugo.	200.00	--
NOTA :RECHAZAR EL LOTE DE CAÑA, CUANDO LA MUESTRA DE JUGO NO CLARIFIQUE.	--	--

FUENTE: CHEN, JAMES. **Manual del azúcar de caña.** (1,991)  
**REGLAMENTO DEL PAGO DE CAÑA POR CALIDAD.**  
**XII CONGRESO DE TECNICOS AZUCAREROS DE**  
**CENTROAMERICA Y PANAMA.**

## ANEXO 11.2

### METODOS PARA LA EVALUACION DE LA CAÑA DE AZUCAR.

A continuación se presenta las cinco metodologías de análisis utilizadas en esta investigación:

**11.2.1 Análisis de la caña por el método desintegrado COPERSUCAR.<sup>16</sup>** Objetivo: Determinar en forma directa, por medio de desintegrado, los porcentajes de la Fibra, el Jugo, el Brix y la Pol en la caña. (*Tiempo de aplicación: 32 minutos*).

Equipo:

- a) Desintegrador húmedo Jeffco. Capacidad de desintegrado: 2000g de caña desfibrada y 6 litros de agua.
- b) Polarímetro electrónico.
- c) Refractómetro electrónico.
- d) Horno de humedad convencional.
- e) Bandeja para la determinación de humedad.

Procedimiento:

- a) Tomar una muestra de caña desfibrada de 5000 g, homogenizar y tomar una submuestra de 600 gramos de caña.
- b) De los 600 gramos, tomar 100 y colocarlos en la bandeja de humedad previamente tarada y colocarla en el horno convencional a 105 grados C. durante 30 minutos, luego sacar la muestra y pesarla, colocarla de nuevo en el horno y volver a pesar, realizar este paso hasta obtener peso constante. (por lo general, 3 veces)
- c) Tomar 500 gramos y adicionar 1000 gramos de agua a 15 ° C. transferirlo al desintegrador, agregar 5 ml de solución de carbonato de sodio al 10% p/v para evitar la inversión de la sacarosa y operar durante 10 minutos, realizar un intervalo en los primeros 5 minutos, reposando 1 minuto y luego, continuar para evitar el calentamiento.

---

<sup>16</sup> Fernández, C. **Fórmulas y ecuaciones utilizadas en la agroindustria de azúcar y alcohol** (1995) p.4.

- d) Obtener los extractos y filtrar con un tamiz para realizar los análisis de Brix y Pol. Para realizar la Pol, tomar 200 mililitros de la muestra, adicionar 4 gramos de subacetato de plomo seco, agitar, filtrar y luego observar la lectura polarimétrica.

Cálculos :

$$\text{PORCENTAJE DE LA HUMEDAD EN LA CAÑA} = 100 * [ ( M2 - M3 ) / ( M2 - M1 ) ]$$

Donde:

M1 = masa bandeja vacía.

M2 = masa de bandeja más Peso de muestra.

M3 = masa de bandeja más Peso de muestra seca.

$$\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA} = \frac{[(100 - U) - (a/c + 1) * b]}{(1 - (0.01 * b))}$$

Donde:

U = porcentaje de la humedad en la caña.

b = brix refractométrico del extracto obtenido del desintegrador.

a = peso de agua utilizada en el desintegrador.

c = peso de la caña utilizada en el desintegrador.

$$\text{PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA} = 100 - \text{FIBRA \% CAÑA}$$

$$\text{PORCENTAJE DEL BRIX EN LA CAÑA} = b * [( a/c + 1 ) - ( 0.01 * \text{FIBRA \% CAÑA} )]$$

$$\text{PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA} = s * [( a/c + 1 ) - ( 0.01 * \text{FIBRA \% CAÑA} )]$$

Donde:

s = pol % extracto obtenido del desintegrador.

$$s = Ld * ( 0.26047 - ( 0.0009882 * b ) )$$

Ld = Lectura polarimétrica del extracto obtenido del desintegrador.

### 11.2.2 Determinación de la Pol, el Brix y la Fibra, contenidos en la caña por el método GS5/7-1 ICUMSA.<sup>17</sup>

Objetivo: Determinar en forma directa, por medio de desintegrado los porcentajes de la Fibra, el Jugo, el Brix y la Pol en la caña. ( Tiempo de aplicación: 32 minutos ).

Equipo:

- a) Desintegrador húmedo Jeffco. Capacidad de desintegrado: 2000g de caña desfibrada y 6 litros de agua.
- b) Polarímetro electrónico.
- c) Refractómetro electrónico.
- d) Horno de humedad convencional.

Procedimiento:

- a) Tomar 2,000 gramos con exactitud de 0.1 gramo de caña desfibrada y homogenizada. Transferir la caña a la jarra del desintegrador húmedo, al cual se le agregan 6,000 gramos de agua a 15° grados C, agregar 5 ml de solución de carbonato de sodio al 10% p/v para evitar la inversión de la sacarosa.
- b) Desintegrar durante 30 minutos colocando un baño de agua fría en flujo circulable en el exterior de la jarra para evitar el calentamiento.
- c) Al terminar el tiempo, remover 300 mililitros del extracto y pasarlo a través de un tamiz de 400 micrómetros y recuperarlo en un erlenmeyer de 500 ml.
- d) Tapar el erlenmeyer y enfriarlo en un baño de agua a 20° C.
- e) Después que se ha enfriado, mezclar el contenido del erlenmeyer por agitación y transferirlo a un beaker de 100 mililitros.

Determinación del brix:

- a) A 100 mililitros de la solución, agregar 2 gramos de ayuda filtrante y pasar a través de un papel filtro. Descartar los primeros 10 mililitros del filtrado, cubrir el embudo con un vidrio reloj.

---

<sup>17</sup> Schneider, F, **et al. Sugar analysis methods, ICUMSA** (1994) p.24

- b) Determinar el grado brix del extracto con un refractómetro de precisión. El refractómetro debe calibrarse previamente a cero con agua destilada.

Determinación de la Pol:

- a) Clarificar el resto del extracto que se ha mantenido en el erlenmeyer con la menor cantidad posible de subacetato de plomo sólido (4 gramos aproximadamente), agitar y permitir que repose hasta que la floculación sea completa.
- b) Filtrar a través de un papel filtro y descartar los primeros 25 mililitros del filtrado, cubrir con un vidrio reloj el embudo de filtración.
- c) Polarizar el filtrado en un tubo de 200 milímetros, enchaquetado con agua.

Determinación de la humedad:

- a) Pesar un recipiente vacío (bandeja de humedad), conociendo la masa del recipiente (tara) con una exactitud de 0.1 gramo ( $M_0$ ).
- b) Colocar 1,000 gramos de caña preparada al recipiente y anotar la masa del recipiente más la caña con una exactitud de 0.1 gramo. ( $M_1$ )
- c) Colocar el recipiente con la caña en un horno de secado a  $105^\circ \text{C}$ , hasta que la pérdida de la masa no sea menor de 2 gramos en 30 minutos.
- d) Pesar el contenido del recipiente con la muestra seca con una exactitud de 0.1 gramo ( $M_2$ )

Cálculos:

$$\text{PORCENTAJE DE LA HUMEDAD EN LA CAÑA} = 100 * [ (M_1 - M_2) / (M_1 - M_0) ]$$

PORCENTAJES DEL BRUX Y LA POL EN LA CAÑA :

Previo a la determinación de pol es necesario definir:

x = masa de la caña.

y = masa del agua.

z = % de sólidos libre de agua ( 25 % generalmente es usado )

w = % de humedad de la caña.

p = Lectura polarimétrica del extracto.

b = Brix del extracto.

$$\emptyset = \frac{100 * [((x + y) / x) - (1 + (z/100))]}{(1 + (z/100))}$$

$$\theta = \frac{100}{(1 + (z/100))}$$

$$\text{PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA} = \frac{p * (\emptyset + w)}{(\theta - b)}$$

$$\text{PORCENTAJE DEL BRIX EN LA CAÑA} = \frac{b * (\emptyset + w)}{(\theta - p)}$$

$$\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA} = \frac{100 * [(100 - w) - b * (x + y / x)]}{100 - [b * (1 + z / 100)]}$$

### 11.2.3 Análisis de la caña por el método de la prensa hidráulica TECNICAÑA.<sup>18</sup>

Objetivo:

Determinar los porcentajes de la Fibra, el Jugo, el Brix y la Pol en la caña, por medio del jugo extraído. (Tiempo de aplicación: 35 minutos).

Equipo:

- a) Prensa hidráulica con capacidad hasta 3,000 lbs/pulg<sup>2</sup>, con sistema de control del tiempo.
- b) Horno convencional

Procedimiento:

- a) Pesar exactamente 1,000 gramos de muestra de caña desfibrada y someterlos en la prensa a una presión de 2,500 lbs/pulg<sup>2</sup> durante 3 minutos.
- b) Pesar el jugo extraído y el bagazo que queda en la prensa y colocarlos en recipientes numerados (para evitar confusión de las muestras).

---

<sup>18</sup> Buenaventura, C. **Manual de laboratorio para la industria azucarera** (1989) p.13.

- c) Determinar el peso del bagazo húmedo, el peso del bagazo seco (determinación de la humedad por el método de diferencia de peso por el horno convencional), el contenido de Brix, Pol (tomar 200 ml de jugo y adicionar 8 gramos de subacetato de plomo seco, filtrar y anotar la lectura polarimétrica) y la Pureza en el jugo extraído.

Reportar:

- Masa del jugo extraído en gramos.
- Masa del bagazo, en gramos.
- Porcentaje de la humedad del bagazo.
- Porcentaje del Brix del jugo extraído.
- Porcentaje de la Pol del jugo extraído.
- Pureza del jugo extraído.

Cálculos:

Con los promedios aritméticos de los análisis realizados a cada repetición, calcular:

$$\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN EL BAGAZO} = \frac{100 * (\% \text{ humedad del bagazo})}{(100 - \text{Brix del jugo extraído})}$$

$$\text{PORCENTAJE DEL BAGAZO EN LA CAÑA} = \frac{100 * \text{Masa del bagazo}}{1,000}$$

$$\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA} = \frac{\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN EL BAGAZO}}{\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA} * 100}$$

$$\text{PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA} = 100 - \text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA}$$

$$\text{PORCENTAJE DEL BRIX EN LA CAÑA} = \frac{\text{JUGO CONTENIDO \% CAÑA} * \text{BRIX DEL JUGO EXTRAIDO}}{100}$$

$$\text{PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA} = \frac{\text{JUGO CONTENIDO \% CAÑA} * \text{POL DEL JUGO EXTRAIDO}}{100}$$

### 11.2.4 Análisis de la caña por el método de la prensa hidráulica, sistema TANIMOTO. COPERSUCAR.<sup>19</sup>

Objetivo:

Determinar los porcentajes de la Fibra, el Jugo, el Brix y la Pol en la caña, por medio del jugo extraído. ( Tiempo de aplicación: 65 minutos ).

Equipo:

- Prensa hidráulica con capacidad hasta 3,000 lbs/pulg<sup>2</sup>, con sistema de control del tiempo.
- Horno convencional.

Procedimiento:

- Pesar exactamente 1,000 gramos de muestra de caña desfibrada y someterlos en la prensa a una presión de 2,500 lbs/pulg<sup>2</sup> durante 3 minutos.
- Pesar el jugo extraído y el bagazo que queda en la prensa y colocarlos en recipientes numerados (para evitar confusión de las muestras ).
- Determinar el contenido de humedad de la caña el peso del bagazo húmedo, el peso del bagazo seco ( determinación de la humedad ), el contenido del Brix , la Pol en el jugo extraído( tomar 200 ml de jugo y adicionar 8 gramos de subacetato de plomo seco, filtrar y anotar la lectura polarimétrica ).

$$\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA} = \frac{[(100 * \text{PBS}) - (\text{PBU} * \text{Bj})]}{5 * (100 - \text{Bj})}$$

$$\text{PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA} = 100 - \text{PORCENTAJE DE FIBRA EN LA CAÑA}$$

Donde:

PBU = masa del bagazo húmedo.

PBS = masa del bagazo seco.

Bj = Brix del jugo extraído.

$$\text{PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA} = \text{Sj} * ( 1 - 0.01 * \% \text{Fibra en caña} ) * ( 1.0313 - ( 0.00575 * \% \text{Fibra en caña} ) )$$

$$\text{PORCENTAJE DEL BRIX EN LA CAÑA} = 100 - ( \% \text{Fibra en caña} + \% \text{Humedad de la caña} )$$

<sup>19</sup> Fernández, C. **Fórmulas y ecuaciones utilizadas en la agroindustria de azúcar y alcohol** (1995) p.5.

### 11.2.5 Método propuesto de análisis de la caña por balance de masa, utilizando humedad de la caña, jugo extraído y bagazo.

Objetivo: determinar el contenido de la Fibra, el Jugo, el Brix y la Pol por medio de un balance de masa, teniendo como base la ecuación fundamental en la extracción:  $CAÑA (100) = JUGO EXTRAIDO + BAGAZO$ , con este balance general podemos realizar balances de componentes, siendo los más importantes el del Brix y la Pol. ( Tiempo de aplicación: 22 minutos ).



Equipo:

- Prensa hidráulica con capacidad hasta 3,000 lbs/pulg<sup>2</sup>, con sistema de control del tiempo.
- Horno microondas.
- Desintegrador húmedo Jeffco. Capacidad de desintegrado: 2000g de caña desfibrada y 6 litros de agua.

Procedimiento:

- Pesar exactamente 1,000 gramos de muestra de caña desfibrada y someterlos en la prensa a una presión de 2,500 lbs/pulg<sup>2</sup> durante 3 minutos.
- Pesar el jugo extraído y el bagazo que queda en la prensa y colocarlos en recipientes numerados (para evitar confusión de las muestras ).
- Determinar el peso del bagazo húmedo, los contenidos del Brix y la Pol en el jugo. Para determinar la Pol en el jugo debe pesarse 26 gramos de muestra, transferir a un balón de 100 ml, adicionar 1 ml de solución de subacetato de plomo al 54% en peso aforar con agua destilada, luego filtrar y observar la lectura polarimétrica.

- h) Determinar el contenido de humedad de la caña, colocando 50 gramos de muestra en el horno microondas durante 10 minutos, luego calcular por diferencia de peso.
- i) Tomar el bagazo y pesar, desintegrar 100 gramos en 1000 mililitros de agua fría (15 °C aprox. ), durante 5 minutos, filtrar el extracto obtenido y luego realizar análisis del Brix y la Pol. Para realizar el análisis de la Pol, debe pesarse 26 gramos de muestra, transferirlos a un balón de 100 ml, adicionar 3 gotas de solución de subacetato de plomo al 54% en peso, aforar y luego filtrar. Las lecturas de Brix y Pol se deben multiplicar por el factor de dilución que es 11.

Cálculos:

- a) Si la caña (100) = Fibra + Brix + Humedad, entonces el contenido de fibra se puede determinar despejando los porcentajes del Brix y la Humedad:

$$\text{PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA} = 100 - (\text{BRIX \% CAÑA} + \text{HUMEDAD \% CAÑA})$$

- b) El jugo de la caña esta compuesto por la Humedad y el Brix, entonces:

$$\text{PORCENTAJE DE JUGO EN LA CAÑA} = \text{PORCENTAJE DE FIBRA EN CAÑA} + \text{PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LA CAÑA}$$

- c) De acuerdo al balance de masa planteado, el porcentaje del Brix de la caña se determina de la siguiente forma:

$$\text{PORCENTAJE DEL BRIX EN LA CAÑA} =$$

$$= [\text{PORCENTAJE DE JUGO EXTRAIDO} \times (\text{PORCENTAJE BRIX DEL JUGO}/100)] + \text{PORCENTAJE DEL BAGAZO} \times (\text{PORCENTAJE BRIX DEL BAGAZO}/100)$$

- d) De igual forma se calcula el porcentaje de la Pol en la caña:

$$\text{POL \% CAÑA} = [\text{PORCENTAJE DE JUGO EXTRAIDO} \times (\text{PORCENTAJE DE POL JUGO}/100)] + \text{PORCENTAJE DEL BAGAZO} \times (\text{PORCENTAJE POL DE BAGAZO}/100)$$

### 11.2.6 DESARROLLO MATEMATICO DEL METODO PROPUESTO PARA EL ANALISIS DE LA CAÑA, POR MEDIO DE BALANCE DE MASA.

Sea:

Muestra de caña: 1000 gramos

Humedad de la caña : 71.5 %.

Brix Jugo : 18.00

Brix Bagazo : 9.00

Peso del Bagazo o torta húmeda: 290 g.

Pol Jugo : 15.00

Pol Bagazo: 4.80

**Porcentaje de bagazo**= Peso del bagazo/Peso de la muestra \*100

Porcentaje de bagazo:  $290/1000*100 = 29\%$

**Porcentaje de jugo**= 100 - Porcentaje de bagazo.

Porcentaje de jugo=  $100-29 = 71\%$

Aplicando el balance general de la extracción, tomando como base 100% de la caña:

CAÑA = JUGO EXTRAIDO+ BAGAZO

$100 = 71.00 + \text{BAGAZO}$

$\text{BAGAZO} = 100 - 71.00 = 29.00\%$

Aplicando el balance de componentes:

**PORCENTAJE DEL BRUX EN LA CAÑA**

= Porcentaje de jugo\* (Bx jugo/100) + Porcentaje bagazo \*(Bx bagazo/100)

=  $71.00 ( 18.00 /100 ) + 29.00 ( 9.00 /100 )$

=  $12.78 + 2.61$

**Porcentaje del Brix en la caña = 15.39**

**PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA=**

= Porcentaje de jugo \* (Pol jugo/100) + Porcentaje de bagazo \* (Pol bagazo/100)

=  $71.00 ( 15.00 /100 ) + 29.00 ( 4.80 /100 )$

=  $10.65 + 1.39$

**Porcentaje de la Pol en la caña = 12.04**

**100 % CAÑA = PORCENTAJE DE JUGO EN CAÑA + PORCENTAJE DE FIBRA EN LA CAÑA**

**PORCENTAJE DE JUGO EN LA CAÑA =**

=PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LA CAÑA CAÑA + PORCENTAJE DE BRUX EN LA CAÑA.

**PORCENTAJE DE JUGO EN LA CAÑA =  $71.5 + 15.39 = 86.89$**

DESPEJANDO EL PORCENTAJE DE LA FIBRA:

=  $100 - \text{PORCENTAJE DE JUGO EN LA CAÑA}$

=  $100 - 86.89$

**PORCENTAJE DE FIBRA EN LA CAÑA = 13.11**

**ANEXO 11.3**

**CUADRO 1A. 1,998.**

MUESTRA	PORCENTAJE DEL BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA					JUGO EXTRAÍDO		
	ICUMSA	ICUMSA	TECNICANA	TANIMOTO	BIANQUE DE M	BRIX	POL	PUREZA
1	15.80	15.58	16.32	16.89	15.42	19.00	15.65	82.37
2	15.83	15.80	15.55	16.85	15.96	17.70	15.43	87.18
3	13.90	13.88	13.61	14.68	13.93	15.30	11.75	76.80
4	17.03	16.83	16.45	16.77	16.80	18.90	16.30	86.24
5	13.92	13.76	13.80	14.51	13.87	15.80	14.20	89.87
6	16.39	16.21	16.01	14.96	16.30	18.80	16.60	88.30
7	14.19	14.01	14.16	15.24	14.12	16.30	12.80	78.53
8	14.80	14.61	14.72	15.98	14.79	16.80	14.10	83.93
9	14.76	14.60	14.80	14.04	14.78	17.50	14.70	84.00
10	14.26	14.09	14.23	16.26	14.28	16.30	13.70	84.05
11	14.67	14.51	14.70	14.72	14.72	17.10	14.05	82.16
12	14.70	14.53	14.19	15.08	14.31	16.50	14.30	86.67
13	14.93	14.78	14.76	14.30	14.86	17.00	15.20	89.41
14	12.75	12.60	12.40	13.87	12.58	14.50	11.80	81.38
15	12.62	12.48	12.23	10.02	12.55	14.50	12.15	83.79
16	12.94	12.79	12.81	13.51	12.89	15.50	13.55	87.42
17	16.83	16.61	16.31	16.90	16.69	16.99	15.94	82.36
18	14.67	14.52	14.42	14.87	14.48	16.10	13.30	82.61
19	12.82	12.67	12.35	14.94	12.80	14.70	12.45	84.69
20	13.47	13.33	13.46	13.59	13.33	15.00	13.30	88.67
21	13.75	13.56	12.88	14.53	13.76	14.80	12.85	86.82
22	14.07	13.89	13.01	14.59	13.93	14.50	13.50	93.10
23	14.70	14.52	14.51	14.06	14.64	16.85	13.60	80.71
24	14.95	14.80	14.57	14.47	14.80	16.60	14.10	84.94
25	15.22	15.06	14.94	15.92	15.33	16.80	14.45	86.01
<b>MEDIA</b>	<b>14.56</b>	<b>14.39</b>	<b>14.29</b>	<b>14.82</b>	<b>14.48</b>	<b>16.47</b>	<b>13.98</b>	<b>84.88</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

**CUADRO 2A. 1,998.**

MUESTRA	PORCENTAJE DEL BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA					JUGO EXTRAÍDO		
	ICUMSA	ICUMSA	TECNICANA	TANIMOTO	BIANQUE DE M	BRIX	POL	PUREZA
26	15.88	15.67	15.28	15.35	15.96	17.20	14.60	84.88
27	14.67	14.52	14.50	14.38	14.69	17.30	15.10	87.28
28	15.88	15.71	15.75	15.02	15.84	18.50	16.20	87.57
29	15.24	15.09	15.03	15.92	15.21	17.00	14.95	87.94
30	15.85	15.69	15.16	15.38	15.61	17.40	15.60	89.66
31	15.82	15.64	14.91	13.94	15.41	17.40	15.80	90.80
32	15.28	15.12	15.33	13.33	15.12	17.50	14.56	83.20
33	15.41	15.22	15.00	16.78	15.18	16.90	13.90	82.25
34	15.57	15.43	15.83	16.32	15.88	17.70	15.40	87.01
35	18.57	18.40	18.74	18.40	18.63	20.90	18.00	86.12
36	16.33	16.15	16.21	16.25	16.39	18.50	16.70	90.27
37	15.51	15.34	15.33	13.74	15.42	17.49	14.55	83.19
38	18.98	18.79	18.65	16.31	18.87	21.50	18.85	87.67
39	13.44	13.29	13.11	16.51	13.31	15.30	13.05	85.29
40	16.26	16.09	15.97	14.67	16.07	18.40	15.80	85.87
41	17.05	16.85	16.82	14.82	16.91	19.20	15.85	82.55
42	17.98	17.81	17.72	13.69	17.79	20.30	18.05	88.92
43	17.39	17.23	17.14	14.94	17.32	19.00	16.85	86.68
44	18.24	17.99	18.27	17.28	18.19	20.60	18.75	91.02
45	19.52	19.35	19.67	14.68	19.46	23.50	21.50	91.49
46	15.43	15.29	15.26	14.81	15.35	17.70	15.39	86.96
47	14.95	14.80	14.57	14.47	14.80	16.60	14.10	84.94
48	18.57	18.40	18.74	18.40	18.63	20.90	18.00	86.12
49	14.80	13.33	13.46	13.59	13.69	15.50	13.30	85.81
50	14.80	14.61	14.72	15.98	14.79	16.80	14.10	83.93
<b>MEDIA</b>	<b>16.24</b>	<b>16.07</b>	<b>16.06</b>	<b>15.48</b>	<b>16.17</b>	<b>18.36</b>	<b>15.96</b>	<b>86.78</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

**CUADRO 3A. 1,998.**

MUESTRA	PORCENTAJE DEL BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA					JUGO EXTRAÍDO		
	ICUMSA	ICUMSA	TECNICANA	TANIMOTO	BIANQUE DE M	BRIX	POL	PUREZA
51	15.74	15.55	15.65	15.63	15.68	18.90	16.30	86.24
52	13.80	13.68	13.75	12.57	13.72	15.80	14.20	89.87
53	16.56	16.40	16.40	16.49	16.45	18.80	16.60	88.30
54	12.47	12.33	12.17	12.15	12.25	14.30	11.95	83.57
55	12.79	12.67	12.55	11.40	12.61	14.10	12.10	85.82
56	15.16	14.98	14.87	14.58	14.99	17.50	14.70	84.00
57	14.33	14.19	14.23	13.21	14.26	16.30	13.70	84.05
58	15.29	15.11	14.99	13.42	15.17	17.10	14.05	82.16
59	13.41	13.24	13.76	13.39	13.10	16.50	13.40	81.21
60	14.83	14.67	14.58	14.97	14.64	17.00	14.70	86.47
61	12.62	12.48	12.53	10.53	12.51	14.40	11.80	81.94
62	12.26	12.10	12.11	11.26	12.18	14.50	12.15	83.79
63	13.59	13.41	13.37	13.56	13.40	16.10	13.55	84.16
64	13.05	12.91	12.89	12.28	12.91	14.70	12.45	84.69
65	13.68	13.54	13.50	11.70	13.62	15.50	13.30	85.81
66	13.70	13.53	13.39	11.51	13.53	15.30	12.25	80.07
67	14.43	14.29	14.10	13.71	14.23	15.90	13.50	84.91
68	14.45	14.28	14.19	13.10	14.27	16.30	13.75	84.36
69	14.70	14.55	14.62	14.14	14.66	16.60	14.10	84.94
70	14.99	14.82	14.92	14.61	14.86	17.00	14.45	85.00
71	15.06	14.89	14.86	13.10	14.89	17.30	15.10	87.28
72	15.49	15.32	15.23	14.39	15.37	17.20	14.60	84.88
73	15.99	15.80	15.81	14.99	15.84	18.50	16.20	87.57
74	15.76	15.58	15.46	15.24	15.66	17.60	14.95	84.94
75	15.96	15.36	15.43	13.88	15.46	17.70	14.15	79.94
<b>MEDIA</b>	<b>14.39</b>	<b>14.23</b>	<b>14.21</b>	<b>13.43</b>	<b>14.25</b>	<b>16.44</b>	<b>13.92</b>	<b>84.64</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

**CUADRO 4A. 1,998.**

MUESTRA	PORCENTAJE DEL BRIX CONTENIDO EN LA CAÑA					JUGO EXTRAÍDO		
	ICUMSA	ICUMSA	TECNICANA	TANIMOTO	BIANQUE DE M	BRIX	POL	PUREZA
76	14.81	14.65	14.84	13.91	14.72	17.40	15.45	88.78
77	14.24	14.07	14.01	13.60	14.09	15.90	12.80	80.50
78	15.00	14.83	14.91	14.48	14.91	16.90	13.90	82.25
79	14.92	14.75	14.79	14.25	14.80	17.40	15.10	86.78
80	16.94	16.70	16.91	16.02	16.81	19.20	15.20	79.17
81	15.55	15.37	15.36	14.19	15.48	17.70	15.05	85.03
82	15.82	15.64	15.56	14.07	15.59	18.20	15.55	85.44
83	16.14	15.95	16.06	15.07	16.07	18.50	16.05	86.76
84	14.34	14.18	14.18	13.01	14.23	16.20	13.30	82.10
85	17.17	16.92	16.96	17.12	17.02	19.80	16.30	82.32
86	15.21	15.01	14.97	16.85	15.04	17.70	14.75	83.33
87	14.96	14.79	14.72	15.02	14.80	17.00	14.40	84.71
88	14.20	14.07	14.02	13.61	14.14	16.20	13.65	84.26
89	16.29	16.10	16.12	16.09	16.17	18.80	16.40	87.23
90	15.18	15.02	15.03	14.51	15.09	17.50	15.60	89.14
91	13.27	13.10	13.01	10.70	13.17	15.40	12.80	81.82
92	14.46	14.28	14.33	13.25	14.34	16.80	14.10	83.93
93	13.14	12.96	13.00	11.36	13.08	15.50	12.30	79.35
94	15.93	15.70	15.78	16.01	15.84	18.90	15.20	80.42
95	13.97	13.83	13.94	12.67	13.87	16.00	14.05	87.81
96	13.48	13.44	13.18	10.61	13.43	15.50	13.15	84.84
97	13.58	13.44	13.18	10.72	13.32	15.10	13.00	86.09
98	13.64	13.48	13.46	11.32	13.57	15.80	13.50	85.44
99	15.42	15.23	15.23	13.39	15.31	17.70	15.15	85.59
100	13.91	13.75	13.78	12.01	13.84	15.90	13.20	83.02
<b>MEDIA</b>	<b>14.86</b>	<b>14.69</b>	<b>14.70</b>	<b>13.76</b>	<b>14.75</b>	<b>17.08</b>	<b>14.39</b>	<b>84.25</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## ANEXO 11.4

CUADRO 5A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
1	12.29	12.21	13.44	12.87	12.63
2	12.33	12.24	13.56	12.46	12.79
3	10.28	10.20	10.63	9.54	10.43
4	14.21	14.13	14.19	13.08	14.13
5	11.76	11.68	12.40	11.51	12.41
6	14.17	14.07	14.13	13.09	14.10
7	11.14	11.08	11.14	10.75	11.19
8	12.28	12.20	12.35	11.53	12.37
9	12.48	12.40	12.44	11.82	12.41
10	11.98	11.89	11.96	11.25	11.93
11	12.15	12.08	12.08	11.88	12.05
12	12.19	12.11	12.30	11.74	12.11
13	13.35	13.26	13.20	11.77	13.10
14	10.53	10.45	10.16	9.63	10.33
15	10.58	10.51	10.25	9.21	10.37
16	11.19	11.11	11.20	10.60	11.05
17	13.78	13.69	13.44	12.83	13.51
18	12.61	12.54	12.13	11.25	12.35
19	10.78	10.70	10.46	9.99	10.75
20	11.77	11.69	11.55	10.80	11.73
21	10.18	10.12	11.18	10.51	10.25
22	10.85	10.78	12.11	11.21	10.96
23	11.95	11.87	11.84	11.45	11.98
24	12.83	12.76	12.37	11.93	12.78
25	13.35	13.26	12.85	11.86	13.30
<b>MEDIA</b>	<b>12.04</b>	<b>11.96</b>	<b>12.13</b>	<b>11.38</b>	<b>12.04</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 6A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
26	12.35	12.28	12.97	12.25	12.26
27	12.73	12.66	12.66	12.43	12.66
28	13.77	13.68	13.79	13.02	13.85
29	13.37	13.29	13.22	12.42	13.40
30	13.80	13.72	13.59	12.66	13.70
31	13.65	13.56	13.54	12.45	13.62
32	12.81	12.74	12.76	11.85	12.68
33	12.48	12.40	12.34	11.62	12.41
34	13.81	13.73	13.77	13.11	13.70
35	16.39	16.31	16.14	15.62	16.22
36	14.53	14.42	14.63	13.72	14.57
37	12.93	12.85	12.75	11.84	12.83
38	16.51	16.43	16.35	16.05	16.49
39	11.40	11.32	11.19	10.77	11.20
40	13.86	13.78	13.71	13.07	13.82
41	13.94	13.86	13.89	12.92	13.88
42	15.80	15.72	15.76	14.55	15.71
43	15.32	15.25	15.20	14.01	15.21
44	14.41	14.34	16.63	15.68	15.70
45	17.15	17.09	17.99	17.79	17.04
46	13.43	13.36	13.27	13.09	13.30
47	12.83	12.76	12.37	11.93	12.78
48	16.39	16.31	16.14	15.62	16.22
49	11.77	11.69	11.55	10.80	11.73
50	12.28	12.20	12.35	11.53	12.37
<b>MEDIA</b>	<b>13.91</b>	<b>13.83</b>	<b>13.94</b>	<b>13.23</b>	<b>13.89</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 7A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
51	13.64	13.54	13.49	12.58	13.50
52	12.62	12.55	12.36	11.58	12.56
53	14.63	14.54	14.48	13.89	14.51
54	10.24	10.18	10.17	9.61	10.18
55	10.90	10.85	10.77	10.22	10.82
56	12.76	12.68	12.49	11.74	12.58
57	12.16	12.09	11.96	11.26	12.08
58	12.47	12.40	12.32	11.51	12.35
59	11.08	10.99	11.17	10.39	10.88
60	12.72	12.64	12.61	12.06	12.69
61	10.10	10.04	10.27	9.48	10.02
62	9.81	9.73	10.15	9.36	9.77
63	10.85	10.77	11.25	10.54	10.78
64	10.64	10.58	10.91	10.37	10.53
65	11.28	11.21	11.58	10.74	11.18
66	10.46	10.41	10.72	9.95	10.41
67	12.02	11.96	11.97	11.49	11.88
68	11.57	11.51	11.97	11.24	11.48
69	12.35	12.29	12.42	11.86	12.24
70	12.23	12.16	12.68	12.12	12.18
71	12.54	12.47	12.97	11.95	12.49
72	12.78	12.71	12.93	12.30	12.65
73	13.41	13.33	13.85	12.93	13.34
74	12.94	12.87	13.13	12.58	12.73
75	12.16	12.09	12.33	11.49	12.01
<b>MEDIA</b>	<b>11.93</b>	<b>11.86</b>	<b>12.04</b>	<b>11.33</b>	<b>11.83</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 8A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
76	12.88	12.79	13.18	12.27	12.76
77	11.18	11.12	11.28	10.78	11.00
78	11.94	11.88	12.27	11.73	11.84
79	12.58	12.50	12.83	12.01	12.43
80	13.00	12.93	13.38	12.69	12.96
81	12.74	12.66	13.06	12.22	12.65
82	13.47	13.39	13.30	12.27	13.43
83	13.50	13.42	13.94	13.09	13.38
84	11.75	11.69	11.64	10.94	11.52
85	13.53	13.45	13.97	13.29	13.42
86	12.34	12.26	12.48	12.16	12.25
87	12.32	12.25	12.47	11.96	12.28
88	12.61	12.54	11.81	11.19	11.53
89	13.95	13.86	14.07	13.35	13.83
90	13.19	13.10	13.40	12.61	13.04
91	10.29	10.22	10.65	9.62	10.20
92	11.71	11.63	12.03	11.17	11.69
93	10.22	10.15	10.32	9.40	10.15
94	12.43	12.34	12.69	11.94	12.28
95	11.86	11.79	12.24	11.46	11.70
96	11.14	11.07	11.33	10.27	10.96
97	11.28	11.22	11.35	10.41	11.04
98	11.36	11.28	11.50	10.47	11.27
99	12.72	12.64	13.03	11.99	12.60
100	11.38	11.32	11.44	10.58	11.29
<b>MEDIA</b>	<b>12.22</b>	<b>12.14</b>	<b>12.39</b>	<b>11.59</b>	<b>12.06</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## ANEXO 11.5

CUADRO 9A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
1	14.76	14.54	14.09	13.67	15.14
2	15.74	15.50	12.14	14.72	15.61
3	16.12	15.94	11.05	15.34	16.09
4	12.77	12.56	12.97	15.05	13.03
5	15.08	14.91	12.66	14.49	15.13
6	14.61	14.38	14.86	16.04	14.70
7	13.51	13.35	13.00	12.46	13.58
8	15.20	15.01	12.39	14.02	15.21
9	14.24	14.06	15.40	14.96	14.22
10	15.74	15.55	12.73	13.74	15.73
11	13.13	12.96	14.01	12.10	13.08
12	14.15	13.96	14.00	13.77	14.54
13	14.57	14.38	13.17	15.20	14.64
14	15.25	15.11	13.87	14.13	15.42
15	15.58	15.43	15.67	18.18	15.65
16	17.06	16.89	17.36	16.49	17.11
17	13.74	13.52	14.09	13.67	13.88
18	13.33	13.16	10.46	13.13	13.52
19	17.18	17.01	15.96	15.06	18.20
20	14.53	14.38	13.17	14.41	14.67
21	14.75	14.58	12.96	13.97	14.74
22	13.63	13.47	10.28	13.11	13.77
23	14.30	14.12	13.87	12.94	12.36
24	11.55	11.40	12.24	12.03	11.70
25	14.48	14.28	11.06	13.78	14.37
<b>MEDIA</b>	<b>14.60</b>	<b>14.42</b>	<b>13.34</b>	<b>14.26</b>	<b>14.64</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 10A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
26	12.02	11.85	11.14	12.55	11.94
27	13.33	13.16	16.19	13.62	13.31
28	14.12	13.91	14.88	14.98	14.16
29	13.76	13.57	11.58	13.08	13.79
30	12.95	12.76	12.86	14.42	14.19
31	14.18	13.97	14.28	16.06	14.59
32	12.31	12.14	12.38	14.26	12.47
33	14.09	13.89	11.25	12.72	14.32
34	12.43	12.25	10.55	11.68	12.32
35	10.43	10.23	10.34	10.60	10.37
36	16.67	16.41	12.39	13.75	16.61
37	12.49	12.31	12.37	14.26	12.58
38	10.52	10.31	13.27	11.68	10.63
39	15.56	15.39	14.28	13.47	15.69
40	12.89	12.69	13.23	13.33	13.08
41	11.95	11.75	12.38	14.18	12.09
42	10.52	10.33	12.71	14.81	10.71
43	10.61	10.43	9.81	13.06	10.68
44	11.76	11.54	11.29	12.72	11.81
45	8.48	8.30	16.32	13.32	8.54
46	11.12	10.97	13.80	11.74	11.20
47	11.55	11.40	12.24	12.03	11.70
48	10.43	19.80	10.34	10.60	10.37
49	14.53	14.38	13.17	14.41	14.31
50	15.20	15.01	12.39	14.02	15.21
<b>MEDIA</b>	<b>12.56</b>	<b>12.75</b>	<b>12.62</b>	<b>13.25</b>	<b>12.67</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 11A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
51	17.12	16.87	17.21	17.23	17.18
52	12.93	12.79	12.98	14.16	13.01
53	12.62	12.42	12.79	12.69	12.73
54	14.60	14.47	14.90	14.91	14.82
55	10.74	10.64	10.97	12.13	10.92
56	14.75	14.55	15.05	15.34	14.92
57	12.60	12.45	12.71	13.72	12.66
58	12.02	11.85	12.31	13.89	12.14
59	16.97	16.79	16.62	16.98	17.28
60	13.98	13.80	14.22	13.84	14.17
61	12.91	12.79	13.01	15.00	13.03
62	16.34	16.20	16.49	17.34	16.42
63	16.75	16.57	16.97	16.78	16.94
64	12.17	12.05	12.34	12.94	12.31
65	12.71	12.57	12.90	14.70	12.77
66	12.19	12.05	12.50	14.38	12.35
67	11.01	10.87	11.34	11.73	11.21
68	12.67	12.51	12.92	14.02	12.85
69	11.82	11.67	11.90	12.39	11.86
70	12.15	11.99	12.22	12.53	12.28
71	13.88	13.69	14.08	15.84	14.05
72	11.19	11.04	11.45	12.29	11.31
73	14.35	14.14	14.53	15.36	14.50
74	11.85	11.68	12.16	12.37	11.96
75	12.70	12.52	12.83	14.38	12.81
<b>MEDIA</b>	<b>13.32</b>	<b>13.16</b>	<b>13.50</b>	<b>14.28</b>	<b>13.46</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 12A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
76	14.73	14.54	14.69	15.62	14.81
77	11.68	11.54	11.91	12.32	11.82
78	11.66	11.51	11.75	12.19	11.75
79	14.89	14.70	15.03	15.56	15.01
80	11.91	11.72	11.94	12.83	12.04
81	13.04	12.86	13.24	14.41	13.12
82	14.24	14.03	14.49	15.99	14.47
83	13.09	12.89	13.17	14.16	13.16
84	12.31	12.16	12.47	13.64	12.42
85	14.12	13.88	14.32	14.16	14.26
86	15.19	14.98	15.42	13.54	15.35
87	13.17	13.00	13.42	13.11	13.34
88	13.27	13.12	13.45	13.86	13.33
89	14.07	13.85	14.24	14.27	14.19
90	13.98	13.79	14.13	14.65	14.07
91	15.24	15.08	15.50	17.81	15.34
92	14.57	14.39	14.70	15.78	14.69
93	15.99	15.83	16.13	17.77	16.05
94	16.34	16.09	16.49	16.26	16.43
95	12.82	12.67	12.85	14.13	12.92
96	13.70	13.56	13.83	16.57	13.75
97	12.30	12.17	12.69	15.16	12.55
98	14.64	14.48	14.82	16.96	14.71
99	13.79	13.60	13.98	15.82	13.90
100	13.23	13.08	13.36	15.13	13.29
<b>MEDIA</b>	<b>13.76</b>	<b>13.58</b>	<b>13.92</b>	<b>14.87</b>	<b>13.87</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## ANEXO 11.6

CUADRO 13A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
1	85.24	85.46	85.91	86.33	84.86
2	84.26	84.50	87.86	85.28	84.39
3	83.88	84.06	88.95	84.66	83.91
4	87.23	87.44	87.03	84.95	86.97
5	84.92	85.09	87.34	85.51	84.87
6	85.39	85.62	85.14	83.96	85.30
7	86.49	86.65	87.00	87.54	86.42
8	84.80	84.99	87.61	85.98	84.79
9	85.76	85.94	84.60	85.04	85.78
10	84.26	84.45	87.27	86.26	84.28
11	86.87	87.04	85.99	87.90	86.92
12	85.85	86.04	86.00	86.23	85.46
13	85.43	85.62	86.83	84.80	85.36
14	84.75	84.89	86.13	85.87	84.58
15	84.42	84.57	84.33	81.82	84.35
16	82.94	83.11	82.64	83.51	82.89
17	86.26	86.48	85.91	86.33	86.12
18	86.67	86.84	89.54	86.87	86.48
19	82.82	82.99	84.04	84.94	81.80
20	85.47	85.62	86.83	85.59	85.33
21	85.25	85.42	87.04	86.03	85.26
22	86.37	86.53	89.72	86.89	86.23
23	85.70	85.88	86.13	87.06	87.64
24	88.45	88.60	87.76	87.97	88.30
25	85.52	85.72	88.94	86.22	85.63
<b>MEDIA</b>	<b>85.40</b>	<b>85.58</b>	<b>86.66</b>	<b>85.74</b>	<b>85.36</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 14A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
26	87.98	88.15	88.86	87.45	88.06
27	86.67	86.84	83.81	86.38	86.69
28	85.88	86.09	85.12	85.02	85.84
29	86.24	86.43	88.42	86.92	86.21
30	87.05	87.24	87.14	85.58	85.81
31	85.82	86.03	85.72	83.94	85.41
32	87.69	87.86	87.62	85.74	87.53
33	85.91	86.11	88.75	87.28	85.68
34	87.57	87.75	89.45	88.32	87.68
35	89.57	89.77	89.66	89.40	89.63
36	83.33	83.59	87.61	86.25	83.39
37	87.51	87.69	87.63	85.74	87.42
38	89.48	89.69	86.73	88.32	89.37
39	84.44	84.61	85.72	86.53	84.31
40	87.11	87.31	86.77	86.67	86.92
41	88.05	88.25	87.62	85.82	87.91
42	89.48	89.67	87.29	85.19	89.29
43	89.39	89.57	90.19	86.94	89.32
44	88.24	88.46	88.71	87.28	88.19
45	91.52	91.70	83.68	86.68	91.46
46	88.88	89.03	86.20	88.26	88.80
47	88.45	88.60	87.76	87.97	88.30
48	89.57	80.20	89.66	89.40	89.63
49	85.47	85.62	86.83	85.59	85.69
50	84.80	84.99	87.61	85.98	84.79
<b>MEDIA</b>	<b>87.44</b>	<b>87.25</b>	<b>87.38</b>	<b>86.75</b>	<b>87.33</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 15A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
51	82.88	83.13	82.79	82.77	82.82
52	87.07	87.21	87.02	85.84	86.99
53	87.38	87.58	87.21	87.31	87.27
54	85.40	85.53	85.10	85.09	85.18
55	89.26	89.36	89.03	87.87	89.08
56	85.25	85.45	84.95	84.66	85.08
57	87.40	87.55	87.29	86.28	87.34
58	87.98	88.15	87.69	86.11	87.86
59	83.03	83.21	83.38	83.02	82.72
60	86.02	86.20	85.78	86.16	85.83
61	87.09	87.21	86.99	85.00	86.97
62	83.66	83.80	83.51	82.66	83.58
63	83.25	83.43	83.03	83.22	83.06
64	87.83	87.95	87.66	87.06	87.69
65	87.29	87.43	87.10	85.30	87.23
66	87.81	87.95	87.50	85.62	87.65
67	88.99	89.13	88.66	88.27	88.79
68	87.33	87.49	87.08	85.98	87.15
69	88.18	88.33	88.10	87.61	88.14
70	87.85	88.01	87.78	87.47	87.72
71	86.12	86.31	85.92	84.16	85.95
72	88.81	88.96	88.55	87.71	88.69
73	85.65	85.86	85.47	84.64	85.50
74	88.15	88.32	87.84	87.63	88.04
75	87.30	87.48	87.17	85.62	87.19
<b>MEDIA</b>	<b>86.68</b>	<b>86.84</b>	<b>86.50</b>	<b>85.72</b>	<b>86.54</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

CUADRO 16A. 1,998.

MUESTRA	PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA				
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	BALANCE DE M
76	85.27	85.46	85.31	84.38	85.19
77	88.32	88.46	88.09	87.68	88.18
78	88.34	88.49	88.25	87.81	88.25
79	85.11	85.30	84.97	84.44	84.99
80	88.09	88.28	88.06	87.17	87.96
81	86.96	87.14	86.76	85.59	86.88
82	85.76	85.97	85.51	84.01	85.53
83	86.91	87.11	86.83	85.84	86.84
84	87.69	87.84	87.53	86.36	87.58
85	85.88	86.12	85.68	85.84	85.74
86	84.81	85.02	84.58	86.46	84.65
87	86.83	87.00	86.58	86.89	86.66
88	86.73	86.88	86.55	86.14	86.67
89	85.93	86.15	85.76	85.73	85.81
90	86.02	86.21	85.87	85.35	85.93
91	84.76	84.92	84.50	82.19	84.66
92	85.43	85.61	85.30	84.22	85.31
93	84.01	84.17	83.87	82.23	83.95
94	83.66	83.91	83.51	83.74	83.57
95	87.18	87.33	87.15	85.87	87.08
96	86.30	86.44	86.17	83.43	86.25
97	87.70	87.83	87.31	84.84	87.45
98	85.36	85.52	85.18	83.04	85.29
99	86.21	86.40	86.02	84.18	86.10
100	86.77	86.92	86.64	84.87	86.71
<b>MEDIA</b>	<b>86.24</b>	<b>86.42</b>	<b>86.08</b>	<b>85.13</b>	<b>86.13</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## ANEXO 11.7

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA COMPARACION DE CINCO METODOS  
PARA EVALUAR LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR. 1,998.

CUADRO 17A

CORRELATIVO	PORCENTAJE DEL BRUX EN LA CAÑA				BALANCE DE M
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	
1 semana	14.56	14.39	14.29	14.82	14.48
2 semana	16.24	16.07	16.05	15.48	16.17
3 semana	14.39	14.23	14.21	13.43	14.25
4 semana	14.86	14.69	14.70	13.75	14.75
<b>MEDIA</b>	<b>15.01</b>	<b>14.84</b>	<b>14.81</b>	<b>14.37</b>	<b>14.91</b>

FUENTE: CUADROS 1A, 2A, 3A Y 4A. ANEXO 11.3

CUADRO 19A

CORRELATIVO	PORCENTAJE DE LA FIBRA EN LA CAÑA				BALANCE DE M
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	
1 semana	14.60	14.42	13.34	14.26	14.64
2 semana	12.56	12.75	12.62	13.25	12.67
3 semana	13.32	13.16	13.50	14.28	13.46
4 semana	13.76	13.58	13.92	14.87	13.87
<b>MEDIA</b>	<b>13.56</b>	<b>13.48</b>	<b>13.34</b>	<b>14.16</b>	<b>13.66</b>

FUENTE: CUADROS 9A, 10A, 11A Y 12A. ANEXO 11.5

CUADRO 18A

CORRELATIVO	PORCENTAJE DE LA POL EN LA CAÑA				BALANCE DE M
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	
1 semana	12.04	11.96	12.13	11.38	12.04
2 semana	13.91	13.83	13.94	13.23	13.89
3 semana	11.93	11.86	12.04	11.33	11.83
4 semana	12.22	12.14	12.39	11.59	12.06
<b>MEDIA</b>	<b>12.52</b>	<b>12.45</b>	<b>12.63</b>	<b>11.88</b>	<b>12.46</b>

FUENTE: CUADROS 5A, 6A, 7A Y 8A. ANEXO 11.4

CUADRO 20A

CORRELATIVO	PORCENTAJE DEL JUGO EN LA CAÑA				BALANCE DE M
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	
1 semana	85.40	85.58	86.66	85.74	85.36
2 semana	87.44	87.25	87.38	86.75	87.33
3 semana	86.68	86.84	86.50	85.72	86.54
4 semana	86.24	86.42	86.08	85.13	86.13
<b>MEDIA</b>	<b>86.44</b>	<b>86.52</b>	<b>86.66</b>	<b>85.84</b>	<b>86.34</b>

FUENTE: CUADROS 13A, 14A, 15A Y 16A. ANEXO 11.6

CUADRO 21A

CORRELATIVO	PORCENTAJE DEL JUGO EXTRAIDO		PUREZA
	BRUX	POL	
1 semana	16.47	13.98	84.88
2 semana	18.36	15.96	86.78
3 semana	16.44	13.92	84.64
4 semana	17.08	14.39	84.25
<b>MEDIA</b>	<b>17.09</b>	<b>14.56</b>	<b>85.14</b>

FUENTE: CUADROS 1A, 2A, 3A Y 4A. ANEXO 11.3

CUADRO 22A

CORRELATIVO	RENDIMIENTO LBS. AZUCAR / TON CAÑA				BALANCE DE M
	COPERSUCAR	ICUMSA	TECNICAÑA	TANIMOTO	
1 semana	188.51	187.55	191.95	178.70	188.45
2 semana	223.99	222.36	224.36	211.84	223.47
3 semana	188.55	187.69	190.00	177.63	186.75
4 semana	191.97	191.00	194.38	180.36	189.28
<b>MEDIA</b>	<b>198.25</b>	<b>197.15</b>	<b>200.17</b>	<b>187.13</b>	<b>196.99</b>

FUENTE: CUADROS 17A, 18A, 19A, 20A Y 21A.

## ANEXO 11.8

CUADRO 23A  
**METODO DE MUESTREO DE PRECOSECHA DEL METRO LINEAL, ESTACION EXPERIMENTAL No. 1, 1998.**

REPETICIONES	HUMEDAD % CAÑA	PESO TORTA HUMEDA	PESO JUGO ESTIMADO	BRIX % JUGO	POL % JUGO	PUREZA JUGO	BRIX EXTRACTO	BRIX % BAGAZO	POL EXT BAG	POL % BAGAZO	BRIX % CAÑA	POL % CAÑA	FIBRA % CAÑA	JUGO % CAÑA	EXTACCION	POL AZUC 99.77	WAC	BNE	RETENCION	FAL.POND	RENDIMIENTO LESLAJADITC
1	69.44	144.20	355.80	19.00	15.65	82.37	0.80	6.60	0.47	5.17	15.42	12.63	15.14	84.86	90.81	99.77	95.85	0.97	92.98	0.80912	191.74
2	70.45	143.10	356.90	18.75	15.45	82.40	0.61	6.71	0.48	5.28	15.30	12.54	14.25	85.75	89.43	99.77	95.27	0.97	92.41	0.82059	191.23
3	70.10	142.89	357.11	18.90	15.50	82.01	0.60	6.60	0.47	5.17	15.38	12.55	14.52	85.48	91.48	99.77	96.27	0.97	93.38	0.89714	192.77
4	70.00	143.50	356.50	18.80	15.42	82.02	0.62	6.82	0.48	5.28	15.36	12.51	14.64	85.36	90.36	99.77	95.73	0.97	92.86	0.80860	190.83
5	70.19	144.10	355.90	18.9	15.6	82.54	0.61	6.71	0.47	5.17	15.39	12.59	14.43	85.57	90.28	99.77	95.89	0.97	92.82	0.80985	192.81
<b>MEDIA</b>	<b>70.04</b>	<b>143.56</b>	<b>356.44</b>	<b>18.87</b>	<b>15.52</b>	<b>82.27</b>	<b>0.61</b>	<b>6.69</b>	<b>0.47</b>	<b>5.21</b>	<b>15.37</b>	<b>12.56</b>	<b>14.59</b>	<b>86.41</b>	<b>90.43</b>	<b>99.77</b>	<b>96.76</b>	<b>0.97</b>	<b>92.89</b>	<b>0.9067</b>	<b>191.82</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## CUADRO 24A

**METODO DE MUESTREO DE PRECOSECHA DE CINCO CAÑAS AL AZAR, ESTACION EXPERIMENTAL No. 1, 1998.**

REPETICIONES	HUMEDAD % CAÑA	PESO TORTA HUMEDA	PESO JUGO ESTIMADO	BRIX % JUGO	POL % JUGO	PUREZA JUGO	BRIX EXTRACTO	BRIX % BAGAZO	POL EXT BAG	POL % BAGAZO	BRIX % CAÑA	POL % CAÑA	FIBRA % CAÑA	JUGO % CAÑA	EXTACCION	POL AZUC 99.77	WAC	BNE	RETENCION	FAL.POND	RENDIMIENTO LESLAJADITC
1	70.04	166.30	333.70	18	15.1	83.89	0.80	9.00	0.62	6.82	15.31	12.35	14.65	85.35	90.25	99.77	95.88	0.97	92.81	0.80760	186.20
2	70.80	161.65	338.35	17.75	15.1	85.07	0.81	8.91	0.60	6.60	14.89	12.35	14.31	85.69	90.21	99.77	95.88	0.97	92.78	0.91195	189.00
3	70.20	138.50	381.50	17.9	15.2	84.92	0.75	8.25	0.50	5.50	15.23	12.57	14.57	85.43	90.95	99.77	96.02	0.97	93.14	0.90168	191.60
4	68.00	175.00	325.00	18.4	15.35	83.42	0.90	9.00	0.60	6.60	15.43	12.29	16.58	83.43	92.01	99.77	96.52	0.97	93.83	0.87048	184.70
5	70.90	130.00	370.00	17.9	15	83.80	0.78	8.58	0.40	4.40	15.48	12.24	13.62	86.38	92.49	99.77	96.75	0.97	93.85	0.89656	191.01
<b>MEDIA</b>	<b>69.99</b>	<b>154.29</b>	<b>345.71</b>	<b>17.99</b>	<b>15.15</b>	<b>84.22</b>	<b>0.83</b>	<b>9.11</b>	<b>0.54</b>	<b>5.98</b>	<b>15.27</b>	<b>12.35</b>	<b>14.75</b>	<b>85.25</b>	<b>91.18</b>	<b>99.77</b>	<b>96.13</b>	<b>0.97</b>	<b>93.24</b>	<b>0.8977</b>	<b>185.90</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## CUADRO 25A

**METODO DE MUESTREO DE PRECOSECHA DEL METRO LINEAL, ESTACION EXPERIMENTAL No. 2, 1998.**

REPETICIONES	HUMEDAD % CAÑA	PESO TORTA HUMEDA	PESO JUGO ESTIMADO	BRIX % JUGO	POL % JUGO	PUREZA JUGO	BRIX EXTRACTO	BRIX % BAGAZO	POL EXT BAG	POL % BAGAZO	BRIX % CAÑA	POL % CAÑA	FIBRA % CAÑA	JUGO % CAÑA	EXTACCION	POL AZUC 99.77	WAC	BNE	RETENCION	FAL.POND	RENDIMIENTO LESLAJADITC
1	69.50	145.00	355.00	18.90	15.65	82.80	0.99	10.89	0.79	8.69	16.58	13.63	13.92	86.08	90.32	99.77	95.71	0.97	92.84	0.81495	205.64
2	70.00	147.80	352.20	18.8	16.4	87.23	0.90	9.90	0.70	7.70	16.17	13.83	13.83	86.17	91.93	99.77	96.49	0.97	93.59	0.89988	214.62
3	70.10	146.70	353.30	18.85	15.8	83.82	0.95	10.45	0.80	8.80	16.39	13.75	13.51	86.49	90.53	99.77	95.82	0.97	92.84	0.81713	212.64
4	70.15	145.85	354.15	18.98	15.80	83.25	0.80	8.80	0.75	8.25	16.01	13.60	13.84	86.16	92.04	99.77	96.54	0.97	93.64	0.89871	211.13
5	70.50	142.78	357.22	18.2	15.55	85.44	0.90	9.90	0.80	8.80	15.83	13.62	13.67	86.33	93.44	99.77	97.19	0.97	94.28	0.88985	213.36
<b>MEDIA</b>	<b>70.05</b>	<b>145.63</b>	<b>354.37</b>	<b>18.75</b>	<b>15.84</b>	<b>84.51</b>	<b>0.91</b>	<b>9.99</b>	<b>0.77</b>	<b>8.45</b>	<b>16.19</b>	<b>13.69</b>	<b>13.76</b>	<b>86.24</b>	<b>91.65</b>	<b>99.77</b>	<b>96.35</b>	<b>0.97</b>	<b>93.46</b>	<b>0.9035</b>	<b>212.28</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## CUADRO 26A

**METODO DE MUESTREO DE PRECOSECHA DE CINCO CAÑAS AL AZAR, ESTACION EXPERIMENTAL No.2, 1998.**

REPETICIONES	HUMEDAD % CAÑA	PESO TORTA HUMEDA	PESO JUGO ESTIMADO	BRIX % JUGO	POL % JUGO	PUREZA JUGO	BRIX EXTRACTO	BRIX % BAGAZO	POL EXT BAG	POL % BAGAZO	BRIX % CAÑA	POL % CAÑA	FIBRA % CAÑA	JUGO % CAÑA	EXTACCION	POL AZUC 99.77	WAC	BNE	RETENCION	FAL.POND	RENDIMIENTO LESLAJADITC
1	70.20	152.30	347.70	18.7	15.45	82.62	0.90	9.90	0.77	8.47	16.02	13.32	13.78	86.22	92.21	96.77	96.62	0.97	93.72	0.89764	207.19
2	72.10	135.50	364.50	18.6	16.25	87.37	0.75	8.25	0.50	5.50	15.80	13.34	12.10	87.90	93.20	96.77	97.08	0.97	94.17	0.90535	212.43
3	70.20	146.60	353.40	18.5	16.2	87.57	0.90	9.00	0.63	6.93	15.98	13.48	13.82	86.18	93.22	96.77	97.09	0.97	94.18	0.88746	210.68
4	71.15	128.58	371.42	18.7	15.55	83.16	0.90	9.90	0.59	6.49	16.44	13.22	12.41	87.59	92.41	96.77	96.71	0.97	93.81	0.90989	209.04
5	71.10	145.10	354.90	18.00	15.35	85.28	1.00	11.00	0.75	8.25	15.97	13.29	12.93	87.07	94.71	96.77	97.76	0.97	94.83	0.88260	211.17
<b>MEDIA</b>	<b>70.95</b>	<b>141.62</b>	<b>358.38</b>	<b>18.50</b>	<b>15.76</b>	<b>85.20</b>	<b>0.89</b>	<b>9.79</b>	<b>0.65</b>	<b>7.13</b>	<b>16.04</b>	<b>13.33</b>	<b>13.01</b>	<b>86.99</b>	<b>93.15</b>	<b>99.77</b>	<b>97.05</b>	<b>0.97</b>	<b>94.14</b>	<b>0.90</b>	<b>210.08</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

# ANEXO 11.9

## CUADRO 27A

### METODO DE MUESTREO DE COSECHA DIRECTO. 1,998.

REPETICIONES	BRIX JUGO	POL JUGO	PUREZA JUGO	PESO JUGO	PESO BAGAZO	HUMEDAD BAGAZO	BRIX DEB BAGAZO	% FIBRA EN BAGAZO	% BAGA EN CABA	% FIBRA CABA	% JUGO CABA	% BRIX CABA	% POL CABA	EXTRACCION DE POL	POL AZUCAR	MAC	BRE	RETENCION	FAC.POMO	REFORMENTO US. ADULTO
1	19.75	16.76	84.86	711.19	288.81	43.15	10.62	46.23	28.88	13.35	86.65	17.11	14.52	91.27	99.77	96.17	0.97	93.29	0.91140	226.90
2	18.80	15.85	84.31	700.10	299.90	44.50	10.30	45.20	29.99	13.55	86.45	16.25	13.70	91.11	98.77	96.10	0.97	93.22	0.91080	212.47
3	21.00	17.78	84.67	710.52	289.48	43.00	11.43	45.57	28.95	13.19	86.81	18.23	15.43	91.39	98.77	96.23	0.97	93.34	0.91190	240.68
4	20.38	16.98	83.32	705.85	294.15	43.05	11.02	45.93	29.42	13.51	86.49	17.63	14.69	91.15	99.77	96.12	0.97	93.23	0.91092	227.89
5	19.85	16.95	85.39	695.15	304.85	43.50	10.77	45.73	30.49	13.94	86.06	17.08	14.59	90.82	99.77	95.96	0.97	93.08	0.90970	224.87
6	17.85	15.13	84.76	705.30	294.70	44.20	9.60	46.20	29.47	13.61	86.39	15.42	13.07	91.07	99.77	96.08	0.97	93.20	0.91065	202.50
7	19.88	16.83	84.86	710.20	289.80	43.80	10.87	45.33	28.98	13.14	86.86	17.27	14.62	91.43	99.77	96.25	0.97	93.36	0.91205	228.15
8	18.70	15.70	83.96	695.20	304.80	44.15	10.16	45.69	30.48	13.93	86.07	16.10	13.51	90.83	99.77	95.96	0.97	93.08	0.90970	208.35
<b>MEDIA</b>	<b>19.53</b>	<b>16.50</b>	<b>84.49</b>	<b>704.19</b>	<b>295.81</b>	<b>43.67</b>	<b>10.60</b>	<b>45.73</b>	<b>29.58</b>	<b>13.53</b>	<b>86.47</b>	<b>16.89</b>	<b>14.27</b>	<b>91.13</b>	<b>99.77</b>	<b>96.11</b>	<b>0.97</b>	<b>93.22</b>	<b>0.91089</b>	<b>221.35</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## CUADRO 28A

### METODO DE MUESTREO DE COSECHA DEL JUGO PRIMARIO. 1,998.

REPETICIONES	BRIX JUGO	POL JUGO	PUREZA JUGO	PESO JUGO	PESO BAGAZO	HUMEDAD BAGAZO	BRIX DEB BAGAZO	% FIBRA EN BAGAZO	% BAGA EN CABA	% FIBRA CABA	% JUGO CABA	% BRIX CABA	% POL CABA	EXTRACCION DE POL	POL AZUCAR	MAC	BRE	RETENCION	FAC.POMO	REFORMENTO US. ADULTO
1	19.05	16.30	85.56	692.10	307.90	50.15	4.85	45.00	30.79	13.86	86.14	16.41	14.04	90.89	99.77	95.99	0.97	93.11	0.90995	216.74
2	18.50	15.40	83.24	691.20	308.80	50.57	4.94	44.49	30.88	13.74	86.26	15.96	13.28	90.97	99.77	96.03	0.97	93.15	0.91025	205.42
3	20.75	17.55	84.58	690.12	309.88	50.23	5.35	44.42	30.99	13.76	86.24	17.89	15.13	90.95	99.77	96.02	0.97	93.14	0.91020	233.93
4	20.10	16.55	82.94	693.58	306.42	49.97	5.30	44.73	30.64	13.71	86.29	17.35	14.28	91.00	99.77	96.04	0.97	93.16	0.91035	220.96
5	19.20	16.40	85.42	652.40	347.60	50.45	4.75	44.80	34.76	15.57	84.43	16.21	13.85	89.55	99.77	95.33	0.97	92.47	0.90512	208.03
6	17.40	14.95	85.92	682.40	317.60	50.62	4.86	44.52	31.76	14.14	85.86	14.94	12.84	90.67	99.77	95.88	0.97	93.01	0.90910	197.26
7	19.45	16.35	84.06	690.12	309.88	51.1	4.78	44.12	30.99	13.67	86.33	16.79	14.11	91.03	99.77	96.06	0.97	93.17	0.91044	218.48
8	18.44	15.30	82.87	672.50	327.50	50.56	4.84	44.60	32.75	14.61	85.39	15.75	13.07	90.31	99.77	95.71	0.97	92.84	0.90775	199.32
<b>MEDIA</b>	<b>19.11</b>	<b>16.10</b>	<b>84.26</b>	<b>683.05</b>	<b>316.95</b>	<b>50.46</b>	<b>4.96</b>	<b>44.59</b>	<b>31.69</b>	<b>14.73</b>	<b>85.87</b>	<b>16.41</b>	<b>13.83</b>	<b>90.87</b>	<b>99.77</b>	<b>95.88</b>	<b>0.97</b>	<b>93.01</b>	<b>0.90915</b>	<b>212.52</b>

FUENTE: INVESTIGACION PROPIA

## ANEXO 11.10

### GLOSARIO DE TERMINOS.

**CAÑA:** Materia prima recibida por la fábrica y que incluye caña limpia, basura del campo, agua, etc. La caña tal como se recibe es caña en bruto. Al sustraer la basura del campo se obtiene la caña neta.

**BAGAZO:** Es el residuo de la caña prensada en un molino o un tren de molienda. Los bagazos se denominan sucesivamente bagazo del primer molino, bagazo del segundo molino y así sucesivamente hasta el bagazo del último molino al que se llama bagazo final o simplemente bagazo. Generalmente la palabra bagazo designa al residuo del último molino a menos que se especifique de otra manera.

**BRIX:** Es el porcentaje en peso de los sólidos puros de sacarosa. Por acuerdo general se acepta que el Brix representa los sólidos aparentes en una solución azucarada cuando se determina por el hidrómetro Brix u otra medida de densidad convertida a escala Brix. Puesto que el Brix se considera como una entidad y se trata como una sustancia ( por ejemplo libras Brix, extracción de Brix), Brix sólidos y Brix gravedad son iguales.

**CORE SAMPLER:** Es un equipo mecánico utilizado para la extracción de muestras de caña en el tiempo de cosecha. Consta de una sonda que penetra en varios puntos de las jaulas que transportan la caña, y por la acción de su estructura en forma de cuchillas, gira y logra extraer la cantidad de muestra representativa formada por caña, tierra, raíces y otras materias extrañas a la caña.

**EXTRACCION:** Aquella parte ( usualmente en porcentaje ) de un componente de la caña extraída por la molienda. Los componentes usuales en este concepto son jugo, Brix, Pol y sacarosa.

**FIBRA:** Es la parte leñosa y sólida insoluble en la caña, su función es dar la consistencia a la caña en toda su estructura.

**JUGO:** Es una solución acuosa, la mayor parte formada por agua y la menor parte por sólidos solubles (Brix).

**JUGO PRIMARIO:** Es todo el jugo sin diluir. En la mayoría de los molinos, éste es el jugo combinado de la desmenuzadora y el del primer molino.

**JUGO SECUNDARIO:** Es el jugo diluido que es reunido con el jugo del segundo molino para formar el jugo mezclado.

**PANTE:** Es el área cultivada de caña, perteneciente a determinado lote y finca, corresponde el lugar que es muestreado para el respectivo análisis de la caña en precosecha y cosecha.

**POL:** Es el valor obtenido por polarización directa o sencilla del peso normal de una solución en un sacarímetro. En muchos ingenios se utiliza pol como sinonimo de sacarosa.

**PUREZA:** Es el azúcar de la caña presente en términos de porcentaje de la materia sólida. Se encuentra con la relación Pol / Brix.

**RENDIMIENTO:** En la industria azucarera, esta expresión se considera como las libras físicas de azúcar obtenibles por una tonelada corta de caña.

**TANDEM:** Es todo el equipo que identifica al departamento de molienda en un ingenio, Mesa de caña, conductores de caña y batería de molinos.

**TORTA HUMEDA:** Es la parte fibrosa residual del prensado de caña o bagazo en el laboratorio.

**TRASH:** (*Basura*). Nombre con que se identifica a toda la materia extraña (hojas secas, raíces, mamones, puntas, tierra y otras impurezas) de la caña que es recogida en el campo para su cosecha.

CONSIDERANDO QUE ESTA INVESTIGACION LLENA LOS REQUISITOS QUE DETERMINA EL REGLAMENTO DEL PROGRAMA DE TESIS DE GRADO, DE LAS CARRERAS DE LOS CENTROS REGIONALES, AUTORIZO SU IMPRESION.

*IMPRIMASE:*

  
Ing. René Filiberto Arias Barrios  
DIRECTOR

