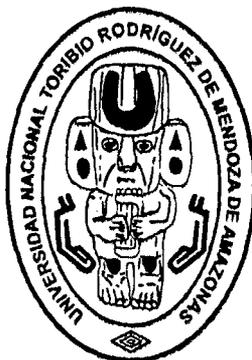


**UNIVERSIDAD NACIONAL  
"TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA"  
DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL**

**INFLUENCIA DEL TIEMPO POSTCOSECHA SOBRE EL INCREMENTO DE  
AZÚCARES REDUCTORES DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR  
(*Saccharum officinarum L.*) DE LA EMPRESA AGRO PUCALÁ. S.A.A.**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR: Bach. PEPITO PADILLA ROJAS**

**ASESOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**COASESOR: Ms. C. WILLIAM VILLARREAL ALBITRES**

**CHACHAPOYAS - AMAZONAS**

**2 0 1 3**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**INFLUENCIA DEL TIEMPO POSTCOSECHA SOBRE EL INCREMENTO DE  
AZÚCARES REDUCTORES DE CINCO VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR  
(*Saccharum officinarum* L.) DE LA EMPRESA AGRO PUCALÁ. S.A.A.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR: Bach. PEPITO PADILLA ROJAS**

**ASESOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**CO ASESOR: Ms. C. WILLIAM VILLARREAL ALBITRES**

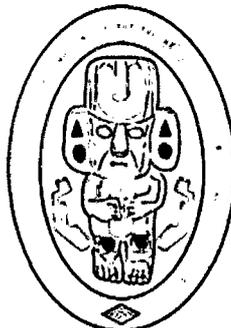
**CHACHAPOYAS – AMAZONAS**

**2013**



**10 6 ENE 2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**  
**INFLUENCIA DEL TIEMPO POSTCOSECHA SOBRE EL INCREMENTO DE**  
**AZÚCARES REDUCTORES DE CINCO VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR**  
**(*Saccharum officinarum* L.) DE LA EMPRESA AGRO PUCALÁ. S.A.A.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR: Bach. PEPITO PADILLA ROJAS**

**ASESOR: Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN**

**CO ASESOR: Ms. C. WILLIAM VILLARREAL ALBITRES**

**CHACHAPOYAS – AMAZONAS**

**2013**

## **DEDICATORIA**

*A todas aquellas personas que me apoyaron físicamente y moralmente, al tenderme la mano.*

*A mis familiares, profesores y amigos.*

*Especialmente a mis queridos padres **Monroe Padilla Daza** y **Elia Rojas de Padilla**, por su confianza y su amor, quienes con su arduo esfuerzo me apoyaron durante mis estudios, y me enseñaron, a valorarme y valorar a los demás, ellos nunca dudaron del fin al cual querían verme llegar.*

*A todos mis hermanos, quienes con su apoyo físico y moral me hicieron sentir siempre su confianza hacia mi persona y me apoyaron en los momentos difíciles.*

*A todos ustedes que lean éstas páginas.*

*“Innumerables son las luchas y triunfos de quienes nacieron a vencer, por poderoso que sea el genio, jamás prevalece sin el impulso de la voluntad vencedora de los obstáculos con que tropieza, quien anhela sobreponerse a las circunstancias de nacimiento o de profesión, el éxito es fruto del trabajo y la perseverancia”*

**Pepito Padilla Rojas.**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios nuestro señor por su inmenso amor por darnos la vida, sabiduría, paciencia y voluntad; dones necesarios para haber culminado con éxito el presente trabajo.*

*Mis ideas e inquietudes intelectuales no se hubieran materializado en esta tesis, sin el apoyo de mi asesor el **Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón** y co asesor **Ms. C. William Villarreal Albitres**, asimismo, del **Ing. Erikson Niño Farro**, **Ing. Adolfo Falcón Ganoza** y **Ing. Mario Vázquez Salazar**. Gracias por compartir sus valiosos conocimientos y brindarme su ayuda para la realización del presente trabajo.*

*A la **UNTRM-A**, mi Alma mater que me acogió y a los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes me brindaron sus enseñanzas guiándome académicamente en mi formación profesional.*

*A todo el personal del Departamento de Control de Calidad del Ingenio Azucarero **Agro Pucalá S.A.A.** por apoyarme y compartir sus experiencias para realizar la presente investigación.*

*A mis queridos padres, por su amor, ánimo y el apoyo que siempre me han dado para conseguir este objetivo, reconociendo que a lo largo del proceso de mi formación académica y elaboración de esta tesis, mis padres **Monroe y Elia**, han estado siempre a mi lado cuidándome y animándome a continuar. Por ellos hoy estoy aquí culminando esta fabulosa etapa de mi vida.*

*A cada una de las personas que de una u otra forma contribuyeron en la realización del presente trabajo.*

*A mis queridas amistades, quienes han estado viviendo esta tesis casi tanto como yo.*

**Pepito Padilla Rojas.**

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph.D. VICENTE MARINO CASTAÑEDA CHÁVEZ  
RECTOR**

**Dr. ROBERTO JOSÉ NERVI CHACÓN  
VICERRECTOR ACADÉMICO (e)**

**Dr. EVER SALOMÉ LÁZARO BAZÁN  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO (e)**

**Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN  
DECANO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS**

Chachapoyas, Octubre de 2013

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El docente de la UNTRM-A que suscribe, ha asesorado la realización de la tesis titulada **“INFLUENCIA DEL TIEMPO POSTCOSECHA SOBRE EL INCREMENTO DE AZÚCARES REDUCTORES DE CINCO VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) DE LA EMPRESA AGRO PUCALÁ. S.A.A.”**, del Bachiller en Ingeniería Agroindustrial egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A:

✓ **Bach. PEPITO PADILLA ROJAS**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da su Visto Bueno para que la tesis mencionada sea presentada al Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyo al tesista en el levantamiento de observaciones y en el Acto de Sustentación de Tesis.

Chachapoyas, 21 de Octubre 2013.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN  
Profesor Principal de la UNTRM-Amazonas

## VISTO BUENO DEL CO ASESOR DE TESIS

El profesional Gerente de fábrica de la empresa azucarera AGRO PUCALÁ S.A.A que suscribe, ha co asesorado la realización de la tesis titulada **“INFLUENCIA DEL TIEMPO POSTCOSECHA SOBRE EL INCREMENTO DE AZÚCARES REDUCTORES DE CINCO VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.) DE LA EMPRESA AGRO PUCALÁ. S.A.A.”**, del Bachiller en Ingeniería Agroindustrial egresado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNTRM-A:

✓ **Bach. PEPITO PADILLA ROJAS**

El profesional gerente de fábrica de la empresa azucarera AGRO PUCALÁ S.A.A que suscribe da su Visto Bueno para que la tesis mencionada sea presentada al Jurado Evaluador, manifestando su voluntad de apoyo al tesista en el levantamiento de observaciones y en el Acto de Sustentación de Tesis.

Chachapoyas, 21 de Octubre de 2013.

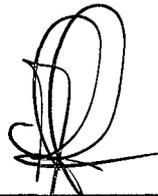
  
AGRO PUCALÁ S.A.A  
Ing°. WILLIAM VILLARREAL ALBITRES  
Gerente de fábrica de la empresa Agro Pucalá S.A.A

**JURADO EVALUADOR**



---

**Ms. C. ARMSTRONG BARNARD FERNÁNDEZ JERÍ**  
**PRESIDENTE**



---

**Ing. ERICK ALDO AUQUIÑIVIN SILVA**  
**SECRETARIO**



---

**Ing. GUILLERMO IDROGO VÁSQUEZ**  
**VOCAL**

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	ii
AUTORIDADES UNIVERSITARIAS	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR Y CO ASESORES	iv
JURADO EVALUADOR	vi
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 La caña de azúcar	1
1.1.1 Cultivo de la caña de azúcar	1
1.1.2 Ciclo vegetativo de la caña de azúcar	2
1.1.3 Variedades de caña de azúcar	2
1.2 Composición química de la caña de azúcar	3
1.3 Inversión de la Sacarosa	8
1.4 Quema programada de la caña	8
1.5 Corte o rozado de la caña de azúcar	9
1.6 Postcosecha de la caña de azúcar	9
1.7 Deterioro de la caña de azúcar	10
1.8 Objetivos	11
1.8.1 Objetivo general	11
1.8.2 Objetivo específicos	11
II. MATERIAL Y MÉTODOS	12
2.1 Material biológico	12
2.2 Procedimiento experimental	12
2.2.1 Método digestor para el análisis de maduración de caña antes de la quema	13
2.2.1.1 Análisis fisicoquímico de caña sin quemar	14
a) Análisis de °Brix	15

b)	Análisis de °Pol	15
c)	Determinación de la Pureza del jugo	15
d)	Análisis de azúcares reductores	15
e)	Determinación de pH del jugo	16
f)	Determinación del índice de madurez	16
2.2.2	Método directo de extracción para caña quemada	16
2.2.2.1	Análisis fisicoquímico de la caña quemada	17
a)	Determinación de °Brix en jugo	18
b)	Determinación de °Pol en jugo	18
c)	Determinación de la Pureza en jugo	19
d)	Determinación de azúcares reductores por el método de Lane y Eynon	19
e)	Determinación de pH del jugo	20
f)	Determinación del índice de madurez	20
2.3	Análisis de datos	20
2.3.1	Parámetros de inversión del jugo de caña de azúcar	20
2.3.2	Modelo aditivo lineal para la evaluación de Propiedades fisicoquímicas	21
2.3.3	Análisis de varianza (ANOVA)	22
2.4.4	Software utilizado	22
III.	RESULTADOS	23
3.1	Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-745	23
3.1.1	Azúcares reductores e índices de madurez	23
3.1.2	pH	24
3.1.3	°Brix y °Pol	24
3.1.4	Pureza	25
3.2	Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560	26
3.2.1	Azúcares reductores e índices de madurez	26
3.2.2	pH	26
3.2.3	°Brix y °Pol	27
3.2.4	Pureza	28

3.3	Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933	29
3.3.1	Azúcares reductores e índices de madurez	29
3.3.2	pH	29
3.3.3	°Brix y °Pol	30
3.3.4	Pureza	31
3.4	Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454	31
3.4.1	Azúcares reductores e índices de madurez	31
3.4.2	pH	32
3.4.3	°Brix y °Pol	33
3.4.4	Pureza	33
3.5	Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171	34
3.5.1	Azúcares reductores e índices de madurez	34
3.5.2	pH	35
3.5.3	°Brix y °Pol	35
3.5.4	Pureza	36
3.6	Comparaciones múltiples de pH de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha	37
3.7	Comparaciones múltiples de azúcares reductores de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha	38
3.8	Comparaciones múltiples de Pureza de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha	38
3.9	Comparaciones múltiples de °Brix de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha	39
3.10	Comparaciones múltiples de °Pol de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha	40
3.11	Comparaciones múltiples de índices de madurez de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha	41
3.12	Superficies cultivadas por variedades de caña de azúcar	42
3.13	Tiempo transcurrido de las muestras evaluadas hasta la molienda en fábrica	42

3.14	Temperatura ambiente al que estuvieron las muestras de evaluación	43
IV.	DISCUSIÓN	44
V.	CONCLUSIONES	48
VI.	RECOMENDACIONES	49
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
VIII.	ANEXOS	53
ANEXO1:	Parámetros de propiedades fisicoquímicas de caña de azúcar sin quemar	54
ANEXO 2:	Parámetros de propiedades fisicoquímicas y factores de corrección de °Brix, °Pol y Azúcares reductores de las muestras evaluadas en jugo de caña de azúcar quemada	55
ANEXO3:	Porcentaje de intensidad e infestación de la caña de azúcar por variedades y temperatura ambiente al que estuvieron las muestras de evaluación	56
ANEXO4:	Tiempo transcurrido hasta la molienda en fábrica y propiedades fisicoquímicas antes y después de ser quemada las muestras de caña de azúcar	58
ANEXO 5:	Superficies cultivadas de caña de azúcar	59
ANEXO 6:	Proceso de muestreo y análisis de propiedades fisicoquímicas de caña de azúcar sin quemar	60
ANEXO 7:	Proceso de obtención de muestras y análisis de propiedades fisicoquímicas de caña de azúcar quemada	62
ANEXO 8:	Corridas experimentales que se realizaron en el tiempo postcosecha de las cinco variedades de caña de azúcar	65
ANEXO 9:	Pruebas de múltiples rango aplicando prueba de tukey	69
ANEXO 10:	Influencia del incremento de los azúcares reductores en el aspecto económico	92
ANEXO 11:	Tabla de sustancias reductoras	93

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química promedio de tallos y jugos de la caña de azúcar	7
Tabla 2. Tolerancia de características físicas de la caña de azúcar	54
Tabla 3. Tolerancia de características químicas en maduración de caña	54
Tabla 4. Parámetros de tolerancia del jugo de caña de azúcar quemada	55
Tabla 5. Infestación e intensidad por campo y variedad antes de la quema	56
Tabla 6. Temperatura ambiente durante los días de evaluación de las muestras	57
Tabla 7. Evaluación de las variedades de caña de azúcar antes y después de ser quemada y molida en fábrica	58
Tabla 8. Superficies de variedades de caña de azúcar cultivadas por zona	59
Tabla 9. Resultados de °Brix, °Pol, Pureza, Azúcares reductores, índice de madurez y pH de las cinco variedades de caña de azúcar	65
Tabla 10. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad PCG12-745	69
Tabla 11. Análisis de varianza de pH de la variedad PCG12-745	70
Tabla 12. Comparaciones múltiples de °Brix y °Pol de la variedad PCG12-745	70
Tabla 13. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad PCG12-745	71
Tabla 14. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad CH32-8560	73
Tabla 15. Análisis de varianza de pH de la variedad CH32-8560	74
Tabla 16. Comparaciones múltiples de °Brix y °Pol de la variedad CH32-8560	74
Tabla 17. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad CH32-8560	75
Tabla 18. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad CH37-1933	77
Tabla 19. Análisis de varianza de pH de la variedad CH37-1933	78
Tabla 20. Comparaciones múltiples de °Brix y °Pol de la variedad CH37-1933	78
Tabla 21. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad CH37-1933	79
Tabla 22. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad RB72-454	80
Tabla 23. Análisis de varianza para pH de la variedad RB72-454	81
Tabla 24. Comparaciones múltiples de °Brix y °Pol de la variedad RB72-454	82
Tabla 25. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad RB72-454	83

Tabla 26. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad H57-5171	84
Tabla 27. Análisis de varianza para pH de la variedad H57-5171	85
Tabla 28. Comparaciones múltiples de °Brix y °Pol de la variedad H57-5171	85
Tabla 29. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad H57-5171	86
Tabla 30. Comparaciones múltiples de pH de las cinco variedades de caña de azúcar	87
Tabla 31. Comparaciones múltiples de azúcares reductores de las cinco variedades de caña de azúcar	88
Tabla 32. Comparaciones múltiples de Pureza de las cinco variedades de caña de azúcar	89
Tabla 33. Comparaciones múltiples de °Brix de las cinco variedades de caña de azúcar	89
Tabla 34. Comparaciones múltiples del índice de madurez de las cinco variedades de caña de azúcar	90
Tabla 35. Comparaciones múltiples del índice de madurez de las cinco variedades de caña de azúcar	91
Tabla 36. Estimaciones de pérdidas de kilogramos de azúcar por influencia del tiempo postcosecha sobre el incremento de los azúcares reductores	92
Tabla 37. Sustancias reductoras para el método de Lane & Eynon	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo vegetativo de la caña de azúcar (Alvarado et al, 2008)	2
Figura 2. Estructura de la molécula de sacarosa (Murray, 1994)	5
Figura 3. Estructura de la molécula glucosa (Murray, 1994)	6
Figura 4. Estructura de la molécula fructosa (Murray, 1994)	7
Figura 5. Diagrama de bloques para análisis fisicoquímico de caña de azúcar sin quema	13
Figura 6. Diagrama de bloques para análisis fisicoquímico de caña de azúcar quemada	17
Figura 7. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-74	23
Figura 8. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-74	24
Figura 9. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12- 745	25
Figura 10. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-74	25
Figura 11. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha la variedad CH32-8560	26
Figura 12. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560	27
Figura 13. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560	28
Figura 14. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560	28
Figura 15. Azúcares reductores e índices de madurezde en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933	29
Figura 16. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933	30
Figura 17. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933	30
Figura 18. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933	31
Figura 19. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454	32
Figura 20. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454	32
Figura 21. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454	33

Figura 22. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454	34
Figura 23. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171	35
Figura 24. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171	35
Figura 25. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171	36
Figura 26. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171	37
Figura 27. pH de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha	37
Figura 28. Azúcares reductores de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha	38
Figura 29. Pureza de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha	39
Figura 30. °Brix de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha	40
Figura 31. °Pol de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha	40
Figura 32. Índices de madurez de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha	41
Figura 33. Superficies cultivadas por variedades de caña de azúcar	42
Figura 34. Tiempo transcurrido desde la quema hasta la molienda de la caña de azúcar de los campos evaluados por variedad	43
Figura 35. Valores promedio de temperatura tomada cada 2 y 3 horas durante el día, de abril a mayo de 2013	43

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1. Obtención de muestra de caña de azúcar en el campo	60
Fotografía 2. Muestra para evaluación de análisis físico	60
Fotografía 3. Muestra separada en los tres tercios para análisis químico	60
Fotografía 4. Desfibrado de las muestras mediante el “desfibrador”	60
Fotografía 5. Pesado de la muestra para el licuado	60
Fotografía 6. Licuado de muestras para obtención del extracto	60
Fotografía 7. Determinación de °Brix de los tres tercios	61
Fotografía 8. Filtrado de muestras para determinación de °Pol	61
Fotografía 9. Determinación de °Pol mediante escala del sacarímetro	61
Fotografía 10. Determinación de azúcares reductores	61
Fotografía 11. Determinación del color rojo ladrillo o marrón oscuro	61
Fotografía 12. Infestación de la caña de muestra evaluada	61
Fotografía 13. Quema de la caña de azúcar	62
Fotografía 14. Corte de la caña de azúcar	62
Fotografía 15. Obtención de muestras de caña quemada en el campo	62
Fotografía 16. Traslado de las muestras del campo a la fábrica	62
Fotografía 17. Muestras que se conservaba para las evaluaciones	62
Fotografía 18. Trapiche de bronce que se utilizo para la obtención del jugo	62
Fotografía 19. Molienda en el trapiche de bronce	63
Fotografía 20. Jugo obtenido de las muestras para su evaluación	63
Fotografía 21. Filtrado de muestra para determinar de °Pol	63
Fotografía 22. Determinación de °Brix mediante el hidrómetro	63
Fotografía 23. Determinación de °Pol mediante el sacarímetro	63
Fotografía 24. Medición de los reactivo de Fehling “A” y “B”	63
Fotografía 25. Determinación de azúcares reductores	64
Fotografía 26. Determinación del color rojo ladrillo o marrón oscuro	64
Fotografía 27. Determinación del pH de las muestras	64
Fotografía 28. Medición de la temperatura ambiente de las muestras	64
Fotografía 29. Infestación en muestra evaluada de caña quemada	64
Fotografía 30. De izquierda a derecha, Gerente de fábrica, Tesista y Jefe de Laboratorio de Fábrica	64

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Empresa Agro Pucalá S.A.A., Región Lambayeque, a una altura de 54 msnm, que cuenta con una superficie de 5119,82 hectáreas de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), destinada a la producción de azúcar rubia comercial. El azúcar se produce en el campo y en la fábrica se la extrae, pero uno de los grandes problemas que padece esta agroindustria es la pérdida de sacarosa en función al tiempo postcosecha, durante el que se incrementan los azúcares reductores. Se realizó la determinación de azúcares reductores, °Brix, °Pol, pureza, pH e índice de madurez en cinco variedades de jugo de la caña de azúcar, antes y después de ser quemada, por un periodo de 8 días (162 horas). El método estadístico empleado fue un DBCA. Las muestras estuvieron a una temperatura ambiente de 27,80°C, entre abril y mayo (Zafra 2013). El incremento de los azúcares reductores muestra que existe una diferencia estadísticamente significativa entre una variedad y otra en función al tiempo postcosecha. Las variedades de caña de azúcar PCG12-745, RB72-454 y CH32-8560 conservan los azúcares reductores dentro del rango establecido de 0,40 a 0,80% después de la quema hasta 100, 95, 55 horas, respectivamente; y las variedades CH37-1933 y H57-5171, solamente hasta 50 y 45 horas, respectivamente. El pH de todas las variedades mencionadas bajó de 5,60 a 5,09, lo que produjo inversión leve de sacarosa a azúcares reductores. El deterioro de la caña y la pérdida de sacarosa entre el corte y la molienda empiezan casi inmediatamente después del corte, siendo mayor a medida que aumenta el tiempo de permanencia en los patios de la fábrica o en el campo, dependiendo también de las condiciones ambientales y variedad. Se ha determinado que las variedades de caña de azúcar que mejor conservan las propiedades de su jugo en función al tiempo postcosecha y permiten la mayor recuperación de sacarosa en la fábrica son: PCG12-745, CH37-1933 y CH32-8560. Se recomienda procesar la caña de azúcar durante las primeras 24 horas después de la quema para reducir la pérdida de sacarosa.

**Palabras clave:** Postcosecha, Azúcares reductores, °Brix, °Pol, Pureza, pH, Índice de madurez, Caña de azúcar.

## ABSTRACT

The present investigation realised in the Company Agro Pucalá S.To.To., Region Lambayeque, to a height of 54 masl, that has a surface of 5119, 82 hectares of crop of cane of sugar (*Saccharum officinarum* L.), allocated to the production of commercial blond sugar. The sugar produces in the field and in the factory extracts it to him, of the big problems that suffer this agroindustria is the loss of saccharose in function to the time postcosecha, during which increase the sugars reductores. It realised the determination of sugars reductores, °Brix, °Pol, purity, pH and index of maturity in five varieties of juice of the cane of sugar, before and after being, By a period of 8 days (162 hours). The statistical method employee was a DBCA. The samples were to a temperature acclimatise of 27, 80°C, between April and May (Zafra 2013). The increase of the sugars reductores sample that exists a difference estadísticamente significant between a variety and another in function to the time postcosecha, The varieties of cane of sugar PCG12-745, RB72-454 and CH32-8560 conserve the sugars reductores inside the rank established of 0,40 to 0,80% after burns it until 100, 95, 55 hours, respectively; and the varieties CH37-1933 and H57-5171, only until 50 and 45 hours, respectively. The pH of all the varieties mentioned went down of 5,60 to 5,09, what produced slight investment of saccharose to sugars reductores. The deterioration of the cane and the loss of saccharose between the cut and the molienda begin almost immediately after of court, being elder to measure that increase the time of permanence in the playgrounds of the factory or in the field, depending also of the environmental conditions and variety. It has determined that the varieties of cane of sugar that better conserve the properties of his juice in function to the time postcosecha and allow the greater recovery of saccharose in the factory are: PCG12-745, CH37-1933 and CH32-8560. Recommended process the cane of sugar during the first 24 hours after burns it to reduce the loss of saccharose.

**Key words:** Postcosecha, sugars reductores, °Brix, °Pol, Purity, pH, Index of maturity, Cane of sugar.

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó en el distrito de Pucalá, departamento de Lambayeque, ubicada al este de Chiclayo a una altura de 54 msnm., en la Empresa Agro Pucalá S.A.A. que cuenta con una superficie de 5119,82 hectáreas de cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), destinada a la producción de azúcar rubia comercial aplicando las siguientes operaciones unitarias: cosecha, postcosecha, recepción de la materia prima, preparación de la caña, molienda, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugación, envasado y almacenamiento. El azúcar es considerado uno de los productos agroindustriales de mayor contribución al desarrollo económico y social del norte del país, por lo que cada vez adquiere mayor importancia incentivar su producción. A lo largo de este proceso se producen pérdidas de la sacarosa, que tienen su origen en diversos factores tales como microbiológicos, fisicoquímicos y operacionales; las pérdidas por factores operacionales se deben exclusivamente a inadecuadas prácticas operativas durante la cosecha y postcosecha, por que no se ha investigado la influencia del tiempo postcosecha sobre el incremento de azúcares reductores de las variedades de caña de azúcar en dicha empresa. Determinado el tiempo postcosecha para las variedades se evaluará alternativas de tolerancias para optimizar la recuperación de sacarosa, sin que se produzca incremento de los azúcares reductores y así mejorar el aprovechamiento teniendo en cuenta la calidad de la materia prima después de ser cosechada en campo y acarreada al ingenio. Con el fin de incrementar el rendimiento y la eficiencia de producción y por tanto la rentabilidad económica para dicha empresa.

### **1.1 La caña de azúcar**

#### **1.1.1 Cultivo de la caña de azúcar**

Es un cultivo cuyo origen es Nueva Guinea, desde donde se esparció a Asia, a las islas del Pacífico y posteriormente al mundo conocido de entonces. A fines del siglo XV fue traída a América por Cristóbal Colón. En 2005, México ocupó el sexto lugar como productor de caña de azúcar en el mundo con 45126 millones de toneladas, Perú ocupó el décimo lugar con 35118 millones de toneladas (FAO, 2008).

### 1.1.2 Ciclo vegetativo de la caña de azúcar

La caña de azúcar es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa; que al ser extraído y cristalizado en un ingenio azucarero forma el azúcar. El ciclo vegetativo de la caña de azúcar comprende cuatro etapas principales: germinación, macollamiento, crecimiento y maduración, las cuales se muestran en la Figura 1 (Alvarado *et al.*, 2008).

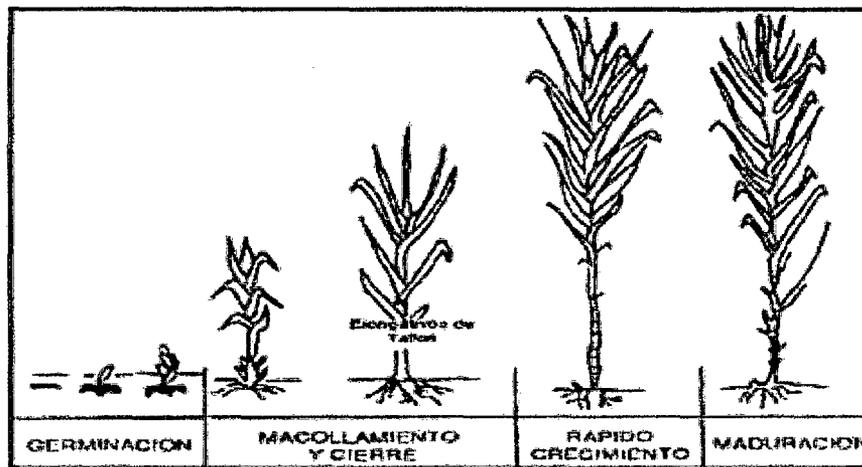


Figura 1. Ciclo vegetativo de la caña de azúcar (Alvarado *et al.*, 2008).

### 1.1.3 Variedades de caña de azúcar

La gran mayoría de las variedades de caña de azúcar que se cultivan actualmente resultan de la hibridación de las distintas variedades de cañas nobles como la *Saccharum officinarum* con otras especies. Las variedades de caña de azúcar tienden a alcanzar su grado de madurez en diferentes períodos con respecto a la época de cosecha. Algunas variedades alcanzan la madurez más temprano que otras en idénticas condiciones de campo. Esta propiedad genética de la caña de azúcar permite clasificarla en tres variedades (Alvarado *et al.*, 2008).

### **a) Variedades tempranas**

Alcanzan su madurez óptima al inicio de la zafra (08 de Diciembre-06 de Enero). Agro Pucalá S.A.A., cultiva la variedad RB72-454 (Brasilera). Los tallos son de color amarillo pálido y sus entrenudos son distanciados.

### **b) Variedades Intermedias**

Alcanza su madurez en el período intermedio de la zafra (07 de Enero-25 de Enero). Entre éstas se encuentran la variedad CH32-8560 (conocida como CH32), sus tallos son de color amarillento claro y sus nudos son medianos. CH37-1933 (conocido como CH37), sus tallos son de color amarillo y nudos cortos. Ambas son originarias de Puerto Rico y México. H57-5171 (conocida como H57), sus tallos son de color amarillento y sus entrenudos son distanciados. Originaria de México.

### **c) Variedades tardías**

Este tipo de variedad alcanza su punto de madurez al final del periodo de zafra (21 de Febrero-Fin de la zafra). Entre éstas se mencionan la variedad PCG12-745, (Azul Casa Grande) cuyos tallos son de color morados, rojizos y sus entrenudos son distanciados. Es originaria de Brasil.

## **1.2 Composición química de la caña de azúcar**

En la caña, el agua representa entre el 73% y 76%. Los sólidos totales solubles (°Brix) varían entre 10% y 16%, y la fibra oscila entre 11% y 16%. Entre sus azúcares más sencillos se encuentran la glucosa y la fructuosa (azúcares reductores), que existen en el jugo de cañas maduras en una concentración entre 1% y 5%. La calidad del azúcar crudo como el color y el grano (dureza) dependen, en parte, de la proporción de estos azúcares reductores, los cuales cuando aumentan por causa del deterioro o falta de maduración de la planta, pueden producir incrementos en el color y grano defectuoso en el azúcar (Clarke *et al.*, 1986).

Algunas características morfológicas de los tallos como la forma, el diámetro y el color que influyen en la calidad, cambian con la variedad. Se sabe que las condiciones

de desarrollo del cultivo tienen un mayor impacto en la longitud de los entrenudos que en el diámetro de los tallos de la planta. La forma de los tallos tiene especial importancia debido a la introducción de la cosecha mecanizada, en los países donde se cultiva caña de crecimiento erecto, las cosechadoras y las alzadoras mecánicas realizan una labor eficiente y envían a la fábrica caña relativamente limpia, evitando de esta manera, la reducción en la pureza de los jugos y en el rendimiento en sacarosa (Meade & Chin, 1977).

La caña de azúcar está constituida por jugo y fibra. La fibra es la parte insoluble en agua y está formada principalmente por celulosa, la cual es un polímero de la glucosa (dextrosa). El contenido porcentual de sólidos (sacarosa), azúcares reductores y otros constituyentes solubles en agua se denominan comúnmente Brix (expresado en porcentaje). La razón porcentual entre la sacarosa en el jugo y el Brix se conoce como pureza del jugo o contenido aparente de sacarosa, expresado como un porcentaje en peso y determinado mediante un método colorimétrico, se denomina "Pol". Los sólidos solubles diferentes de la sacarosa, que incluyen a los azúcares reductores como la glucosa y otras sustancias orgánicas e inorgánicas, se denominan usualmente "no-Pol" o no-sacarosa los cuales porcentualmente resultan de la diferencia entre el Brix y el Pol (Torres, 1990).

En términos generales, la composición química de la caña de azúcar es la resultante de la integración e interacción de varios factores que intervienen en forma directa e indirecta sobre sus contenidos, variando los mismos entre lotes, localidades, regiones, condiciones climáticas, variedades, edad de la caña, estado de madurez de la plantación, grado de despunte del tallo, manejo incorporado, períodos de tiempo evaluados, características fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, grado de humedad (ambiente y suelo), fertilización aplicada y otros.

La sacarosa es un disacárido producido por la condensación de la glucosa y la fructosa y tiene la fórmula empírica  $C_{12}H_{22}O_{11}$  (peso molecular 342,30 g/mol). Se ha determinado que su estructura y configuración estereoquímica es la de  $\alpha$ -D-Glucopiranosil,  $\beta$ -D-fructofuranósido, cuya molécula se muestra en la Figura 2.

La sacarosa cristaliza en solución acuosa como compuesto anhídrido, en forma de prismas transparentes del sistema monocíclico que tienen una densidad de 1,5879 a

15°C y muestran actividad óptica a lo largo de dos de sus tres ejes. La sacarosa pura funde a 188°C. En solución este azúcar es dextrógiro con una rotación específica de  $D_{20}+66.53^\circ$  a una concentración de 26 gramos en 100 mililitros de agua. La sacarosa es el azúcar de uso doméstico e industrial y es el más común en el reino vegetal. La sacarosa se encuentra en todas las partes de la planta de la caña de azúcar donde se almacenan en las vacuolas de la célula, siendo más abundante en el tallo y menos abundante en las regiones que se encuentran en crecimiento activo, especialmente en las porciones de las bandas del extremo del tallo y las hojas enrolladas (Jerez, 2008).

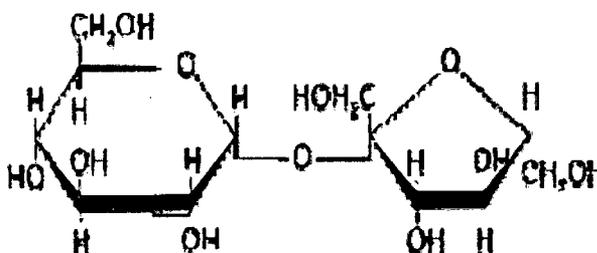


Figura 2. Estructura de la molécula de sacarosa (Murray, 1994).

Algunos azúcares tienen la propiedad de oxidarse en presencia de agentes oxidantes suaves como el ion  $Fe^{3+}$  o  $Cu^{2+}$ . Esta característica radica en la presencia de un grupo carbonilo libre, el cual es oxidado y genera un grupo carboxilo. Por lo tanto, aquellos azúcares con un grupo carbonilo libre son llamados azúcares reductores y aquellos en los que el grupo carbonilo se encuentra combinado en unión glucosídica se conocen como azúcares no reductores. Entre los azúcares reductores más comunes se encuentra la glucosa, fructosa, lactosa y maltosa que presentan un carbonilo libre en su estructura y pueden reducir, en determinadas condiciones, a las sales cúpricas (Jerez, 2008).

Los carbohidratos son una clase amplia de aldehídos y cetonas polihidroxiladas o sustancias que al hidrolizarse dan estos compuestos como productos y comúnmente se denominan azúcares. Los monosacáridos son carbohidratos que sólo contienen una unidad polidroxialdehído o polihidroxicetona. Los monosacáridos existen principalmente en forma cíclica, pero debido a que están en equilibrio con la forma de cadena abierta, el grupo carbonilo presente en ellos podrá dar positiva varias de las pruebas para el reconocimiento de aldehídos y cetonas. Así los carbohidratos pueden ser oxidados con facilidad para producir los ácidos carboxílicos correspondientes, por

ello, se denominan azúcares reductores porque el azúcar reduce al agente oxidante (DIECA-LAICA, 1999).

Las soluciones de glucosa (dextrosa) muestran el mismo fenómeno de mutarrotación que la fructuosa la rotación específica cambia cuando la solución queda en reposo por algún tiempo, siendo un monosacárido que tiene la fórmula empírica  $C_6H_{12}O_6$  (peso molecular 180,16 g/mol). Es una aldohexosa y su estructura recibe el nombre de D-glucopiranososa la forma más estable, porque al ciclarse forma un anillo de seis átomos uno de ellos de oxígeno. La glucosa anhidra forma cristales romboides que tienen un punto de fusión de  $146^\circ C$ , tienen una densidad de 1,544; una solución al 26% tiene una densidad de 1,10643. La glucosa presenta carbono asimétrico; tiene actividad óptica sobre el plano de luz polarizado. Es dextrógira: desvía  $52.3^\circ$  a la derecha y se enlazan en diferentes maneras para formar almidón, dextrana y celulosa (Jerez, 2008).

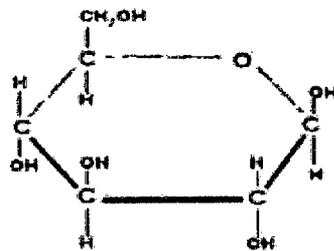


Figura 3. Estructura de la molécula glucosa (Murray, 1994).

La fructosa, llamada también azúcar de frutas, es más dulce que la sacarosa y la glucosa; de las tres es la menos abundante en la caña. A semejanza de la glucosa es más abundante en las partes en crecimiento de la planta y menos abundante en la parte inferior del tallo y las raíces. La fructosa disminuye con la maduración y puede ser imposible de detectar en algunas variedades de alta pureza en la madurez. La fórmula empírica de la fructosa es igual a la de la glucosa  $C_6H_{12}O_6$  (peso molecular 180,16g/mol) los cristales ortorrómbicos de la fructosa tiene una densidad de 1,598 y una solución al 26% en peso tiene una densidad de 1,1088. Su designación corriente de levulosa surgió de la actividad levógira de sus soluciones (desvía el plano de luz  $92^\circ$  a la izquierda). Al igual que la glucosa la fructosa es un azúcar reductor, pero posee un grupo cetona en lugar de aldehído con el oxígeno fijado en el carbono 2 en lugar de estar en el carbono 1 (Jerez, 2008).

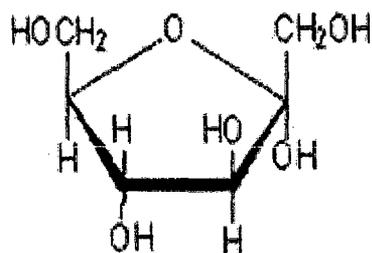


Figura 4. Estructura de la molécula fructosa (Murray, 1994).

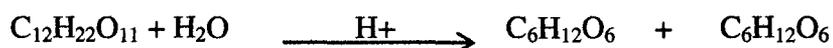
Tabla 1. Composición química promedio de tallos y jugos de la caña de azúcar

<b>Caña triturada</b>	<b>(%)</b>
Agua	73-76
Sólidos	24-27
Sólidos solubles	10-16
Fibra	11-16
<b>Componentes del jugo</b>	<b>sólidos solubles (%)</b>
Azúcares	75-92
Sacarosa	70-88
Glucosa	2-4
Fructosa	2-4
Sales	3,0-4,5
Ácidos inorgánicos	1,5-4,5
Ácidos orgánicos	1,0-3,0
Ácidos orgánicos	1,5-5,5
Ácidos carboxílicos	1,1-3,0
Aminoácidos	0,5-2,5
<b>Otros no- azúcares orgánicos</b>	
Proteínas	0,5-0,6
Almidón	0,001-0,050
Gomas	0,30-0,60
Ceras, grasas y fosfátidos	0,05-0,15
Otros	3,0-5,0

Fuente: Chaves Solera (2004).

### 1.3 Inversión de la Sacarosa

La sacarosa se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas a velocidades que aumentan notablemente según el aumento de la temperatura y disminución del pH, con liberación de los monosacáridos constituyentes de la sacarosa que se hidroliza con facilidad en soluciones ácidas de acuerdo la siguiente reacción:



A esta reacción hidrolítica se le llama inversión, ya que produce un cambio en la actividad óptica dextrógira propia de la sacarosa a una actividad neta levógira. La mezcla equimolar de glucosa y fructosa que se forma es conocida generalmente como azúcar invertido por extensión de la terminología que se aplica a la reacción de la hidrólisis (Jerez, 2008).

### 1.4 Quema programada de la caña

Una vez que la caña tiene la edad adecuada, se procede a su quema para facilitar la labor de cosecha, bajar los costos de producción, aumentar el rendimiento de la cantidad de caña cortada por hora, disminuir el peligro de animales ponzoñosos y disminuir las impurezas transportadas al ingenio. Al quemar la caña de azúcar se inducen efectos negativos sobre la misma: uno es la pérdida de peso por evaporación del agua y otro es una baja en el contenido de azúcar por inversión de la sacarosa en dextrosa y levulosa; estos efectos se inician desde que se quema y aumentan progresivamente a medida que transcurre el tiempo de acuerdo a la variedad, clima y tratamiento que reciba la caña hasta que se muele. Durante las primeras 24 horas el deterioro es difícil de medir en términos económicos, pero de aquí en adelante se comienza a apreciar hasta llegar a pérdidas definitivas, tanto para el cañicultor como para el ingenio (Arnal, 1980). Con la caña mal quemada llega más fibra a los molinos, disminuyéndose tanto la extracción como la capacidad de molienda. En promedio se pierden diariamente 3,18% de peso y 0,32 kg de azúcar por tonelada de caña por hora, que pueden variar de acuerdo a las condiciones particulares del lugar (Fajardo, 1996).

En una quema, ocurre inicialmente la destrucción de las barreras físicas de protección con que cuenta la planta: capa cerosa y pared celular, lo que permite el escape de los jugos, es decir, exudación, en donde se forman gotitas de miel o cristales en los tallos, que con el manejo del alce adhieren tierra y basura, o lo que se llama fibra mineral, dañina para los molinos. Las altas temperaturas (120 - 400°C en la base de la planta, 400 - 900°C en la parte media y más de 1000°C en la parte alta), provocan un daño fisiológico que como consecuencia trae la degradación de la sacarosa, principalmente por hidrólisis y la inversión a otros azúcares no cristalizables (Compañía Azucarera Salvadoreña S.A., 2001).

En el valle del río Cauca, Colombia, se ha encontrado que cuando la caña se quema e inmediatamente se corta, el Brix aumenta entre 10% y 16% en las primeras 48 horas, en relación con la caña que se corta sin quemar, esta diferencia se debe a la pérdida de humedad en los tallos de la primera. De la misma forma, cuando se quema y se deja en “pie”, se presenta un descenso continuo en el Brix y en el Pol, debido al deterioro y a la mayor dilución de los metabolitos por la absorción de agua a través del sistema radicular de la planta; los resultados muestran una pérdida diaria de 2,7% en sacarosa, siendo esta mayor después de 48 horas de realizada la cosecha (Larrohondo, 1983).

### **1.5 Corte o rozado de la caña de azúcar**

El corte de caña se realiza básicamente con mano de obra campesina que acude a los ingenios durante el tiempo de zafra. Luego esalzada por las llenadoras y colocada en los camiones que la transportan hacia la fábrica. Cuando la caña es cortada manualmente, existe un porcentaje de materia extraña presente en la misma, el cual no debe pasar de 5%. En condiciones ideales, este porcentaje alcanzaría valores menores de 1% (CENGICANA, 2000).

### **1.6 Postcosecha de la caña de azúcar**

Es el período transcurrido entre el momento en que un producto es recolectado cuando llega a su madurez fisiológica, hasta cuando es consumido en estado fresco, preparado o transformado industrialmente (Martínez *et al.*, 2003).

Es un periodo muy variable para cada producto, como consecuencia de factores intrínsecos (fisiología de la planta, edad, especie o variedad, contenido de agua, grado

de madurez, tamaño e integridad del producto) y extrínsecos (temperatura, humedad relativa, daños mecánicos, empaque, almacenamiento y tiempo de transporte) de cada producto (FAO, 2002).

Aceptando la realidad que el azúcar se produce en el campo pues la fábrica sólo la extrae, acontece que uno de los grandes problemas que padece esta agroindustria es el deterioro de su materia prima. La velocidad de descomposición es influenciada por la forma de cosecha, el medio de transporte utilizado, las condiciones ambientales, la variedad cultivada, la quema y el tiempo transcurrido entre corta (o quema) y molienda (DIECA-LAICA, 1999.)

Aunque el productor haya terminado las tareas del campo y se haya recogido la cosecha, su trabajo no está terminado. Al contrario, comienza entonces un periodo decisivo antes que pueda empezar a recuperar los frutos de su trabajo. En esta fase están implicados múltiples factores que de hecho se ponen en marcha con la misma cosecha (que también es una operación delicada y fatigosa, a la que están llamados a menudo numerosos jornaleros), y que siguen trabajando hasta el momento en el que el producto llega a la canasta del hogar. Una buena gestión postcosecha permite no sólo minimizar las pérdidas, sino también valorar mejor los productos agrícolas comercializados, transformando la materia prima agrícola (CD – INPHO, 2000).

En Colombia se pierde por las inadecuadas prácticas de postcosecha entre el 30 y 40% de los productos, situación que se presenta por la inadecuada cosecha de los productos, la falta de selección y clasificación de los productos, las condiciones inadecuadas de empaque, transporte y almacenamiento. Esta situación ocurre por el desconocimiento de las prácticas de precosecha y postcosecha que permitan que el producto permanezca vivo, conservando sus características propias por un mayor tiempo. Los productores mal que bien obtenemos un producto que desafortunadamente y por la falta de conocimiento de su manejo y del mercado, vemos limitadas las posibilidades de mejorar nuestro nivel de ingresos (Bohórquez, 2005).

### **1.7 Deterioro de la caña de azúcar**

Por lo general, el deterioro tiene lugar mediante procesos enzimáticos, químicos y microbianos. La enzima invertasa que se encuentra naturalmente en la caña, convierte

a la sacarosa en azúcares invertidos (glucosa y fructuosa). El deterioro químico incluye la inversión causada tanto por las condiciones ácidas, las cuales aumentan a medida que se deteriora la caña. El deterioro microbiano es causado principalmente por una bacteria del género *Leuconostoc*, estos organismos consumen sacarosa, produciendo largas cadenas de glucosa (dextrano) y fermentando la fructosa en ácidos orgánicos como productos secundarios. El intervalo entre el corte y la molienda es el período en el que los niveles de dextrano alcanzan sus valores más altos (hasta 700 ppm en 2 días). (CENGICAÑA, 2000).

En las fábricas de azúcar se presenta pérdidas que son definidas dependiendo del esquema de operación, realizando balance que incluyen la cuantificación de la sacarosa según las características fisicoquímicas de los jugos y productos intermedios del proceso. Teniendo en cuenta la sacarosa que ingresa en la caña, la sacarosa presente en el bagazo, en la melaza final, en los efluentes y el azúcar final obtenido, estos balances muestran un porcentaje de azúcar que se pierde en el proceso y que se conoce como “perdidas indeterminadas” (Broadfoot, 2001).

## **1.8 Objetivos**

### **1.8.1 Objetivo general**

Determinar la Influencia del tiempo postcosecha sobre el incremento de azúcares reductores de cinco variedades de caña de azúcar (*saccharum officinarum L.*) de la empresa Agro Pucalá. S.A.A

### **1.8.2 Objetivos específicos**

1. Hacer un seguimiento al contenido de azúcares reductores de cada variedad de caña de azúcar, antes y después de la cosecha.
2. Realizar la evaluación fisicoquímico del jugo de cada variedad de caña de azúcar en transcurso de los días: pH, °Brix, IM, °Pol y pureza.
3. Determinar el tiempo postcosecha adecuado para reducir el incremento de azúcares reductores en las cinco variedades de caña de azúcar.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación fue desarrollada en los laboratorios del área de fábrica de la Empresa Azucarera Agro Pucalá S.A.A., localizada en Av. Pioneros de Roschdale s/n Pucalá, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. La colecta de muestras de caña de azúcar se realizó en los campos de cultivo de dicha empresa en los distritos de Pucalá y Pátapo.

### 2.1 Material biológico

Para la presente investigación se empleó jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), ha partir de muestras de caña de los campos de cultivo de la Empresa Azucarera Agro Pucalá S.A.A. Antes y después de quemar cada campo de caña de azúcar se tomaron como muestras 40 cañas, las que se llevaron al laboratorio, de las cuales se tomó cinco cañas para cada día de evaluación. El jugo (extracto) de caña sin quemar se obtuvo mediante un desfibrador, en cambio para caña quemada fue mediante la extracción por un trapiche de bronce del área de análisis de maduración. También se empleó jugo proveniente del primer molino del trapiche de fábrica de dicha empresa, molida en los meses de abril y mayo (zafra 2013).

### 2.2 Procedimiento experimental

Se evaluó durante ocho días seguidos las propiedades fisicoquímicas del jugo de caña, sin quemar y quemada. El primer día se analizó la caña antes de ser quemada y los siete días restantes después de ser quemada; esta secuencia se repitió con las cinco variedades de caña de azúcar en doce campos. Se empleó fibra de caña obtenida del digestor para el análisis del primer día y jugo extraído del trapiche del área de análisis de maduración y del primer molino de trapiche de fábrica para los siete días restantes. Las muestras de caña de azúcar que llegan al ingenio por variedades y campos, fueron puestas a temperatura ambiente a un promedio de 27,80°C/día, durante los meses de abril y mayo. Se realizó el análisis físico (total de cañas, total de entrenudos, número de cañas picadas, % infestación, % intensidad, número de entrenudos picados), y el análisis químico antes y después de la quema (Azúcares reductores, °Brix, °Pol, pureza, pH, e índice de madurez). Los resultados se expresaron en porcentaje.

### 2.2.1 Método digestor para el análisis de maduración de caña antes de la quema

El método analítico “digestor” es aplicado para el análisis de maduración consiste en desfibrar la caña y obtener un material compacto denominado muestra, que fue sometida aun proceso de **digestión mediante la extracción mecánica** con agua en una licuadora, el extracto obtenido es un material diluido que se utilizó para evaluar las características fisicoquímicas de la caña.

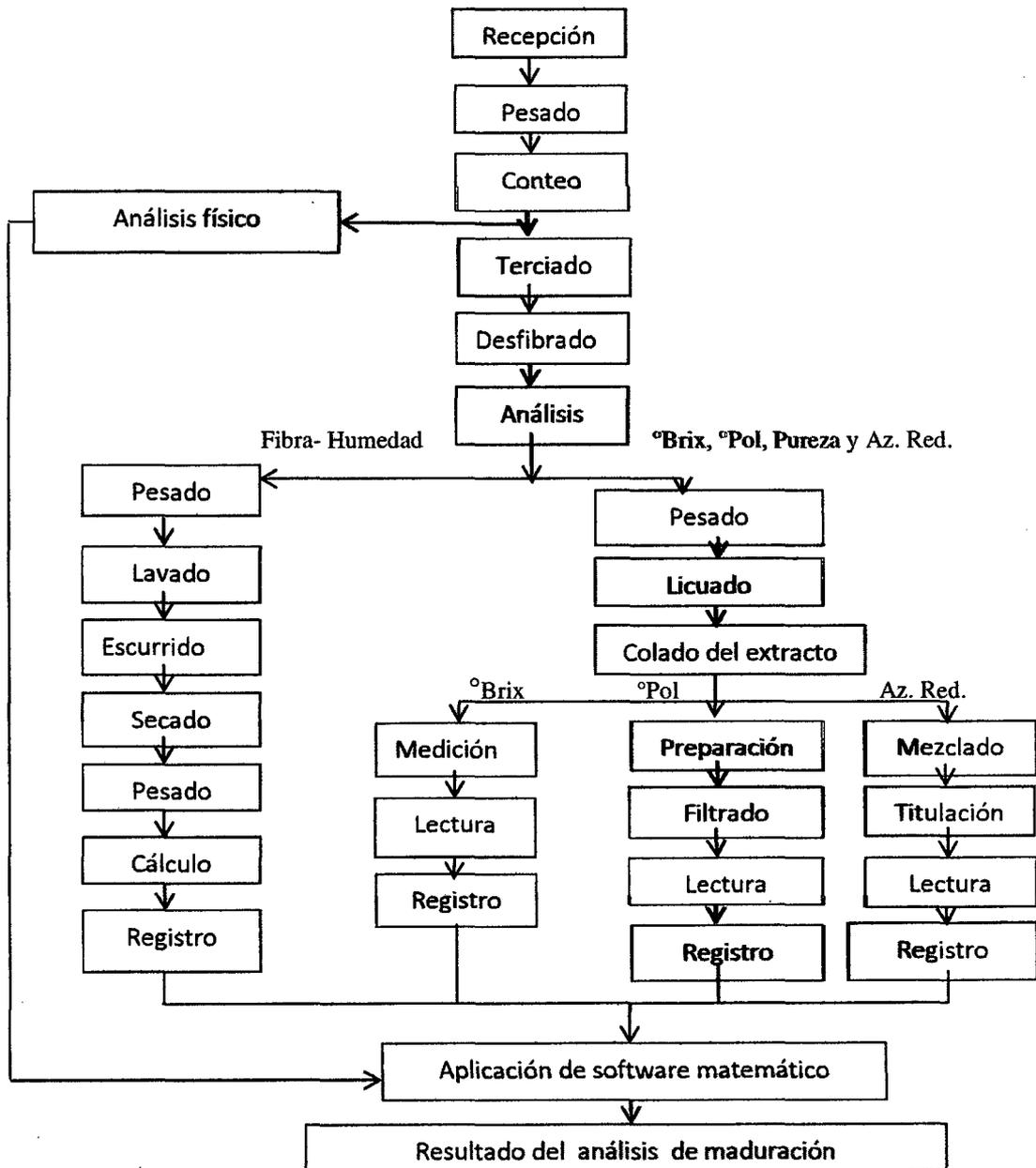


Figura 5. Diagrama de bloques para análisis fisicoquímico de caña de azúcar sin quema.

### **2.2.1.1 Análisis fisicoquímico de caña sin quemar**

#### **Recepción**

Las muestras llegadas del campo se recibieron en el área de maduración de caña ubicada en la fábrica.

#### **Pesado**

Las muestras de caña fueron pesadas con una romana, y los tallos, fueron medidos con una regla graduada de 3m.

#### **Conteo**

Se realizó un conteo del número de entrenudos de los tallos sanos y de entrenudos afectados por plagas (picados).

#### **Cálculo**

Se realizó el cálculo con los resultados del análisis físico de muestras de caña.

#### **Terciado**

Los tallos fueron cortados con un machete en sus tres tercios: apical, media y basal.

#### **Desfibrado**

Los tercios cortados fueron separados y pasados por la desfibradora industrial para obtener el material para análisis de Azúcares reductores °Brix, °Pol, Pureza, pH, e índice de madurez.

Se pesó por separado en bandejas de acero inoxidable, 250 g de muestra de fibra apical, media y basal; y se añadió 1000 mL de agua a cada una.

#### **Licudo**

Las muestras fueron licuadas durante 15 minutos en una licuadora industrial.

#### **Colado**

Se procedió a colar el extracto en una jarra de 1000 mL.

#### **a) Análisis de °Brix**

Se midió en una probeta metálica 250 mL de extracto, se dejó reposar por espacio de dos minutos y se le introdujo el hidrómetro de escala de 0-10°. El valor de °Brix del extracto leído del hidrómetro se registró junto a su temperatura, que se utilizó para el cálculo corregido de °Brix con el software.

#### **b) Análisis de °Pol**

Se midió por separado con una probeta de vidrio, 100 mL del extracto del tercio apical, media y basal, que se depositó en tres vasos a los que se agregó 0,5 g de sub acetato de plomo y se los agitó. Luego se filtró el extracto con papel filtro. El filtrado se vació en el tubo polarimétrico de 200 mm. Una vez leída la muestra en el sacarímetro se registró el valor de °Pol de cada extracto, ese valor se utilizó para el cálculo corregido de °Pol del jugo con el software.

#### **c) Determinación de la pureza del jugo**

La pureza de las muestras evaluadas fue la razón del % Sacarosa aparente (°Pol corregida) entre el % sólidos (°brix corregido) por cien.

Se expresó el resultado como porcentaje (%) de pureza del jugo

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{°Pol corregida}}{\text{°Brix corregida}} \times 100$$

#### **d) Análisis de azúcares reductores**

Los carbohidratos cuyas moléculas contienen un grupo carbonilo libre se denominan reductores. Se utilizó la metodología de Lane & Eynon para determinar la cantidad de azúcares reductores.

El método se basa en que los azúcares que tienen carácter reductor, reducen las sales de cobre a óxido cuproso (Cu<sub>2</sub>O) en solución alcalina (Chen.; 1991).



Se midió con una probeta de vidrio, 100 mL de cada extracto (tercio apical, media y basal) que se depositaron en un vaso para homogenizarlos. Con esta mezcla se llenó una bureta 50 mL. En un matraz Erlenmeyer se colocó 5 mL de Felhing “A” y 5 mL de Felhing “B”, se agitó y en seguida se le adicionó 20 mL de extracto de la bureta. Se calentó hasta ebullición por dos minutos y se le añadió tres gotas de azul de metileno. Luego se tituló rápidamente dejando caer gota a gota el extracto de la bureta hasta notar el cambio de coloración de azul a un rojo ladrillo o marrón oscuro. Se leyó en la bureta el gasto en mL del extracto y se calculó el % de azúcares reductores en el jugo mediante la tabla de Lane & Eynon de azúcares reductores. Se registró el valor que indicaba la tabla para la aplicación del software matemático, el cálculo del análisis de maduración fue teniendo los valores °Brix/temperatura, °Pol, azúcares reductores de la mezcla de los tercios apical, medio y basal y el % de fibra con el software diseñado para tal fin.

#### e) Determinación de pH del jugo

Se determinó con un pH-metro (Schött), que midió el potencial de hidrógeno del extracto de las diferentes muestras de las variedades de caña de azúcar, cuya lectura se registró.

#### f) Determinación del índice de madurez

$$\% \text{ Índice de madurez (IM)} = \frac{\text{brix del tercio apical}}{\text{brix del tercio basal}}$$

### 2.2.2 Método directo de extracción para la caña quemada

El método directo de extracción para el análisis de jugos consiste en obtener el jugo de caña mediante la extracción en el trapiche de bronce del área de análisis de maduración y del molino 1 del trapiche de fábrica.

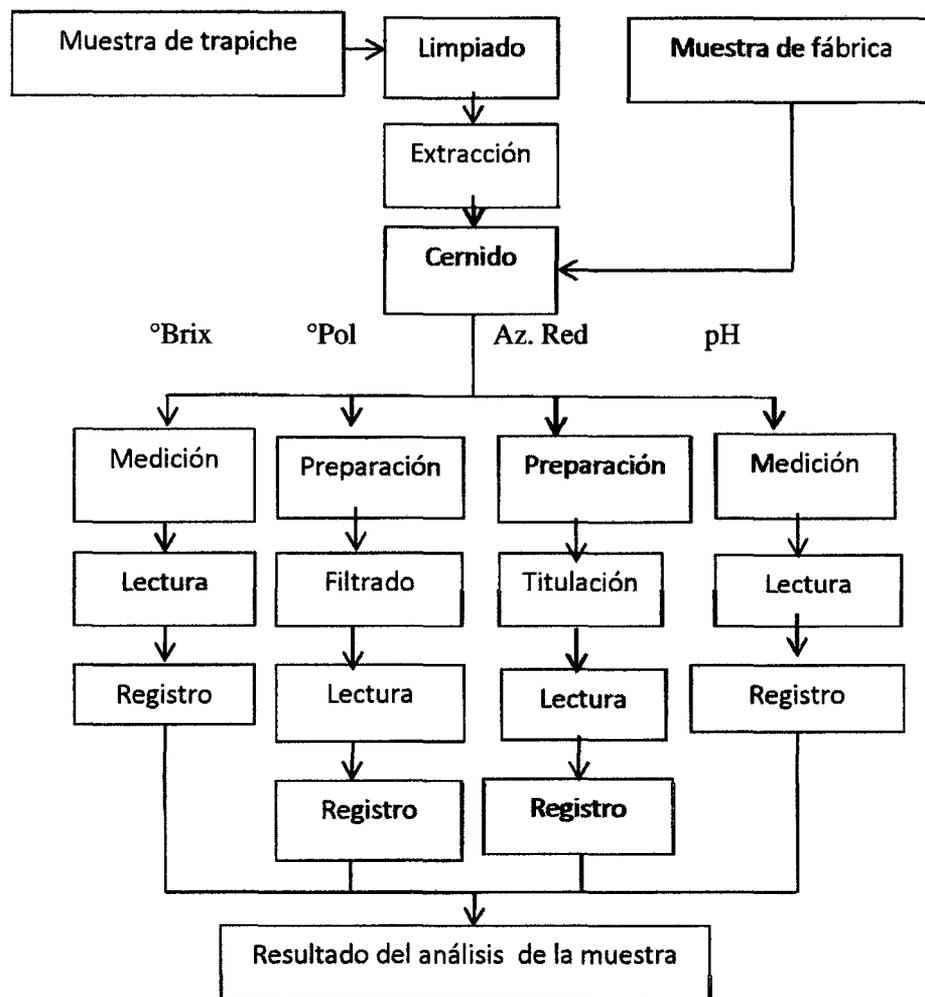


Figura 6. Diagrama de bloques para análisis fisicoquímico de caña de azúcar quemada.

### 2.2.2.1 Análisis fisicoquímico de la caña quemada

Se seleccionó cinco cañas enteras de cada variedad y de cada campo, para cada día de evaluación; se limpiaron con un machete y el jugo se obtuvo por extracción en el trapiche del área de análisis de maduración, el que se recogió en un balde el jugo de caña. Del molino 1 del trapiche de fábrica se recogió en un tarro de acero inoxidable el jugo de la caña del campo que se estaba evaluando en el día que llegaba al ingenio para su molienda. Las muestras de jugo se pasaron por un cedazo para eliminar impurezas. Se empleó 500 mL de jugo para determinar °Brix y pH, 300 mL para determinar °Pol, 100 mL para determinar azúcares reductores. Los análisis se hicieron con el apoyo de los

jefes de laboratorio de turno, con los métodos establecidos en el laboratorio de la empresa Agro Pucalá S.A.A., (Anónimo, 2008).

#### **a) Determinación de °Brix en jugo**

Las muestras procedentes del trapiche de análisis de maduración como de fábrica (molino 1) se dejaron a temperatura ambiente. La muestra se filtró con un cedazo para eliminar el bagacillo, descartando los primeros 25 mL de filtrado. El filtrado se depositó en una probeta de acero inoxidable de 250 mL donde se colocó el hidrómetro de escala de 0 - 30° que se dejó reposar 5 minutos para que se estabilice y eliminen las burbujas. Si las burbujas persistían se agregó 2 o 3 gotas de alcohol etílico. Se registró la lectura del hidrómetro y de la temperatura de la muestra para la corrección del °Brix según la tabla de factor de corrección a diferentes temperaturas para Sustancias Reductoras en Jugos y Jarabe de Lane & Eynon, del Laboratorio de Fábrica. Se expresó el resultado como porcentaje (%) de °Brix.

$$\% \text{ °Brix corregido} = \text{°Brix Observado} + \text{factor de temperatura}$$

#### **b) Determinación de °Pol en jugo**

La polarimetría es un método de análisis ampliamente utilizado que relaciona la propiedad óptica en la que el plano de un rayo de luz linealmente polarizado rota durante su transmisión, a través de un medio transparente homogéneo que contiene una especie ópticamente activa. La luz corriente, tal como la luz solar o cualquier luz procedente de una fuente de radiación, está formada por ondas electromagnéticas que oscilan en una cantidad infinita en todas las direcciones que forman ángulo recto con la dirección de propagación del rayo de luz. Sin embargo, cuando un haz de luz pasa por un dispositivo óptico llamado polarizador sólo atraviesan las ondas luminosas que vibran en un solo plano. Cuando esto ocurre se dice que la luz está polarizada o más específicamente polarizada en un plano, y el plano que vibra se llama el plano de polarización. Un polarímetro únicamente para azúcar se denomina sacarímetro por virtud de su principio de operación y deberá usarse únicamente con soluciones de sacarosa. Las

condiciones para la aplicación de la polarimetría de azúcar están fijadas por la Escala de Azúcar Internacional, donde el punto 100 de la escala está definido por la rotación de la luz polarizada de una longitud de onda de 543,23nm, a través de una solución normal de azúcar (26 g de sacarosa pura pesada bajo condiciones atmosféricas normales y disuelta en un volumen de 100cm<sup>3</sup> con agua destilada, a 20°C) en un tubo de 200 mm. (Alvarado, 2008).

La muestra procedente del trapiche de análisis de maduración y de fábrica (molino 1), se dejó a temperatura ambiente. De cada muestra de jugo se midió 100 mL, se le agregó 0,5 y 1,0 g respectivamente de sub acetato de plomo, se agitó para homogenizar toda la muestra para una buena clarificación. Se filtró descartando los primeros 25 mL de filtrado. Con la muestra filtrada se llenó el tubo polarimétrico de 200 mm y se colocó en el sacarímetro. Se registró el valor que indicaba en la escala del equipo. Se expresó el resultado como porcentaje (%) de °Pol (sacarosa aparente).

$$\% \text{ °Pol corregida} = \frac{26 \cdot \text{lectura °pol del sacarímetro}}{\text{factor brix de corrección}} \times 100$$

#### c) Determinación de la pureza en jugo

Se cálculo el % de sacarosa aparente (°Pol corregida) y el % solidos (°Brix corregido) de las muestras en evaluación, de acuerdo al análisis de laboratorio de fábrica. La pureza de las muestras evaluadas fue la razón del % Sacarosa aparente (°Pol corregida) entre el % °Brix corregido, por cien. Se expresó el resultado como porcentaje (%) de pureza del jugo

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{°Pol corregida}}{\text{°Brix corregida}} \times 100$$

#### g) Determinación de azúcares reductores por el método de Lane & Eynon

Se llenó la bureta de 50 mL con el jugo de caña filtrado, en un matraz Erlenmeyer de 250 mL se depositó 5 mL de Fehling "A" y 5 mL de Fehling "B", enseguida se adicionó 2 mL de jugo de la bureta, se agitó para homogenizar la mezcla, luego se calentó hasta ebullición por dos minutos.

Se agregó al matraz 3 gotas de azul de metileno al 1% (p/v) (indicador) el cual dio un color azul intenso. A continuación se dejó caer de la bureta el jugo filtrado en goteo rápido manteniendo la ebullición. Se finalizó la titulación cuando el reactivo de Fehling cambió de color azul a un precipitado rojo ladrillo o marrón oscuro, anotándose el volumen de jugo gastado de la bureta (en mL) en la titulación. Se determinó el % de azúcares reductores con la tabla de jugos de Lane & Eynon con el volumen gastado en la titulación. Procedimiento directo de muestreo y análisis de jugos de la fábrica Agro Pucalá S.A.A. Se expresó el resultado como porcentaje (%) de azúcares reductores.

$$\% \text{ Azúcares reductores} = \frac{4.67}{\text{Gasto(titulación)}}$$

#### **h) Determinación de pH del jugo**

Cada muestra se colocó en una jarra de 250 mL en la que se introdujo el bulbo del pH-metro (Schött), que midió el potencial de hidrógeno de las diferentes muestras de jugos de las variedades de caña de azúcar. Se registró la lectura del pH-metro.

#### **i) Determinación del índice de madurez**

Se expresó el resultado como porcentaje (%) de índice de madurez

$$\% \text{ Índice de madurez (IM)} = \frac{^{\circ} \text{Brix}}{\text{acidez}}$$

### **2.3 Análisis de datos**

#### **2.3.1 Parámetros de inversión del jugo de caña de azúcar**

Para la presente investigación se empleó un diseño factorial (5A\*8B) con un DBCA con 3 repeticiones, ANOVA, prueba de comparaciones de medias, teniendo en cuenta los siguientes indicadores para medir las variables respuestas.

**Factor A:** Se utilizó cinco variedades de caña de azúcar.

**A1:**PCG12-745

**A2:**CH37-1933

**A3:**CH32-8560

**A4:**RB72-454

**A5:**H57-5171

**Factor B:** Es el tiempo en días (horas) transcurrido desde la recolección de la muestra hasta la evaluación del jugo de caña de azúcar.

**B1:**0(0horas)

**B2:**1(18horas)

**B3:**2(42horas)

**B4:**3(66horas)

**B5:**4(90horas)

**B6:**5(114horas)

**B7:**7(138horas)

**B8:**8(162horas)

### **2.3.2 Modelo aditivo lineal para la evaluación de propiedades fisicoquímicas**

$$Y_{ijk} : \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, \dots, p$$

$$j = 1, \dots, q$$

$$k = 1, \dots, r$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$  : influencia del tiempo postcosecha sobre el jugo de caña de azúcar obtenida con la i-ésima variedad, j-ésimo día (horas) en la k-ésima repetición.

$\mu$  : influencia de la media general

$A_i$  : influencia de la i-ésima variedad sobre el jugo de caña de azúcar.

$B_j$  : influencia del j-ésimo día (horas) sobre el jugo de caña de azúcar

$(AB)_{ij}$  : influencia de la interacción de la i-ésima variedad y la j-ésimo día (horas) sobre el jugo de caña de azúcar

$\varepsilon_{ijk}$  : influencia del error experimental en la i-ésima variedad, j-ésimo día (horas) sobre el jugo de caña de azúcar

### **2.3.3 Análisis de varianza (ANOVA)**

#### **Comparación de medias**

Las comparaciones de medias se realizaron mediante la prueba de Tukey, debido a que se utilizó comparaciones múltiples.

Nivel de significancia ( $\alpha$ ) : 5 %

Nivel de confianza ( $1-\alpha$ ) : 95 %

### **2.3.4 Software utilizado**

Para las corridas experimentales se usó el software estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II

### III. RESULTADOS

Las Figuras 7 a la 32 muestran la influencia del tiempo postcosecha sobre las propiedades fisicoquímicas de las 5 variedades del jugo de caña de azúcar. Las muestras fueron evaluadas entre abril y mayo (zafra 2013).

#### 3.1 Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-745

##### 3.1.1 Azúcares reductores e índices de madurez

En la Figura 7 se muestra las pruebas de múltiples rangos para azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha, entre las 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de azúcares reductores y de manera similar ocurre con el índice de madurez, conforme avanza el tiempo postcosecha, con un nivel del 95,0% de confianza, el tiempo máximo de tolerancia fue de 100 horas para moler la caña, porque los azúcares reductores deben estar en el rango de 0,40% a 0,80%, si supera este último valor (Figura 7), la caña tendrá menos sacarosa, resultados que coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en la fábrica. Los azúcares reductores se incrementan en función al tiempo postcosecha, por inversión de la sacarosa por hidrólisis (Anexo 9.1).

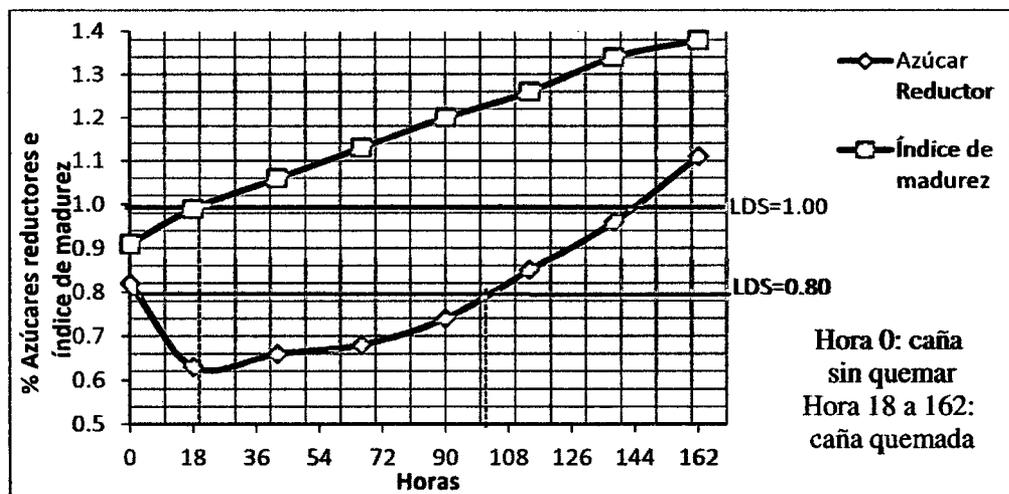


Figura 7. Azúcares reductores e índice de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-745.

### 3.1.2 pH

En la Figura 8 se muestra el análisis de varianza de media para pH respecto al tiempo postcosecha, con intervalos de confianza del 95,0% LDS. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las 0 y 162 horas, debido que el pH disminuye lentamente sin llegar a ser menor de 5,0 (Anexo 9.2).

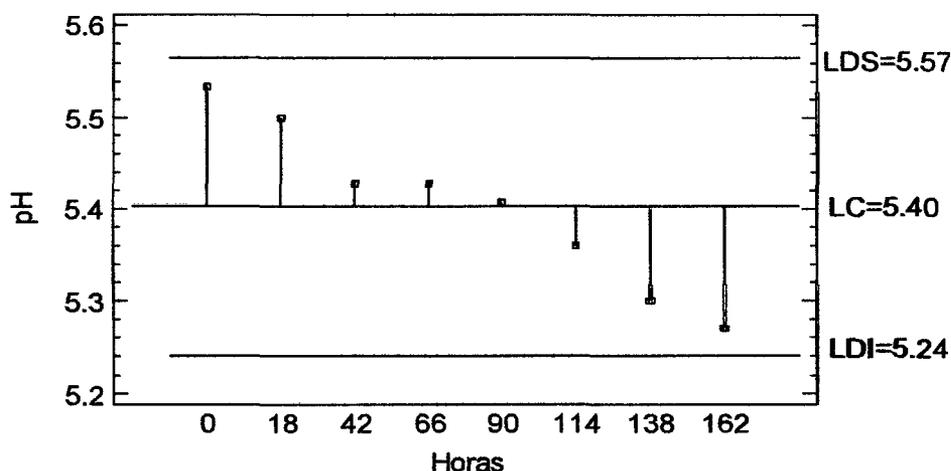


Figura 8. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-745.

### 3.1.3 °Brix y °Pol

En la Figura 9 se muestra las pruebas de múltiples rangos para °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix; sin embargo, si existe entre la media de °Pol, entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima, para moler la caña de 114 horas en función a °Brix porque su valor no debe ser menor de 18,00% y la tendencia de esta propiedad debe ser de mantenerse, si su valor se incrementa o disminuye será un indicador que la sacarosa se está invirtiendo. Con respecto a °Pol, la tolerancia fue de 120 horas, por que el °Pol no debe ser menor de 14,80% como mínimo, resultados que coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica. Se mantiene la tendencia que °Brix debe mantenerse constante y °Pol debe disminuir (Anexo 9.3).

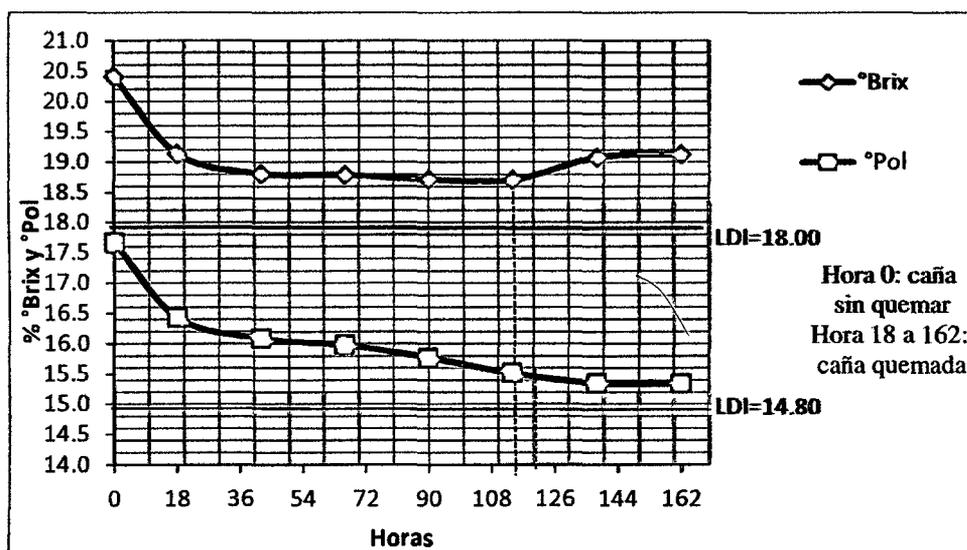


Figura 9. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-745.

### 3.1.4 Pureza

En la Figura 10 se muestra las pruebas de múltiples rangos para Pureza en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Pureza entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima de 114 horas, para moler la caña porque la Pureza no debe ser menor de 82,00%, su tendencia debe ser de mantenerse, resultados que coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica. Si su valor disminuye, será un indicador que la sacarosa se está invirtiendo debido al incremento de los azúcares reductores (Anexo 9.4).

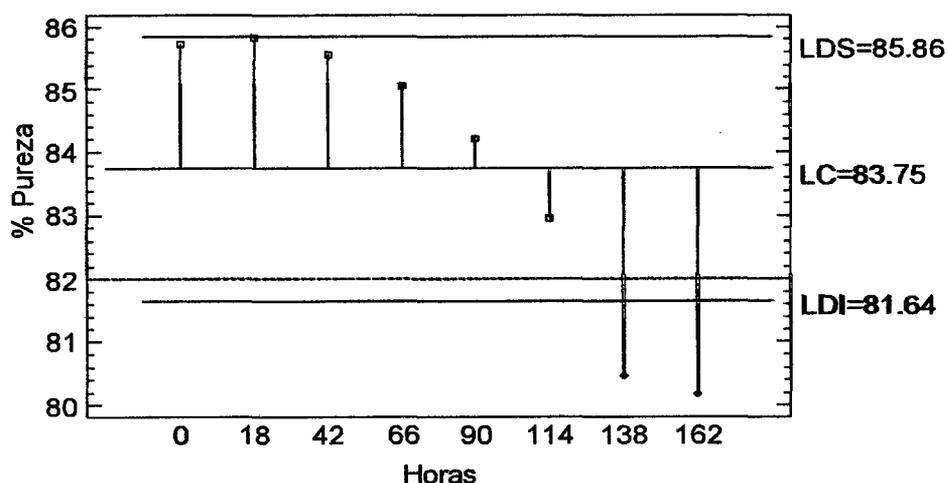


Figura 10. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad PCG12-745.

### 3.2 Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560

#### 3.2.1 Azúcares reductores e índices de madurez

En la Figura 11 se muestra las pruebas de múltiples rangos para azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha, de 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de azúcares reductores, de manera similar con el índice de madurez conforme avanza el tiempo postcosecha, con un nivel del 95,0% de confianza. El tiempo máximo de tolerancia fue de 55 horas para moler la caña, porque los azúcares reductores deben estar en el rango de 0,40% a 0,80%, si supera este valor (Figura 11) la caña tendrá menos sacarosa, resultados que coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica debido a la inversión de la sacarosa por hidrólisis (Anexo 9.5).

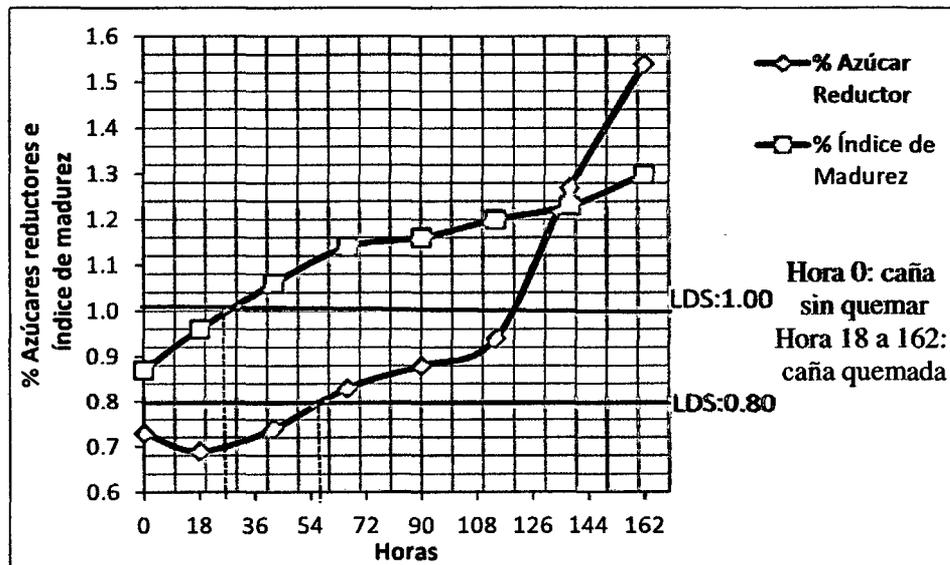


Figura 11. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560.

#### 3.2.2 pH

En la Figura 12 se muestra el análisis de varianza de media de pH en función al tiempo postcosecha, con intervalos de confianza del 95,0% LDS. No existe una

diferencia estadísticamente significativa entre las 0 y 162 horas, debido que el pH disminuye lentamente sin llegar a ser menor de 5,00 (Anexo 9.6).

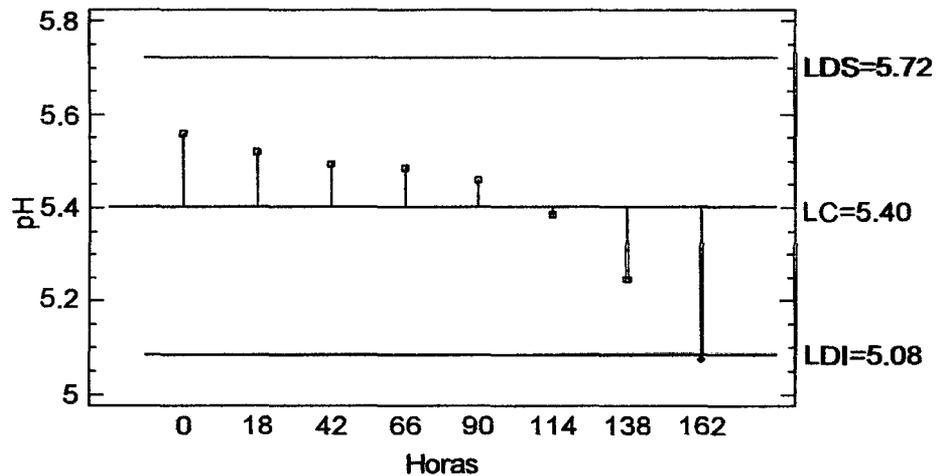


Figura 12. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560.

### 3.2.3 °Brix y °Pol

En la Figura 13 se muestra las pruebas de múltiples rangos para °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix, como también entre la media de °Pol, entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima para moler la caña de 70 horas en función a °Brix, porque su valor no debe ser menor de 18,00% y la tendencia de esta propiedad debe ser de mantenerse, si su valor se incrementa o disminuye será un indicador que la sacarosa se esta invirtiendo. Con respecto a °Pol, la tolerancia fue de 65 horas por que el °Pol no debe ser menor de 14,80% como mínimo, resultados que coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica. Se mantiene la tendencia que °Brix debe mantenerse constante y °Pol debe disminuir (Anexo 9.7).

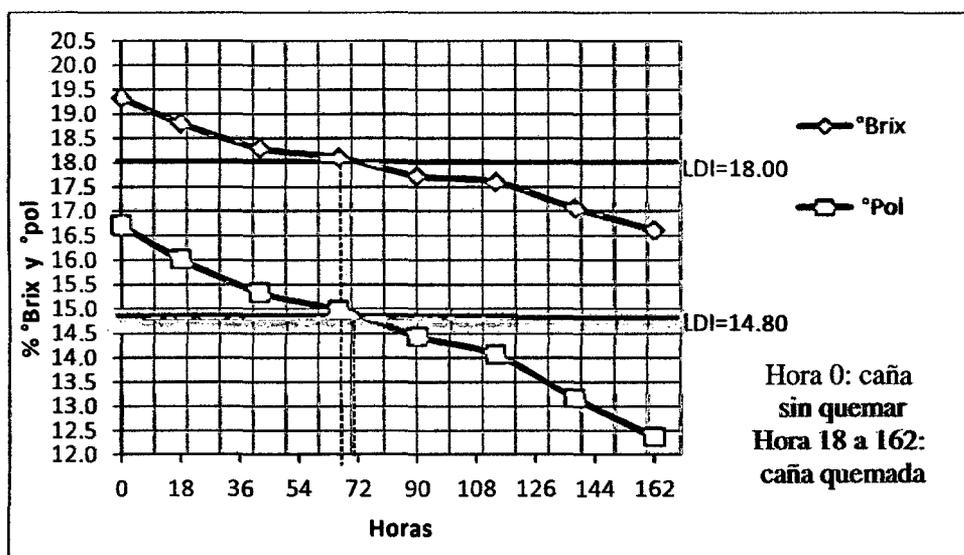


Figura 13. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560.

### 3.2.4 Pureza

En la Figura 14 se muestra las pruebas de múltiples rangos para Pureza en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Pureza entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima de 70 horas para moler la caña, porque la Pureza no debe ser menor de 82,00% y su tendencia debe ser de mantenerse, resultados que coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica. Si su valor disminuye será un indicador que la sacarosa se está invirtiendo debido al incremento de los azúcares reductores (Anexo 9.8).

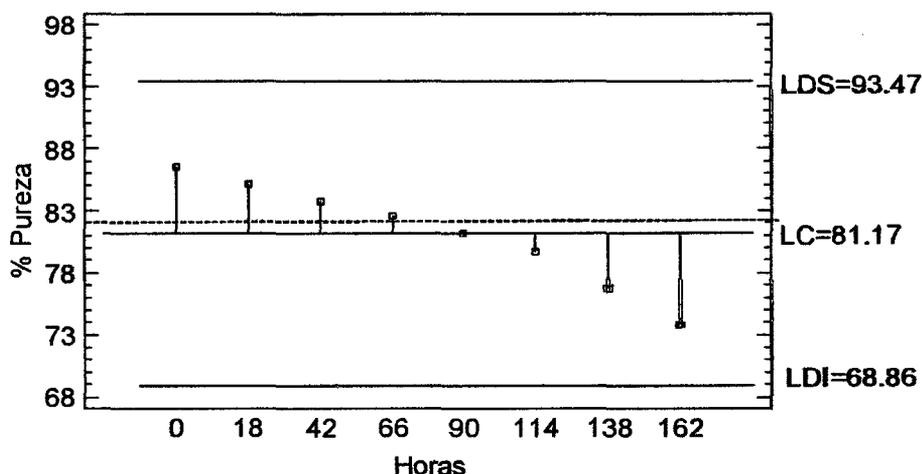


Figura 14. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad CH32-8560.

### 3.3 Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933.

#### 3.3.1 Azúcares reductores e índices de madurez

En la Figura 15 se muestra las pruebas de múltiples rangos para azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de azúcares reductores, asimismo en el índices de madurez entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, el tiempo máximo de tolerancia es 50 horas para moler la caña, porque los azúcares reductores deben estar en el rango de 0,40% a 0,80%, si supera este valor (Figura 15) la caña tendrá menos sacarosa, resultados que coisiden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en la fábrica debido a la inversión de la sacarosa por hidrólisis. Para el índice de madurez es de 30 horas debido a que el rango debe estar entre 0,85 a 1,00 % (Anexo 9.9).

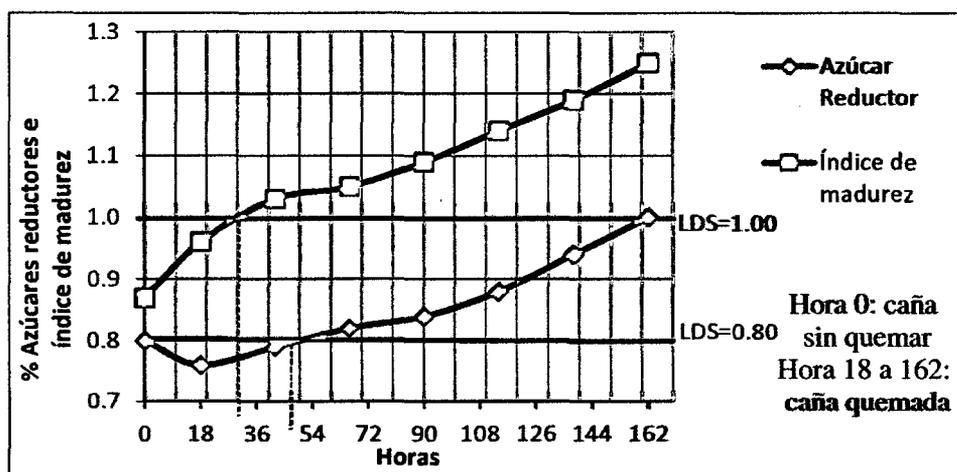


Figura 15. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933.

#### 3.3.2 pH

En la Figura 16 se muestra el análisis de varianza de media de pH en función al tiempo postcosecha, con intervalos de confianza del 95,0% LDS. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las 0 y 162 horas, debido que disminuye lentamente sin llegar a ser menor de 5,00 (Anexo 9.10).

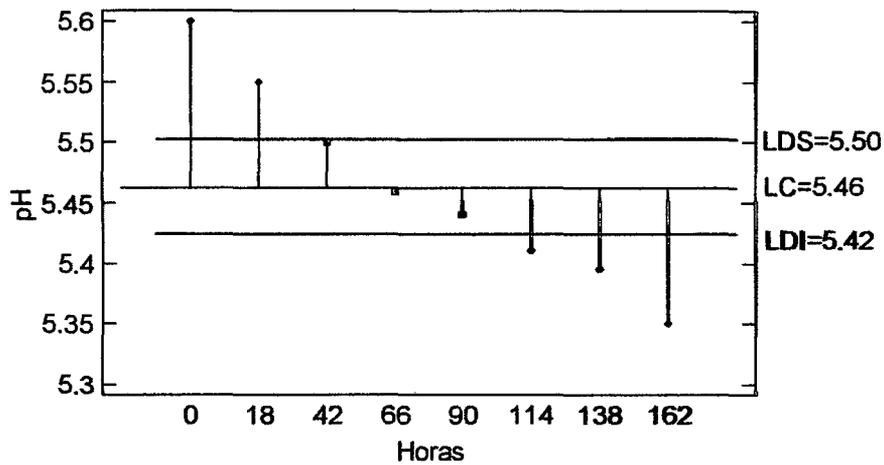


Figura 16. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933.

### 3.3.3 °Brix y °Pol

En la Figura 17 se muestra las pruebas de múltiples rangos para °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix, asimismo en el °Pol, entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima, para moler la caña de 90 horas en función a °Brix porque su valor no debe ser menor de 18,00% y la tendencia de esta propiedad debe ser de mantenerse si su valor se incrementa o disminuye será un indicador de que la sacarosa se esta invirtiendo, respecto a °Pol de 95 horas por que el °Pol no debe ser menor de 14,80% como mínimo, resultados que coisiden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en la fábrica (Anexo 9.11).

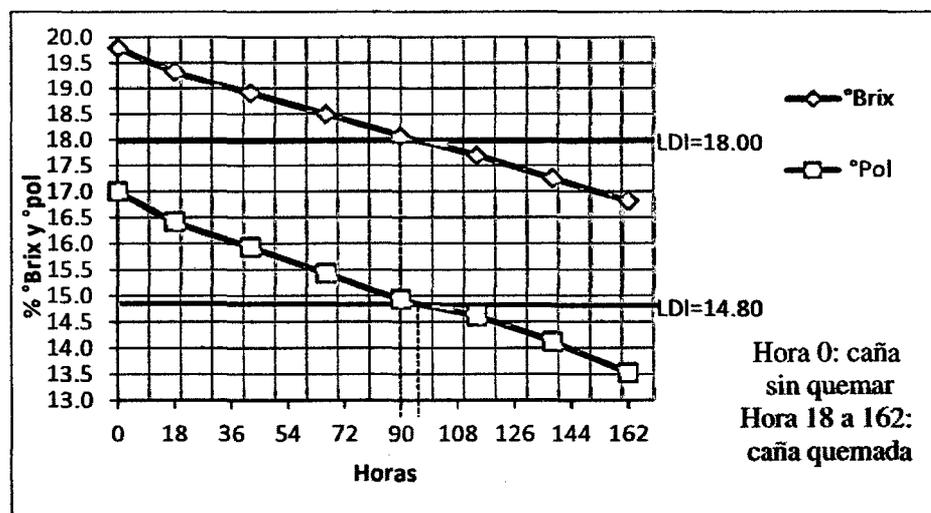


Figura 17. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933.

### 3.3.4 Pureza

En la Figura 18 se muestra las pruebas de múltiples rangos para Pureza en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Pureza entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima de 95 horas, para moler la caña porque la Pureza no debe ser menor de 82,00% su tendencia debe ser de mantenerse, resultados que coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica. Si su valor disminuye será un indicador que la sacarosa se está invirtiendo debido al incremento de los azúcares reductores (Anexo 9.12).

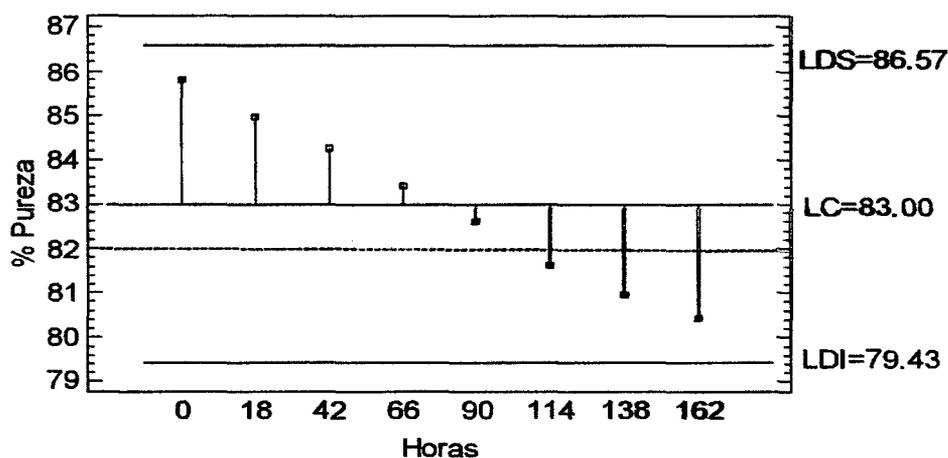


Figura 18. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad CH37-1933.

## 3.4 Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454.

### 3.4.1 Azúcares reductores e índices de madurez

En la Figura 19 se muestra las pruebas de múltiples rangos para azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de azúcares reductores, asimismo en el índices de madurez entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, el tiempo máximo de tolerancia es 95 horas para moler la caña, porque los azúcares reductores deben estar en el rango de 0,40% a 0,80%, si supera este valor (Figura 19) la caña tendrá menos sacarosa, debido a la inversión de la sacarosa por hidrólisis, resultados que

coisiden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en la fábrica, para el índice de madurez es de 65 horas debido a que el rango debe estar entre 0,85 a 1,00 % (Anexo 9.13).

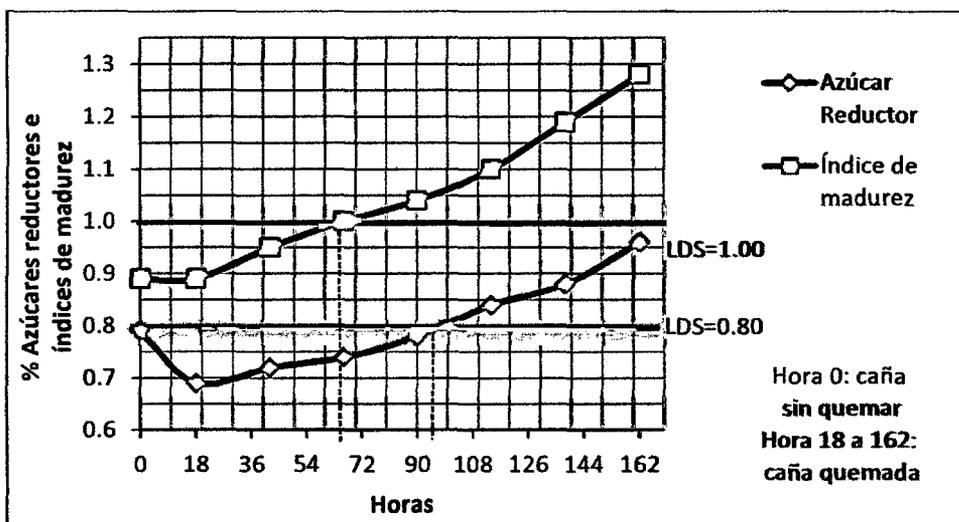


Figura 19. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454.

### 3.4.2 pH

En la Figura 20 se muestra el análisis de varianza de media de pH en función al tiempo postcosecha, con intervalos de confianza del 95,0% LDS. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las 0 y 162 horas, debido que disminuye lentamente sin llegar a ser menor de 5,00 (Anexo 9.14).

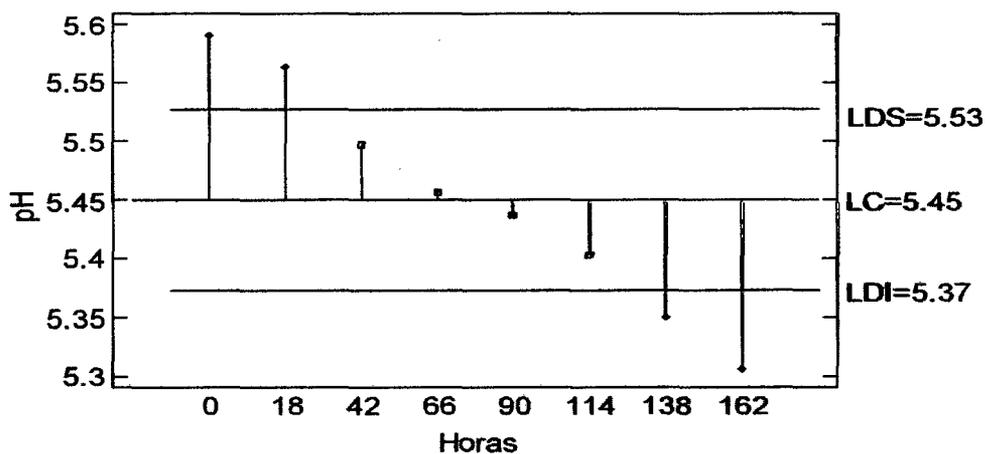


Figura 20. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454.

### 3.4.3 °Brix y °Pol

En la Figura 21 se muestra las pruebas de múltiples rangos para °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix, asimismo en el °Pol entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima, para moler la caña de 25 horas en función a °Brix porque su valor no debe ser menor de 18,00% y la tendencia de esta propiedad debe ser de mantenerse si su valor se incrementa o disminuye será un indicador de que la sacarosa se esta invirtiendo, respecto a °Pol de 45 horas por que los °Pol no debe ser menor de 14,80% como mínimo, resultados que coisiden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en la fábrica. Se mantiene la tendencia que °Brix debe mantenerse constante y °Pol debe disminuir (Anexo 9.15).

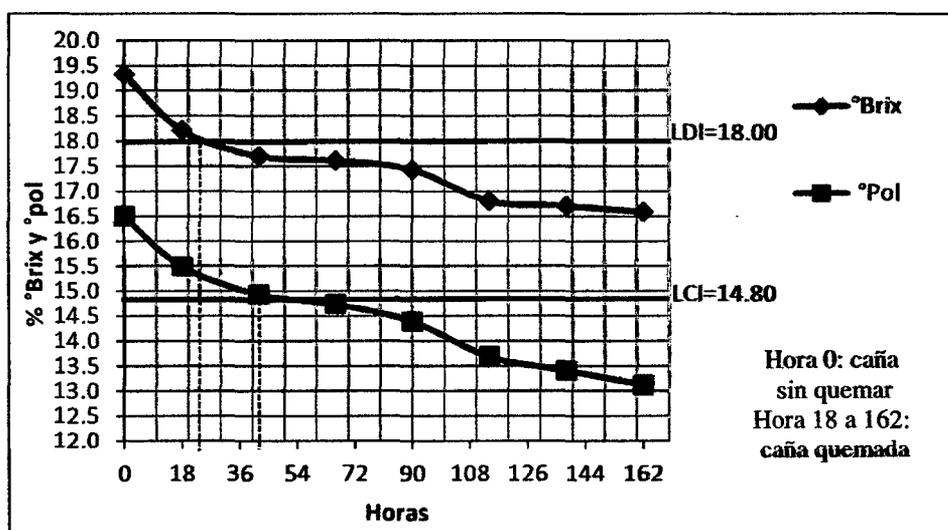


Figura 21. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454.

### 3.4.4 Pureza

En la Figura 22 se muestra las pruebas de múltiples rangos para Pureza en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Pureza entre un nivel de horas y otro con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima de 95 horas, para moler la caña porque la Pureza no debe ser menor de 82,00% su tendencia debe ser de mantenerse, resultados que no coisiden con los

análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica. Si su valor disminuye será un indicador que la sacarosa se está invirtiendo debido al incremento de los azúcares reductores (Anexo 9.16).

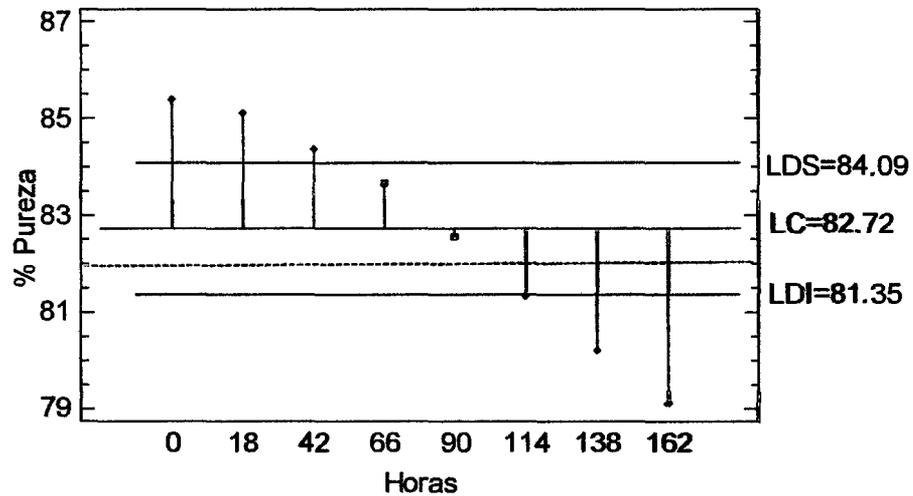


Figura 22. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad RB72-454.

### 3.5 Propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171.

#### 3.5.1 Azúcares reductores e índices de madurez

En la Figura 23 se muestra las pruebas de múltiples rangos para azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de azúcares reductores, sin embargo no existe entre la media de índice de madurez entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, el tiempo máximo de tolerancia es 45 horas para moler la caña, porque los azúcares reductores deben estar en el rango de 0,40% a 0,80%, resultados que no coinciden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en la fábrica. Si supera este valor (Figura 23) la caña tendrá menos sacarosa debido a la inversión por hidrólisis, para el índice de madurez es de 60 horas debido a que el rango debe estar entre 0,85% a 1,00 % (Anexo 9.17).

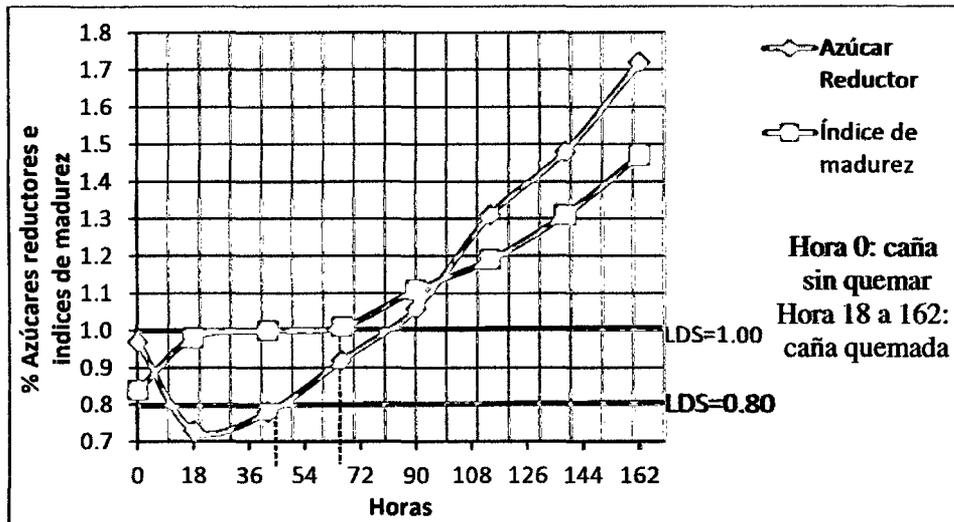


Figura 23. Azúcares reductores e índices de madurez en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171.

### 3.5.2 pH

En la Figura 24 se muestra el análisis de varianza de media de pH en función al tiempo postcosecha, con intervalos de confianza del 95,0% LDS. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre las 0 y 162 horas, debida a que disminuye lentamente sin llegar a ser menor de 5,00 (Anexo 9.18).

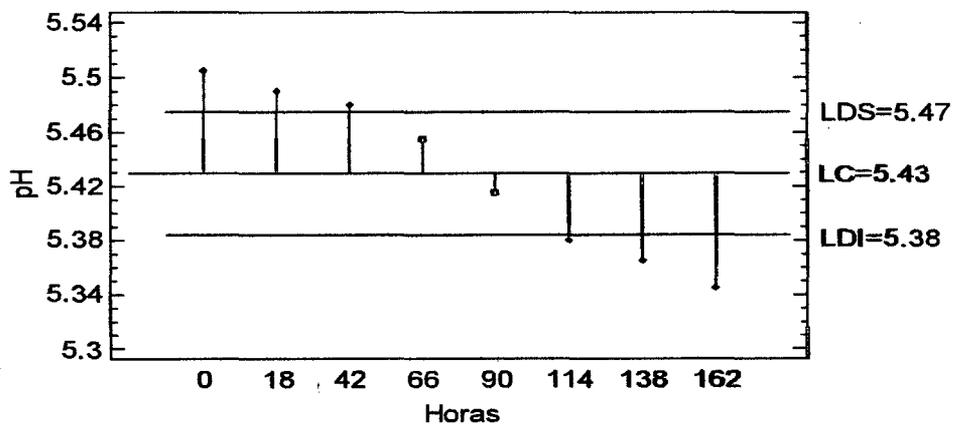


Figura 24. pH en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171.

### 3.5.3 °Brix y °Pol

En la Figura 25 se muestra las pruebas de múltiples rangos para °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix, asimismo entre la media

de °Pol, entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima, para moler la caña de 20 horas en función a °Brix porque su valor no debe ser menor de 18,00% y la tendencia de esta propiedad debe ser de mantenerse si su valor se incrementa o disminuye será un indicador de que la sacarosa se esta invirtiendo, respecto a °Pol de 30 horas por que los °Pol no debe ser menor de 14,80% como mínimo, resultados que coisiden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en la fábrica (Anexo 9.19).

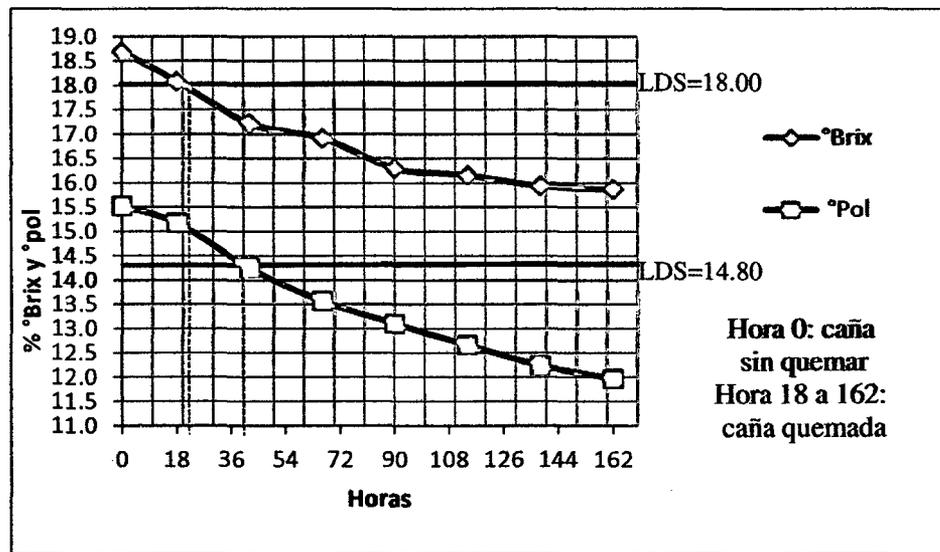


Figura 25. °Brix y °Pol en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171.

### 3.5.4 Pureza

En la Figura 26 se muestra las pruebas de múltiples rangos para Pureza en función al tiempo postcosecha de 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Pureza entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza, teniendo el tiempo de tolerancia máxima de 50 horas, para moler la caña porque la Pureza no debe ser menor de 82,00% su tendencia debe ser de mantenerse. Si su valor disminuye será un indicador que la sacarosa se esta invirtiendo debido al incremento de los azúcares reductores, resultados que coisiden con los análisis de las muestras realizadas el día de molienda en fábrica, se indica que para esta variedad se trabajó con el campo Vega sales y San Alberto este ultimo campo sufrió una

quema accidental que faltaba unos 15 días aproximados para su quema programada (Anexo 9.20).

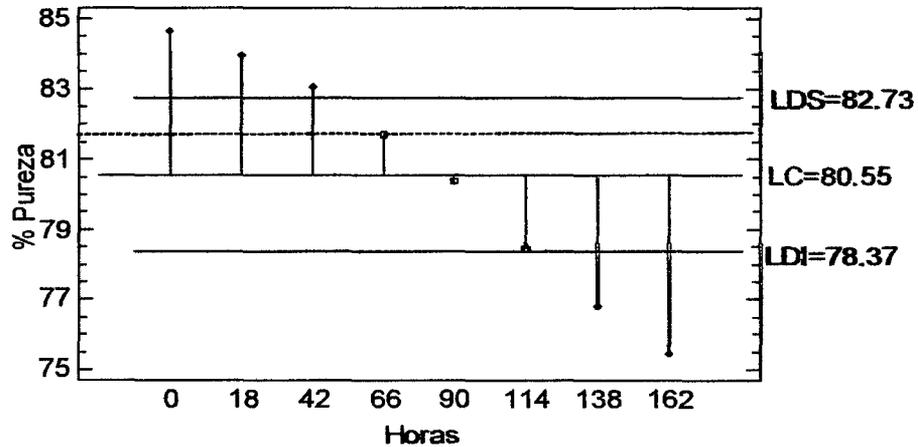


Figura 26. Pureza en función al tiempo postcosecha de la variedad H57-5171.

### 3.6 Comparaciones múltiples de pH de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

En la Figura 27 se muestra las pruebas de múltiples rangos para pH entre una variedad y otra en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH (5,5) de una variedad y otra, con un nivel del 95,0 % de confianza. El pH de todas las variedades de caña de azúcar presentó una disminución lenta de 5,60 a 5,30, excepto de la variedad CH32-8560 que descendió después de las 108 horas hasta alcanzar un pH final de 5,09 (Anexo 9.21).

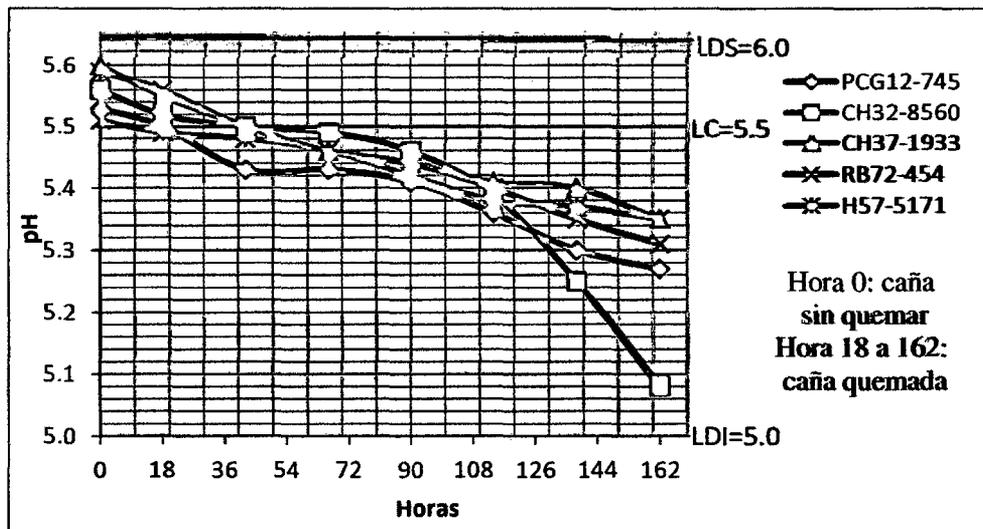


Figura 27. pH de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha.

### 3.7 Comparaciones múltiples de azúcares reductores de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

En la Figura 28 se muestra las pruebas de múltiples rangos para azúcares reductores entre una variedad y otra en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de azúcares reductores (0,6%) entre una variedad y otra, con un nivel del 95,0% de confianza. Las variedades de caña de azúcar PCG1-745, RB72-454 y CH32-8560, tienen sus azúcares reductores hasta 100, 95 y 55 horas y las variedades CH37-1933 y H57-5171 hasta 50 y 45 horas respectivamente; encontrándose dentro del rango establecido de 0,40 a 0,80 % después de la quema. El pH del jugo de caña debe ser mayor a 5,00 para evitar la hidrólisis de la sacarosa para las variedades mencionadas, su pH bajó de 5,60 a 5,09, lo que produjo inversión leve de sacarosa a azúcares reductores (Anexo 9.22).

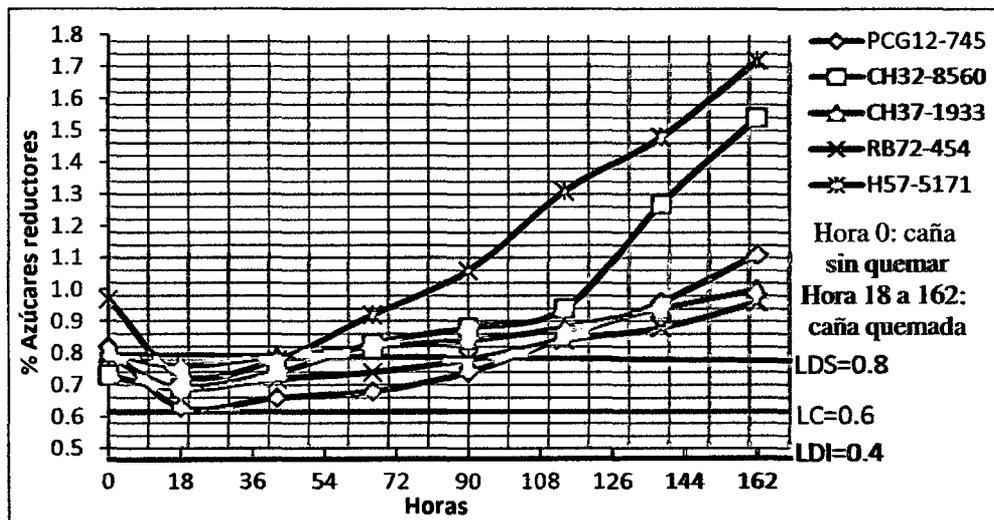


Figura 28. Azúcares reductores de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha.

### 3.8 Comparaciones múltiples de pureza de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

En la Figura 29 se muestra las pruebas de múltiples rangos para pureza entre una variedad y otra en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pureza (84%) entre una variedad y otra, con un nivel del 95,0% de confianza, las variedades de caña de azúcar PCG12-745, CH37-1933 y RB72-454, tienen su Pureza hasta 114, 100 y 95 horas y las

variedades CH32-8560 y H57-5171 tienen su Pureza hasta 70 y 50 horas respectivamente, encontrándose dentro del rango establecido de 14,80 a 17,20% Pureza después de la quema (Anexo 9.23).

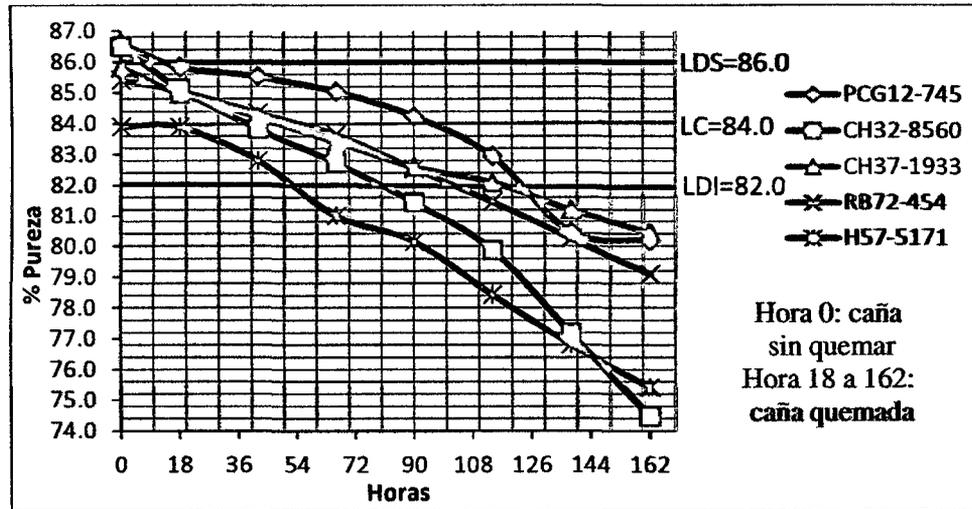


Figura 29. Pureza de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha.

### 3.9 Comparaciones múltiples de °Brix de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

En la Figura 30 se muestra las pruebas de múltiples rangos para °Brix entre una variedad y otra en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Brix (19%) entre una variedad y otra, con un nivel del 95,0% de confianza. Las variedades de caña de azúcar PCG12-745, CH32-8560 y CH37-1933, tienen sus °Brix hasta 114, 90 y 72 horas y las variedades RB72-454 y H57-5171 tienen sus °Brix hasta 25 y 20 horas respectivamente, encontrándose dentro del rango establecido de 18,00 a 20,00% °Brix después de la quema (Anexo 9.24).

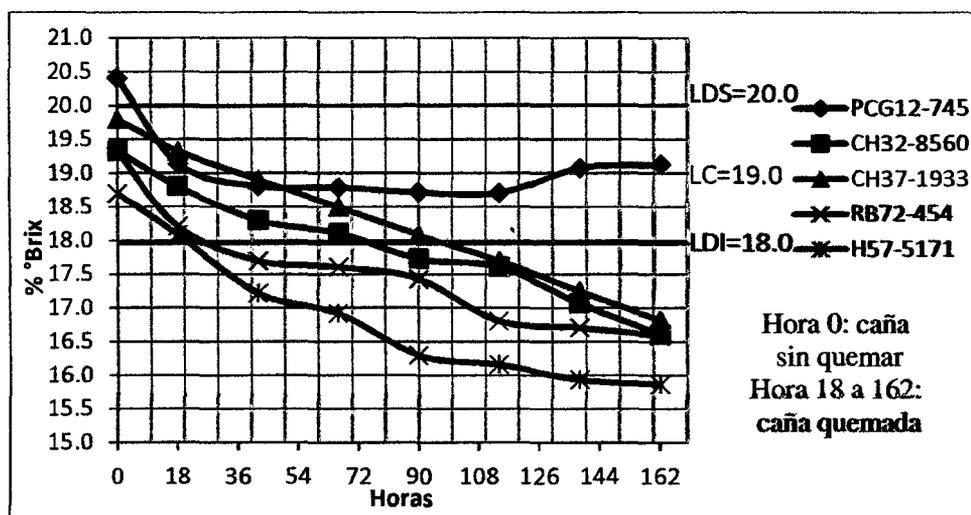


Figura 30. °Brix de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha.

### 3.10 Comparaciones múltiples de °Pol de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

En la Figura 31 se muestra las pruebas de múltiples rangos para °Pol entre una variedad y otra en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de °Pol (16%) entre una variedad y otra, con un nivel del 95,0% de confianza. Las variedades de caña de azúcar PCG12-745, CH37-1933 y CH32-8560, tienen sus °Pol hasta 120, 95 y 65 horas y las variedades RB72-454 y H57-5171 tienen sus °Pol hasta 40 y 30 horas respectivamente, encontrándose dentro del rango establecido de 14,80 a 17,20% °Pol después de la quema (Anexo 9.25).

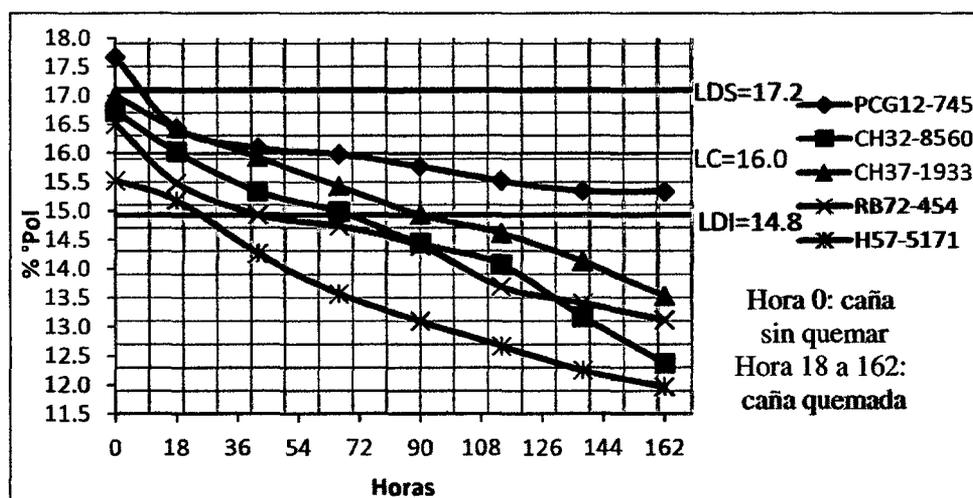


Figura 31. °Pol de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha.

### 3.11 Comparaciones múltiples de índices de madurez de las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

En la Figura 32 se muestra las pruebas de múltiples rangos para índices de madurez entre una variedad y otra en función al tiempo postcosecha entre 0 a 162 horas. No existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de índices de madurez (0,93%) entre una variedad y otra, con un nivel del 95,0% de confianza. El índice de madurez en todas las variedades de caña de azúcar, presentó un incremento acelerado de 0,85 a 1,48. El índice de madurez no debe ser mayor a 1,00 % para tener un mayor rendimiento de sacarosa (Anexo 9.26).

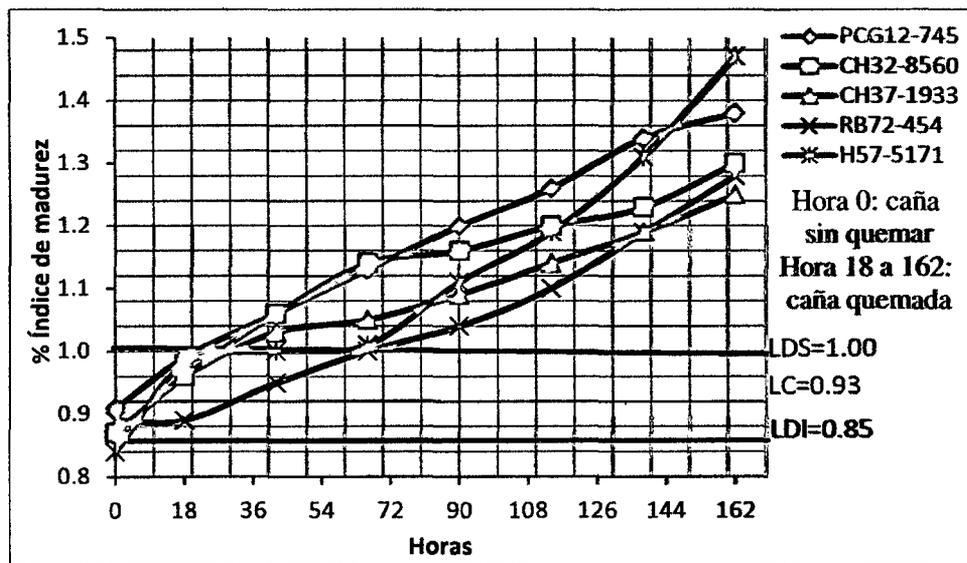


Figura 32. Índices de madurez de las cinco variedades de caña de azúcar vs tiempo postcosecha.

### 3.12 Superficies cultivadas por variedades de caña de azúcar

En la Figura 33 se muestra las superficies cultivadas por variedades de caña de azúcar de la empresa Agro Pucalá S.A.A., Teniendo como proporciones de caña: PCG12-745 19,30%, CH37-1933 7,76%, CH32-8560 19,72%, RB72-454 37,76% y H57-5171 15,46% con un total de 5119,82 hectáreas en cultivo (Anexo 5).

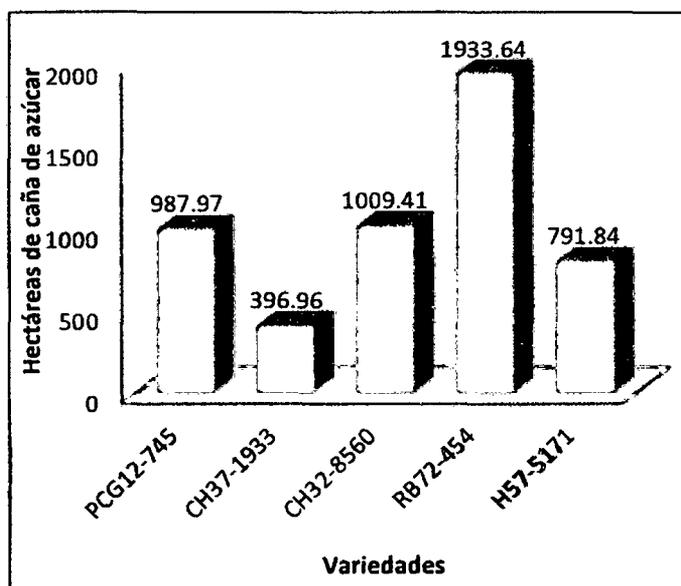


Figura 33. Superficies cultivadas por variedades de caña de azúcar.

### 3.13 Tiempo transcurrido de las muestras evaluadas hasta la molienda en fábrica

En la Figura 34 se muestra el tiempo transcurrido por campos y variedades de caña de azúcar desde la quema hasta la molienda en fábrica. La caña debe ser molida como máximo antes que pasen 24 horas de haber sido quemada. Por diversas circunstancias, Agro Pucalá S.A.A. muele su caña en fábrica en promedio a las 48,5 horas. Se advierte que la caña del Campo Infiernillo fue molida después de 118 horas debido a que hubo parada de fábrica por fallas mecánicas, y de los Campos Entre Ríos fue molida después de 79 y 80 horas respectivamente, debido a que fueron corte base para el arranque de la molienda de la zafra 2013; sin embargo, la caña del Campo San Alberto fue molida a las 73 horas debido a que fue una quema accidental (Anexo 4).

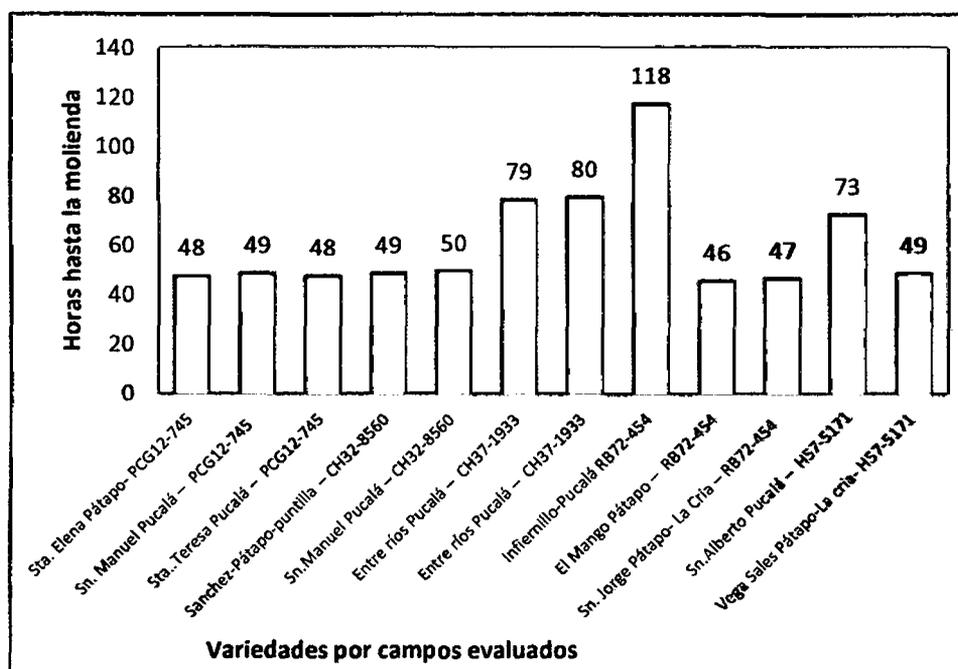


Figura 34. Tiempo transcurrido desde la quema hasta la molienda de la caña de azúcar de los campos evaluados por variedad.

### 3.14 Temperatura ambiente al que estuvieron las muestras de evaluación

En la Figura 35 se muestra la temperatura durante el día a la que estuvieron expuestas las muestras de caña de azúcar después de ser quemada, hasta terminar las evaluaciones (Anexo3.2).

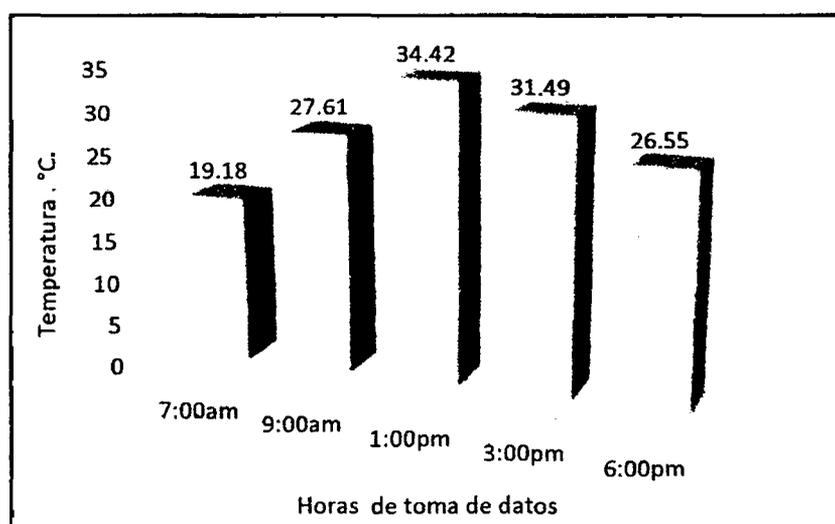


Figura 35. Valores promedio de temperatura tomada cada 2 y 3 horas durante el día, de abril a mayo de 2013.

#### IV. DISCUSION

En las Figuras 7, 11, 15, 19, 23 y 28 se muestran el incremento de los azúcares reductores en las cinco variedades evaluadas de caña de azúcar después de la quema. Las variedades PCG12-745 y RB72-454 tienen sus azúcares reductores dentro del rango de 0,40 a 0,80% hasta 100 y 95 horas después de su quema, respectivamente; mientras que las variedades CH32-8560, CH37-1933 y H57-5171 hasta 55, 50 y 45 horas, respectivamente. El primer grupo de variedades de caña mencionado se deteriora menos rápido que el segundo. En la Figura 28, las cinco variedades de caña de azúcar evaluadas muestran una disminución de los azúcares reductores hasta las 18 horas de evaluación después de la quema, luego se incrementa en el transcurso del tiempo postcosecha. La variedad PCG12-745 es la que conserva sus azúcares reductores dentro del rango por un mayor tiempo (100 h) después de la quema y le sigue cercanamente la variedad RB72-454 (95 h), las otras variedades salen de rango a la mitad del tiempo de éstas. Este comportamiento se explica con lo mencionado por Larrahondo (1983), que el deterioro de la caña y la pérdida de sacarosa entre el corte y la molienda empieza casi inmediatamente después del corte, siendo mayor a medida que aumenta el tiempo de permanencia en los patios de la fábrica o en el campo; también, la tasa de deterioro depende de las condiciones ambientales, de la variedad y del sistema de manejo agronómico.

En las Figuras 8, 12, 16, 20, 24 y 27 se muestra que el pH del jugo de caña bajó de 5,60 a 5,09, lo que produjo inversión leve de sacarosa a azúcares reductores. Para evitar esa inversión, el pH debe ser mayor a 5,00. Batule (2008), considera que el nivel de inversión depende de la concentración de iones de hidrógeno (pH), sacarosa y agua; asimismo, indica que los azúcares invertidos son comparativamente estables en solución ácida (pH bajo), pero se produce una formación continua de color, en parte debida a la descomposición a través de varias sustancias intermedias. Esos productos de color a pH bajo se forman al destruirse la sacarosa en el guarapo, o en cualquier otra etapa del proceso, donde se localice momentáneamente una zona de pH bajo. Mientras que Miguel (1987), explica que la hidrólisis ocurre en presencia de ácidos diluidos y de enzimas llamadas invertasas, para dar una mezcla equimolecular de glucosa y fructosa que se conoce con el nombre de azúcar invertido. Según Chen (1991), la fructosa y glucosa del hidrolizado no se presentan siempre en cantidades iguales en el guarapo crudo. Esto

explica que existe una inversión del jugo de caña de azúcar debido al incremento de los azúcares reductores ya que existe una disminución del pH, °Pol y Pureza.

En las Figuras 10, 14, 18, 22, 26 y 29 se muestran la disminución de la pureza del jugo de caña de azúcar después de la quema en función al tiempo **postcosecha**. La pureza del jugo de caña de azúcar disminuye si los azúcares reductores **aumentan**, son **inversamente** proporcionales. El rango establecido para la pureza es de 82 a 86% después de la quema. Las variedades de caña de azúcar PCG12-745, CH37-1933 y RB72-454, conservan la pureza de su jugo dentro del rango hasta 114, 100 y 95 horas, **respectivamente**; y las variedades CH32-8560 y H57-5171 conservan la pureza de su jugo dentro del rango hasta 70 y 50 horas, **respectivamente**, después de la quema. Para la variedad RB72-454, su °Brix y su °Pol disminuyen continuamente dentro de 25 y 40 horas **respectivamente**, saliendo de sus rangos permitidos, lo que conduce a un cálculo **erróneo de la pureza**, el °Brix de esta variedad disminuye por formación de dextrana. ICIA (1988), indican que para el ingenio, los criterios más importantes de calidad son: un alto contenido de azúcar recuperable con jugo de alta pureza y bajo contenido de fibra para facilitar la recuperación; por lo que la caña debe estar madura, fresca, limpia y sin maltratar, **manteniéndose sus °Brix y °Pol**.

En las Figuras 13, 17, 21, 25, 30 y 31 se muestran la disminución del °Brix en el jugo de las variedades de caña de azúcar evaluadas después de la quema, en función al tiempo de postcosecha. El rango establecido para °Brix en el jugo **después de la quema es de 18,00 a 20,00%**. Las variedades PCG12-745, CH32-8560 y CH37-1933, conservan sus °Brix dentro del rango hasta 114, 90 y 72 horas después de la quema y las variedades RB72-454 y H57-5171 hasta 25 y 20 horas, **respectivamente**. El rango establecido de °Pol en el jugo después de la quema es de 14,80 a 17,20%. Las variedades PCG12-745, CH37-1933 y CH32-8560 conservan los °Pol hasta 120, 95 y 65 horas después de la quema y las variedades RB72-454 y H57-5171 hasta 40 y 30 horas, **respectivamente**. Según Meade y Chen (1997), todos los valores de °Brix en jugo de caña quemada **están por debajo** de los de caña cruda, lo que se aprecia en los dos primeros valores (0 y 18 h) de °Brix para cada variedad evaluada. Para Batule (2008), la disminución de °Brix se debe a la proliferación de microbios en la caña de azúcar, principalmente en cañas cortadas, **causado por un conjunto de bacterias del género *Leuconostoc***, las cuales consumen la sacarosa produciendo largas cadenas de glucosa (dextrana), dando lugar a la fermentación de la fructosa produciendo ácidos orgánicos que deterioran la cosecha. La disminución de °Brix

que ocurre en las cinco variedades de caña de azúcar evaluadas también se debe a la plaga barrenador de la caña (*Diatraea saccharalis*), que produce manchas rojas en el interior de los tallos y favorece el ataque de *Leuconostoc*.

En la Figura 34 se muestra el tiempo transcurrido desde la quema de las variedades de caña de azúcar (por campo) hasta la molienda en fábrica, siendo el tiempo postcosecha promedio de 48,5 horas, el cual debe reducirse porque tiene influencia negativa sobre el rendimiento de la sacarosa. Arnal (1990), estableció que la quema produce dos efectos negativos sobre la caña de azúcar: pérdida de peso por evaporación de agua y disminución en el contenido de azúcar debido a la inversión de la sacarosa. Ambos efectos se inician desde el momento en que ocurre la quema, aumentando progresivamente a medida que transcurre el tiempo de acuerdo a la variedad, clima y tratamiento que reciba la caña. Durante las primeras 24 horas, el deterioro es difícil de medir en términos económicos, pero de aquí en adelante se comienza a apreciar hasta llegar a pérdidas definitivas, tanto para el cañicultor como para la fábrica, por lo que la caña se debe procesar en la fábrica como máximo antes de cumplir 24 horas después de ser quemada.

En la Figura 35 se muestra los promedios de temperatura ambiente tomada durante el día entre abril y mayo de 2013. La temperatura mínima fue de 19,18°C a las 7:00am., a la 1:00 pm fue de 34,42°C y 26,55°C a las 6:00 pm. La temperatura máxima siempre se presentó a medio día debido a que se estaba en estación de otoño en el lugar donde se ubica Agro Pucalá; también, en este periodo del año se presentan lluvias suaves con una frecuencia promedio de dos por semana. Batule (2008) considera que el nivel de inversión depende de la temperatura a la que se expone la mezcla sacarosa y agua (jugo de caña de azúcar). Mientras que Rodríguez (1998), afirma que la lluvia es un factor decisivo para el deterioro de la caña. En la presente investigación se ha determinado que ambos factores: calor y lluvia, han influenciado en la pérdida de sacarosa en el jugo de las variedades de caña de azúcar evaluadas.

La infestación e intensidad tolerable de los cultivos de caña de azúcar por *Diatraea saccharalis* (barrenador de la caña) es de 40 y 10%, respectivamente, ambos son considerados como daño moderado. En la Tabla 5 se muestra, para las cinco variedades de caña de azúcar en los campos evaluados antes de la quema, que presentan un valor de infestación mediano, siendo su valor de 51 a 75% y la intensidad de daño es moderado, llegando a un valor de 6 a 10%. Según Alonso *et al.* (1991), el daño que más afecta a la

industria de la caña de azúcar es el provocado por los barrenadores del tallo (*Diatraea* spp.), agente causante de la pudrición roja, que produce la inversión de la sacarosa de los jugos haciendo variar los °Brix y °Pol e incrementa los azúcares reductores del jugo en función al tiempo.

## V. CONCLUSIONES

- El tiempo postcosecha tiene influencia estadísticamente significativa en el incremento de los azúcares reductores en el jugo de caña de azúcar, por ende en la disminución de la pureza y pH, produciendo pérdida de sacarosa.
- Se tiene diferencia estadísticamente significativa entre las cinco variedades de caña de azúcar, sobre el incremento de los azúcares reductores, siendo las mejores variedades las que mayor tiempo conservan la concentración de estos azúcares dentro del rango de tolerancia: PCG12-745, CH32-8560 y RB72-454.
- El porcentaje de los azúcares reductores se incrementa en todas las variedades después de ser quemadas, debido a que se encuentran en un continuo deterioro que depende de la temperatura ambiente, condiciones climáticas y lluvias a las que se exponga la caña de azúcar.
- Los azúcares reductores tienden a disminuir en las primeras horas (0 a 18 h) de evaluación, incrementándose luego en función al tiempo postcosecha, caso que no sucede con el °Brix, °Pol, Pureza y pH ya que estos son más elevados antes de la quema y después tienden a disminuir en función al tiempo postcosecha, por lo que la caña debe ser procesada en la fábrica antes de las 24 h después de ser quemada.
- La infestación de la caña de azúcar por *Diatraea spp* tiene relación directa con el incremento de los azúcares reductores, debido a que produce pudrición roja y deterioro microbiológico que produce dextrano.

## VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con la investigación para conocer la influencia del tiempo postcosecha durante las estaciones del año, sobre las propiedades fisicoquímicas del jugo de caña de azúcar.
- Realizar investigaciones para determinar las pérdidas de sacarosa por acción microbiológica e infestación por barrenador de la caña de azúcar.
- Moler la caña durante las primeras 24 horas después de la quema, para tener un mejor rendimiento de sacarosa, debido a que se tendrá valores bajos de azúcares reductores, y valores altos de Pureza, °Pol, °Brix.
- Quemar la caña en la madrugada o al atardecer y transportarla en el menor tiempo posible al ingenio.
- La Empresa Agro Pucalá S.A.A. debe sembrar caña de azúcar de las variedades: PCG12-745, CH37-1933 y CH32-8560; debido a que su jugo conserva mayor tiempo sus propiedades fisicoquímicas que permiten la mayor recuperación de sacarosa después de la quema.
- Mejor control de la materia prima de la empresa y de sembradores que llega al ingenio, para conservar la calidad; es decir, alta pureza, bajo porcentaje de materia extraña y el menor tiempo posible de entrega al ingenio. Así se evitará la contaminación microbiológica en el área de trapiche que produce dextrana e inversión del jugo durante el proceso.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arnal, J. 1990. Problemática de la quema de la caña de azúcar. Centro guatemalteco de investigación y capacitación de la caña de azúcar Guatemala.
2. Alvarado Aguilar, P.; Delgado Montero, K.; Sibaja Ballesteros, M.; Vega Baudrit, J.; 2008. Materiales poliméricos compuestos obtenidos a partir de los residuos generados por la agroindustria de la caña de azúcar. Laboratorio de polímeros (POLIUNA). Universidad nacional. Heredia. Revista iberoamericana de polímeros Costa Rica.
3. Alonso, L.; F. Badilla y G. Fuentes 1991. Medición de pérdidas de azúcar a nivel de fábrica, causadas por *Diatraea tabir-nella* en tres variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.), en la zona alta de San Carlos Costa Rica.
4. Anónimo. 2008. Método de análisis de laboratorio de la industria azucarera Agro Pucalá S.A.A., Pucalá - Perú.
5. Bohórquez, O. L. Acero, L. Rodríguez, & H. Bernal. 2005. Guía para postcosecha y mercadeo de productos agrícolas. Serie ciencia y tecnología México.
6. Broadfoot, R. 2001. Aspect of sucrose losses: impact on profitability, competitiveness and the environment. En congress of the international society of Sugar Cane Technologists, Brisbane Australia.
7. Batule, E. 2008. Pérdidas de sacarosa en la fabricación del azúcar de caña. Serie azucarera N° 2. Págs. 99-104, 108-116, 118-137 Guatemala.
8. CD-INPHO. 2000. Red de informaciones sobre las operaciones postcosecha. En latinoamérica.
9. Larrahondo, J.E.1983. Efecto de la materia prima extraña en la calidad de la caña. En informe anual del Centro Nacional de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICANÑA). Cali Colombia.

10. Clarke, M.A.; Blanco R.S y Godshall, M.A. 1986. **Colorant in raw sugars.** Proceedings. Intern.Soc. Sugar Cane Technol, (ISSCT) Nueva York.
11. Chen, J.C.1991. **Manual del azúcar de caña.** Limusa, México.
12. Chaves Solera, M. 2004. **La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante.** Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica.
13. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar DIECA-LAICA 1999. **Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales.** LAICA-DIECA, julio. San José, Costa Rica.
14. FAO. 2002. **Postcosecha y servicios de apoyo a la comercialización.** IICA/PRODAR. Compañía Azucarera Salvadoreña S.A. **Programación de cosecha y manejo de quemadas en caña de azúcar El Salvador.**
15. Fajardo, Jaime Walter. 1996. **Evaluación del efecto causado por la quema de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) a horas del día diferentes en tres épocas zafra.** Tesis Ing. Agr. universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía Guatemala.
16. FAO 2008. **Principales productores de alimentos y productos agrícolas. Países por producto básico.** <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html>lang.es. Consultada el 4 de junio de 2013.
17. Instituto de Capacitación de la Industria Azucarera ICIA, 1988. **Análisis y Control de la calidad de la caña de azúcar.** Control Químico Básico México.
18. Jerez López, Luis Carlos 2008. **Control de la inversión de la sacarosa en el Proceso de elaboración de jarabe simple de bebidas carbonatadas.** Trabajo de graduación Ing. Químico. Universidad de SanCarlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Guatemala.

19. Martínez, A., Lee, R., Chaparro, D., & Páramo, S. 2003. **Postcosecha y mercado de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible**. Colmenares, Ed. Bogotá Colombia.
20. Meade, G. P. y Chin, J.P. 1977. **Sugar cane handbook**. 10 ed. **Wiley – Interscience Publication**. John Wiley and Sons Nueva York.
21. Meade, G.P. y Chen J.C. 1997. **Manual de azúcar de caña**. Editorial Limusa, México.
22. Miguel, M. 1987. **Determinación de Alternativas para Optimizar las Zafras del Ingenio Azucarero Emiliano Zapata**. Edit. Alhambra Mexicana México.
23. Murray Robert K. 1994 y **Bioquímica de Harper**. 13<sup>o</sup> edición, **Editorial el Manual Moderno México**.
24. Rodríguez Santiago; K.1998. **Análisis del deterioro de la caña de azúcar con relación al tiempo de cortada y dejada en el campo**. **Academia de Ciencias de Cuba**. IMPA. La Habana, Cuba.
25. Torres J.S. 1990. **Características químicas de variedades promisorias de caña de azúcar**. An. **Asociación. Química. Argen Colombia**.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1

### PARÁMETROS DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE CAÑA DE AZÚCAR SIN QUEMAR

Tabla 2. Tolerancia de características físicas de la caña de azúcar.

Parámetro	% infestación	% intensidad
Daño Bajo	25	<= a 5
Daño Moderado	26-50	6-10
Daño Mediano	51-75	11-15
Daño Elevado	76-95	16-25
Daño Muy elevado	96-100	>26

Fuente. Datos del área de análisis de maduración de caña

Tabla 3. Tolerancia de características químicas en maduración de caña.

Parámetros	Cañas maduras	Cañas inmaduras
% °Brix	18-22	14-17
% °Pol	Buena: 16-17 Excelente: 18-20	Bajo: < a 14 Regular: 15-16
% Pureza	Buena: 85-86 Excelente: 87-90	Bajo: < a 80 Regular: 80-84
% Azúcares reductores	< a 0,5	> a 0,6
% Humedad	No > a 70%	> a 70%
Índice de maduración	Madura: > a 0,90 Sobre Madura: > a 1	< a 0,90
% Fibra:		
PCG12-745	13,00-14,50	< a 13
CH32-8560	12,50-13,50	< a 12
CH37-1933	13,00-14,00	< a 13
RB72-454	10,00-12,50	< a 10
H57-5174	12,00-12,50	< a 12

Fuente. Datos del área de análisis de maduración de caña

## ANEXO 2

### PARÁMETROS DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y FACTORES DE CORRECCION DE °BRIX, °POL Y AZÚCARES REDUCTORES DE LAS MUESTRAS EVALUADAS EN JUGO DE CAÑA DE AZÚCAR QUEMADA

Tabla 4. Parámetros de tolerancia del jugo de caña de azúcar quemada

Parámetros fisicoquímicos	Mínimo	Máximo
% °Brix en jugo	18,00	20,00
% °Pol en jugo	14,80	17,20
% Pureza en jugo	82,00	86,00
% Azúcares reductores en jugo	0,40	0,80

Fuente. Datos del área de laboratorio de fábrica Agro Pucalá S.A.A.

Los factores tienden a variar de acuerdo a la distancia de ajuste entre las masas del trapiche de bronce, para encontrar los factores se utilizo cinco cañas de un campo antes de entrar al trapiche de fabrica, se llevo a extraer el jugo en el trapiche de bronce de análisis de maduración; pasándole una sola vez por las masas, la distancia en la dirección de ingreso hacia la masa madre fue de 13 mm, y la de salida 10 mm y se evaluó. Azúcares reductores, °Brix, °Pol, los factores fue la razón de resultados de análisis del molino uno de fábrica del campo que se cogió las muestras, entre resultados de trapiche de análisis de maduración como se indica a continuación.

$$\text{Factor de } ^\circ\text{Brix} = \frac{\text{°brix corregido del molino de fábrica}}{\text{°brix corregido del trapiche de maduración}} = 0,823$$

$$\text{Factor de } ^\circ\text{Pol} = \frac{\text{°pol corregido del molino de fábrica}}{\text{°pol corregido del trapiche de maduración}} = 0,758$$

$$\text{Factor de Azúcares reductores.} = \frac{\text{reductor del molino de fábrica}}{\text{reductor del trapiche de maduración}} = 1,280$$

Los valores corregidos de trapiche de análisis de maduración de °Brix, °Pol y Azúcar reductor de las muestras, se multiplicaron por el factor correspondiente encontrado para datos de las corridas experimentales de las muestras evaluadas.

### ANEXO 3

## PORCENTAJE DE INTENSIDAD E INFESTACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR POR VARIEDADES Y TEMPERATURA AMBIENTE AL QUE ESTUVIERON LAS MUESTRAS DE EVALUACIÓN

### 3.1 Porcentaje de intensidad e infestación de las muestras evaluadas por variedades

Tabla 5. Infestación e intensidad por campo y variedad antes de la quema.

Campos y variedades	% de intensidad	% de infestación
Sta. Elena, Pátapo - PCG12-745	6,44	40,00
Sn. Manuel, Pucalá - PCG12-745	14,70	77,78
Sta. Teresa, Pucalá - PCG12-745	10,36	100,00
Sánchez, Pátapo - CH32-8560	8,29	100,00
Sn. Manuel, Pucalá - CH32-8560	1,73	37,50
Entre ríos, Pucalá - CH37-1933	7,44	60,00
Entre ríos, Pucalá - CH37-1933	2,58	70,00
Infiernillo, Pucalá - RB72-454	5,58	50,00
El Mango, Pátapo - RB72-454	1,52	25,00
Sn. Jorge, Pátapo - RB72-454	9,48	87,50
Sn. Alberto, Pucalá - H57-5171	4,10	50,00
Vega Sales, Pátapo - H57-5171	4,79	50,00

Fuente. Datos de los análisis físicos de caña de azúcar antes de la quema.

### 3.2 Temperatura ambiente al que estuvieron las muestras de evaluación

Tabla 6. Temperatura ambiente durante los días de evaluación de las muestras

T. °C. Fechas	7:00 am	9:00am	1:00pm	3:00pm	6:00pm	Promedio
09/04/13	20,00	29,00	34,00	31,00	29,00	28,60
10/04/13	19,00	29,00	35,00	32,00	29,00	28,80
11/04/13	20,00	28,00	36,00	35,00	26,00	29,00
12/04/13	20,00	27,00	34,00	33,00	29,00	28,60
13/04/13	19,00	29,00	34,00	31,00	26,00	27,80
14/04/13	20,00	28,00	36,00	35,00	29,00	29,60
15/04/13	20,00	29,00	34,00	31,00	29,00	28,60
16/04/13	20,00	27,00	36,00	35,00	26,00	28,80
17/04/13	20,00	29,00	34,00	32,00	26,00	28,20
18/04/13	20,00	29,00	34,00	32,00	26,00	28,20
19/04/13	21,00	31,00	39,00	36,00	32,00	31,80
20/04/13	20,00	29,00	34,00	33,00	26,00	28,40
21/04/13	20,00	29,00	30,00	31,00	26,00	27,20
22/04/13	20,00	29,00	34,00	29,00	26,00	27,60
23/04/13	21,00	29,00	36,00	34,00	26,00	29,20
24/04/13	19,00	23,00	37,00	31,00	26,00	27,20
25/04/13	19,00	29,00	34,00	32,00	26,00	28,00
26/04/13	20,00	23,00	34,00	32,00	26,00	27,00
27/04/13	20,00	24,00	34,00	31,00	26,00	27,00
28/04/13	19,00	29,00	39,00	34,00	26,00	29,40
29/04/13	20,00	29,00	36,00	35,00	29,00	29,80
30/04/13	19,00	29,00	37,00	35,00	29,00	29,80
01/05/13	20,00	25,00	34,00	32,00	26,00	27,40
02/05/13	20,00	27,00	37,00	35,00	28,00	29,40
03/05/13	19,00	28,00	37,00	34,00	28,00	29,20
04/05/13	19,00	28,00	36,00	34,00	29,00	29,20
05/05/13	20,00	29,00	34,00	31,00	25,00	27,80
06/05/13	18,00	28,00	36,00	32,00	26,00	28,00
07/05/13	20,00	29,00	34,00	29,00	25,00	27,40
08/05/13	19,00	29,00	34,00	29,00	26,00	27,40
09/05/13	18,00	27,00	34,00	29,00	26,00	26,80
10/05/13	18,00	28,00	36,00	34,00	27,00	28,60
11/05/13	18,00	27,00	36,00	34,00	26,00	28,20
12/05/13	20,00	29,00	34,00	29,00	25,00	27,40
13/05/13	19,00	29,00	34,00	29,00	26,00	27,40
14/05/13	18,00	27,00	34,00	29,00	26,00	26,80
15/05/13	18,00	25,00	33,00	32,00	27,00	27,00
16/05/13	19,00	29,00	34,00	29,00	26,00	27,40
17/05/13	17,00	24,00	30,00	28,00	25,00	24,80
18/05/13	18,00	27,00	34,00	29,00	26,00	26,80
19/05/13	18,00	28,00	36,00	32,00	26,00	28,00
20/05/13	20,00	29,00	34,00	29,00	25,00	27,40
21/05/13	17,00	24,00	30,00	28,00	25,00	24,80
22/05/13	18,00	25,00	33,00	31,00	27,00	26,80
23/05/13	19,00	29,00	34,00	29,00	26,00	27,40
24/05/13	17,00	24,00	30,00	28,00	25,00	24,80
25/05/13	17,00	24,00	30,00	28,00	25,00	24,80
26/05/13	20,00	29,00	34,00	31,00	25,00	27,80
27/05/13	20,00	29,00	34,00	29,00	25,00	27,40
Promedio	19,18	27,61	34,42	31,49	26,55	27,80

Fuente. Elaboración propia.

**ANEXO 4**

**TIEMPO TRANSCURRIDO HASTA LA MOLIENDA EN FÁBRICA Y PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS ANTES Y DESPUÉS DE SER QUEMADA LAS MUESTRAS DE CAÑA DE AZÚCAR**

Tabla 7. Evaluación de las variedades de caña de azúcar antes y después de ser quemada y molida en fábrica

Campo /variedad	Fecha de quema	Fecha de molienda en fábrica	Edad (meses)	Agoste (días)	Horas transcurridas hasta la molienda	Análisis de maduración de caña antes de ser quemada.				Análisis de molienda de caña quemada en fábrica.			
						% °Brix	% °Pol	% Pureza	% Az. Red.	% °Brix	% °Pol	% Pureza	% Az. Red.
Sta. Elena-Pátapo-PCG12-745	03/05/13	05/05/13	13,18	94,00	48,00	20,09	17,23	86,08	0,80	18,61	15,98	85,87	0,58
Sn. Manuel-Pucalá – PCG12-745	07/05/13	09/05/13	12,27	112,00	49,00	20,04	17,20	85,80	0,80	18,89	16,11	85,28	0,63
Sta. Teresa-Pucalá – PCG12-745	17/05/13	19/05/13	14,11	136,00	48,00	21,10	18,00	85,30	0,86	18,97	16,11	84,92	0,70
Sanchez -Pátapo - CH32-8560	08/05/13	10/05/13	15,12	90,00	49,00	18,98	16,29	85,83	0,83	17,81	14,54	81,64	0,85
Sn. Manuel-Pucalá – CH32-8560	10/05/13	12/05/13	12,06	122,00	50,00	19,67	17,14	87,24	0,60	15,20	12,59	82,83	0,79
Entre ríos Pucalá – CH37-1933	09/04/13	12/04/13	13,20	122,00	79,00	19,70	16,88	85,30	0,72	18,47	15,51	83,97	0,73
Entre ríos- Pucalá – CH37-1933	10/04/13	13/04/13	13,20	122,00	80,00	19,90	17,10	86,01	0,66	18,47	15,33	82,99	0,90
Infiernillo- Pucalá RB72-454	14/04/13	19/04/13	12,17	115,00	118,00	19,92	17,15	86,08	0,68	16,57	13,69	82,62	0,82
El Mango -Pátapo – RB72-454	02/05/13	04/05/13	13,09	67,00	46,00	19,15	16,04	83,77	0,75	17,40	14,72	84,60	0,70
Sn. Jorge -Pátapo – RB72-454	20/05/13	22/05/13	14,13	70,00	47,00	18,90	15,83	83,17	0,93	18,06	15,22	84,28	0,78
Sn. Alberto-Pucalá H57-5171	09/05/13	12/05/13	13,14	140,00	73,00	19,33	15,20	81,58	0,98	15,20	12,59	82,83	0,79
Vega Sales-Pátapo H57-5171	16/05/13	18/05/13	13,19	261,00	49,00	18,08	15,44	85,41	0,97	17,01	14,32	84,19	0,80

Fuente. Datos de cosecha y análisis de maduración e laboratorio de fábrica.

## ANEXO 5

### SUPERFICIES CULTIVADAS DE CAÑA DE AZÚCAR

Tabla 8. Superficies de variedades de caña de azúcar cultivadas por zona

Variedades	Superficies cultivadas por zonas					Sub total
	Pucalá	Pátapo	La cría	Cuculí	Batan grande	
PCG12-745	565,89	240,17	141,18	40,73	-----	987,97
CH37-1933	200,35	119,12	77,49	-----	-----	396,96
CH32-8560	140,86	506,23	212,82	107,52	41,98	1009,41
RB72-454	779,07	547,56	554,29	52,72	-----	1933,64
H57-5171	154,24	410,96	66,75	159,89	-----	791,84
<b>TOTAL</b>	<b>1840,41</b>	<b>1824,04</b>	<b>1052,53</b>	<b>360,86</b>	<b>41,98</b>	<b>5119,82</b>

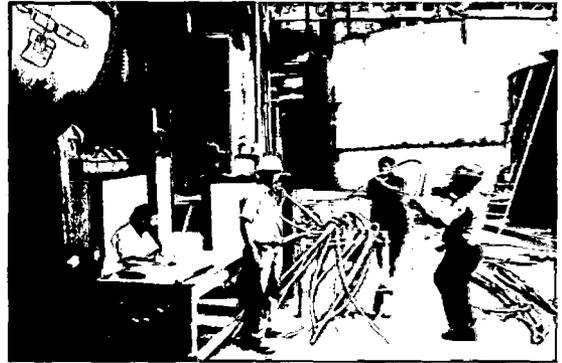
Fuente. Datos del área de asistencia de gerencia de campo.

## ANEXO 6

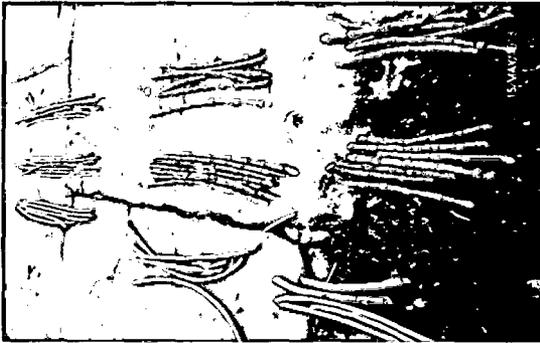
### PROCESO DE MUESTREO Y ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE CAÑA DE AZÚCAR SIN QUEMAR



Fotografía 1. Obtención de muestra de caña de azúcar en el campo.



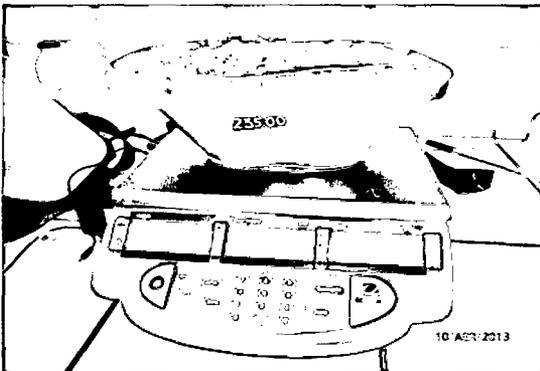
Fotografía 2. Muestra para la evaluación de análisis físico.



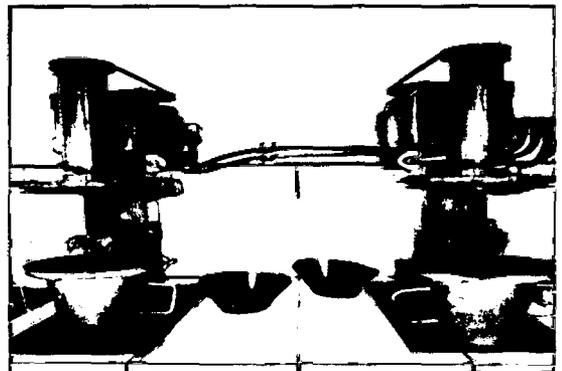
Fotografía 3. Muestra separada en los tres tercios para análisis químico.



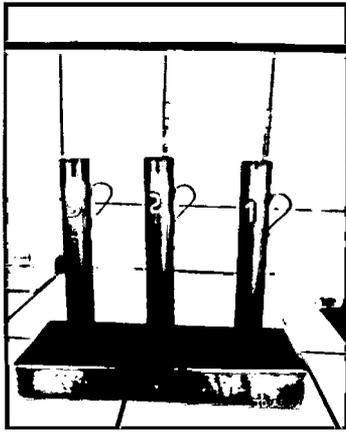
Fotografía 4. Desfibrado de las muestras mediante el "desfibrador".



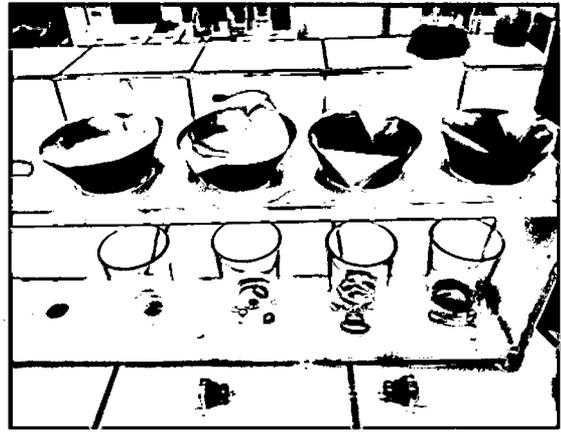
Fotografía 5. Pesado de la muestra para el licuado.



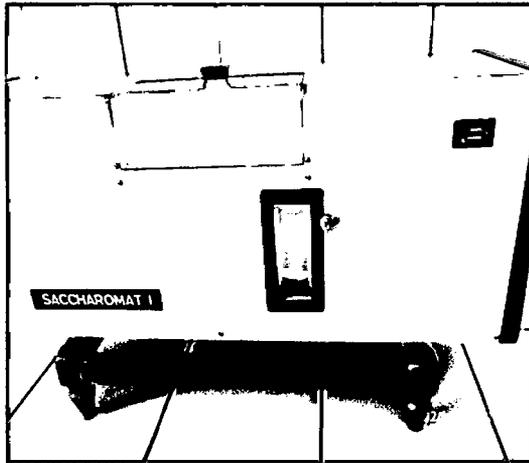
Fotografía 6. Licuado de muestras para obtención del extracto.



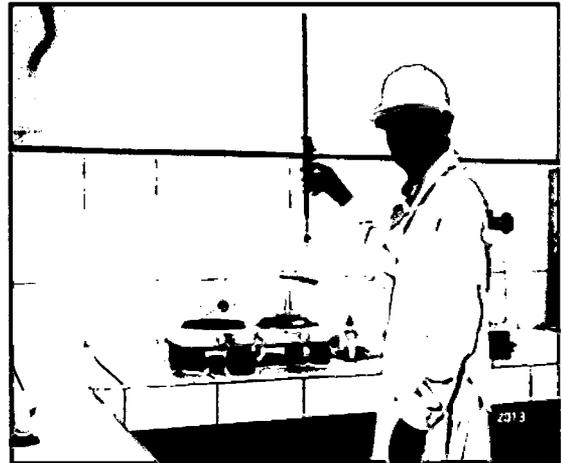
Fotografía 7. Determinación de °Brix de los tres tercios.



Fotografía 8. Filtrado de muestras para determinación de °Pol.



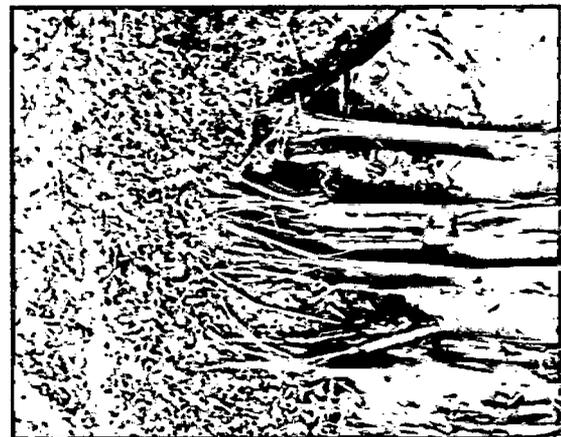
Fotografía 9. Determinación de °Pol mediante escala del sacarímetro.



Fotografía 10. Determinación de azúcares reductores.



Fotografía 11. Determinación del color rojo ladrillo o marrón oscuro.



Fotografía 12. Infestación de la caña de muestra evaluada.

## ANEXO 7

### PROCESO DE OBTENCIÓN DE MUESTRAS Y ANÁLISIS DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE CAÑA DE AZÚCAR QUEMADA



Fotografía 13. Quema de la caña de azúcar.



Fotografía 14. Corte de la caña de azúcar.



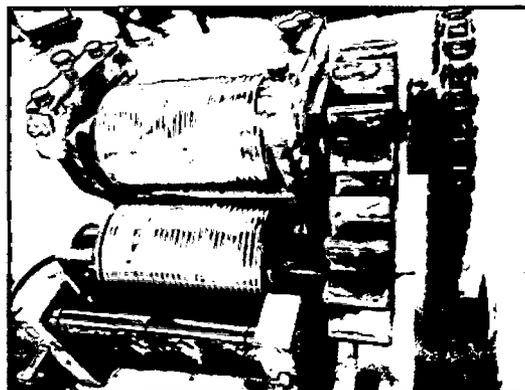
Fotografía 15. Obtención de muestras de caña quemada en el campo.



Fotografía 16. Traslado de las muestras del campo a la fábrica.



Fotografía 17. Muestras conservadas para las evaluaciones.



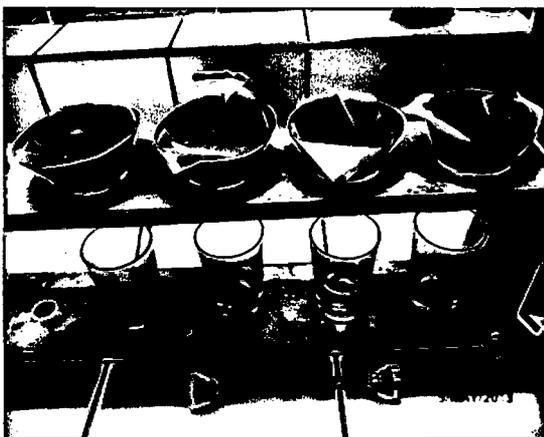
Fotografía 18. Trapiche de bronce que se utilizó para la obtención del jugo.



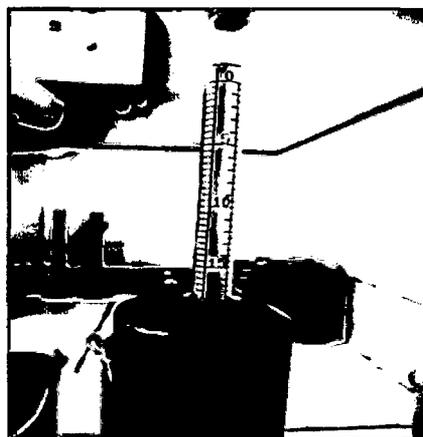
Fotografía 19. Molienda en el trapiche de bronce.



Fotografía 20. Jugo obtenido de las muestras para su evaluación.



Fotografía 21. Filtrado de muestra para determinar de °Pol.



Fotografía 22. Determinación de °Brix mediante el hidrómetro.



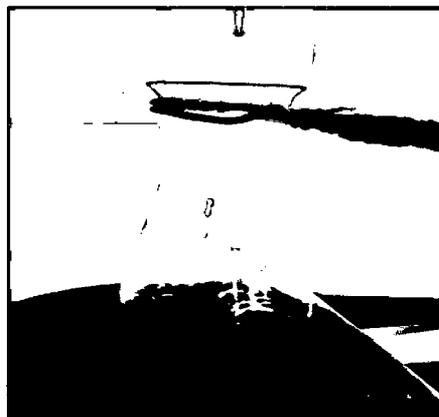
Fotografía 23. Determinación de °Pol mediante el sacarímetro.



Fotografía 24. Medición de los reactivos de Fehling "A" y "B".



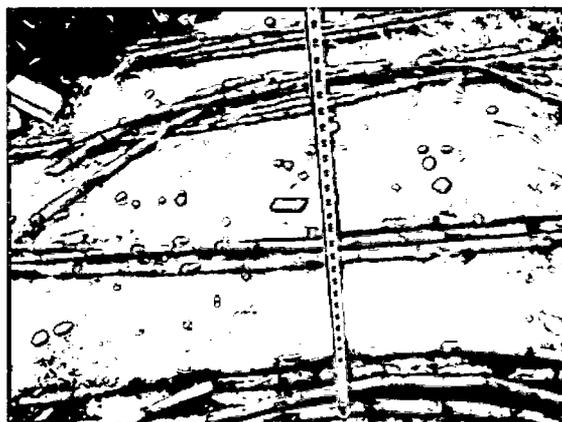
Fotografía 25. Determinación de azúcares reductores.



Fotografía 26. Determinación del color rojo ladrillo o marrón oscuro.



Fotografía 27. Determinación del pH de las muestras.



Fotografía 28. Medición de la temperatura ambiente de las muestras.



Fotografía 29. Infestación en muestra evaluada de caña quemada.



Fotografía 30. De izquierda a derecha, Gerente de Fábrica, Tesista y Jefe de Laboratorio de Fábrica.

## ANEXO 8

### CORRIDAS EXPERIMENTALES QUE SE REALIZARON EN EL TIEMPO POSTCOSECHA DE LAS CINCO VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR

Tabla 9. Resultados de °Brix, °Pol, Pureza, Azúcares reductores, índice de madurez y pH de las cinco variedades de caña de azúcar.

% °Brix	% °Pol	% Pureza	% Azúcares reductores	pH	% Índice de madurez	Campos evaluados	Varietales	Tiempo (horas)	Bloque
20,08	17,23	86,08	0,80	5,58	0,89	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	0	1
19,15	16,47	86,01	0,58	5,53	0,94	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	18	2
18,21	15,65	85,93	0,60	5,41	1,03	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	42	3
18,39	15,68	85,28	0,60	5,41	1,15	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	66	4
18,26	15,42	84,43	0,70	5,37	1,22	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	90	5
17,96	14,77	82,27	0,82	5,25	1,28	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	114	6
17,67	14,21	80,42	0,95	5,14	1,29	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	138	7
17,37	13,86	79,80	1,07	5,10	1,34	Sta. Elena Pátapo	PCG12-745	162	8
20,05	17,19	85,81	0,80	5,43	0,87	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	0	9
19,04	16,31	85,66	0,60	5,40	1,00	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	18	10
19,31	16,48	85,33	0,62	5,37	1,09	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	42	11
19,08	16,19	84,84	0,69	5,42	1,12	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	66	12
19,38	16,12	83,18	0,72	5,42	1,19	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	90	13
19,21	15,92	82,89	0,78	5,43	1,20	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	114	14
19,45	16,13	82,91	0,82	5,41	1,27	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	138	15
19,97	16,51	82,64	0,88	5,41	1,30	Sn. Manuel Pucalá	PCG12-745	162	16
21,11	18,00	85,30	0,86	5,59	0,96	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	0	17
19,23	16,50	85,82	0,70	5,57	1,03	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	18	18
18,91	16,15	85,44	0,75	5,50	1,07	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	42	19
18,90	16,07	85,06	0,76	5,45	1,13	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	66	20

18,53	15,76	85,03	0,81	5,43	1,18	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	90	21
18,95	15,86	83,68	0,95	5,40	1,29	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	114	22
20,13	15,72	78,09	1,12	5,35	1,47	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	138	23
20,05	15,66	78,09	1,38	5,30	1,51	Sta. Teresa Pucalá	PCG12-745	162	24
18,98	16,29	85,82	0,85	5,54	0,85	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	0	25
18,40	15,42	83,82	0,78	5,49	0,97	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	18	26
17,81	14,56	81,75	0,85	5,49	1,09	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	42	27
17,23	13,81	80,12	0,98	5,49	1,18	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	66	28
16,31	12,64	77,51	1,00	5,47	1,14	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	90	29
16,56	12,64	76,31	1,05	5,36	1,18	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	114	30
15,60	11,13	71,38	1,63	5,13	1,17	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	138	31
14,95	10,01	66,95	2,09	4,83	1,15	Sánchez-Pátapo-puntilla	CH32-8560	162	32
19,67	17,14	87,14	0,60	5,58	0,89	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	0	33
19,22	16,61	86,41	0,60	5,55	0,95	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	18	34
18,79	16,12	85,79	0,62	5,50	1,03	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	42	35
18,98	16,15	85,12	0,68	5,48	1,10	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	66	36
19,14	16,23	84,79	0,75	5,45	1,17	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	90	37
18,66	15,49	83,03	0,83	5,41	1,22	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	114	38
18,53	15,21	82,07	0,90	5,36	1,29	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	138	39
18,26	14,72	80,63	0,99	5,32	1,44	Sn. Manuel - Pucalá	CH32-8560	162	40
19,70	16,88	85,65	0,72	5,61	0,86	Entre ríos- Pucalá	CH37-1933	0	41
19,22	16,32	84,93	0,71	5,38	0,95	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	18	42
18,86	15,91	84,37	0,72	5,51	1,05	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	42	43
18,48	15,51	83,95	0,73	5,47	1,07	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	66	44
18,09	15,11	83,51	0,76	5,45	1,11	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	90	45
17,71	15,06	83,20	0,81	5,42	1,16	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	114	46
17,34	14,34	82,68	0,91	5,41	1,21	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	138	47
16,95	13,91	82,07	0,99	5,35	1,27	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	162	48
19,90	17,11	85,96	0,88	5,59	0,87	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	0	49
19,43	16,52	85,01	0,80	5,53	0,97	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	18	50

18,96	15,94	84,10	0,85	5,49	1,00	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	42	51
18,52	15,35	82,90	0,91	5,45	1,03	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	66	52
18,06	14,75	81,69	0,92	5,43	1,06	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	90	53
17,69	14,15	80,01	0,95	5,40	1,11	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	114	54
17,16	13,90	79,20	0,97	5,38	1,17	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	138	55
16,68	13,14	78,76	1,00	5,35	1,22	Entre ríos - Pucalá	CH37-1933	162	56
19,92	17,15	86,07	0,68	5,60	0,87	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	0	57
18,71	15,73	84,09	0,73	5,57	0,92	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	18	58
17,50	14,61	83,51	0,76	5,45	0,95	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	42	59
17,54	14,46	82,45	0,78	5,40	1,01	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	66	60
17,63	14,48	82,14	0,80	5,38	1,08	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	90	61
16,84	13,81	81,63	0,87	5,35	1,15	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	114	62
16,62	13,32	80,14	0,89	5,30	1,24	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	138	63
16,26	12,94	79,62	0,97	5,29	1,28	Infiernillo-Pucalá	RB72-454	162	64
19,15	16,52	86,30	0,75	5,60	0,85	El Mango - Pátapo	RB72-454	0	65
17,72	15,12	85,40	0,62	5,60	0,83	El Mango - Pátapo	RB72-454	18	66
17,58	14,96	85,06	0,66	5,54	0,96	El Mango - Pátapo	RB72-454	42	67
17,45	14,78	84,74	0,70	5,48	1,01	El Mango - Pátapo	RB72-454	66	68
17,23	14,26	82,78	0,77	5,44	1,05	El Mango - Pátapo	RB72-454	90	69
17,03	13,73	80,63	0,85	5,40	1,16	El Mango - Pátapo	RB72-454	114	70
16,87	13,53	80,20	0,89	5,34	1,24	El Mango - Pátapo	RB72-454	138	71
16,71	13,18	78,88	0,96	5,28	1,36	El Mango - Pátapo	RB72-454	162	72
18,90	15,84	83,81	0,93	5,57	0,94	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	0	73
18,19	15,61	85,81	0,71	5,52	0,91	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	18	74
18,03	15,23	84,50	0,74	5,50	0,95	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	42	75
17,85	14,96	83,78	0,75	5,49	0,99	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	66	76
17,44	14,43	82,76	0,77	5,49	0,99	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	90	77
16,55	13,53	81,77	0,81	5,46	0,99	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	114	78
16,63	13,37	80,36	0,85	5,41	1,09	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	138	79
16,81	13,25	78,81	0,94	5,35	1,20	Sn. Jorge Pátapo - La Cría	RB72-454	162	80

19,32	15,62	80,87	0,97	5,48	0,78	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	0	81
18,52	15,36	82,97	0,73	5,49	0,83	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	18	82
17,19	14,08	82,45	0,78	5,48	0,87	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	42	83
15,18	13,57	82,00	0,79	5,46	0,86	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	66	84
16,07	12,81	79,73	0,90	5,43	0,98	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	90	85
15,89	12,38	77,92	1,20	5,40	1,04	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	114	86
15,71	11,98	76,22	1,36	5,38	1,10	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	138	87
15,73	11,75	74,74	1,60	5,35	1,21	Sn. Alberto - Pucalá	H57-5171	162	88
18,08	15,44	85,43	0,97	5,53	0,90	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	0	89
17,66	14,99	84,92	0,72	5,49	1,13	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	18	90
17,24	14,43	83,68	0,78	5,48	1,13	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	42	91
16,65	13,56	81,42	1,04	5,45	1,16	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	66	92
16,52	13,39	81,04	1,22	5,40	1,24	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	90	93
16,42	12,96	78,93	1,41	5,36	1,33	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	114	94
16,17	12,51	77,38	1,60	5,35	1,52	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	138	95
16,00	12,18	76,13	1,84	5,34	1,72	Vega Sales- Pátapo	H57-5171	162	96

Datos obtenidos durante las evaluaciones de las muestras de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

## ANEXO 9

### PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGO APLICANDO PRUEBA DE TUKEY

#### 9.1 Porcentaje de incremento de azúcares reductores e índices de madurez de la variedad PCG12-745 en función al tiempo postcosecha

Tabla 10. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad PCG12-745

Horas	Casos azúcar reductor	Media	Grupos homogéneos azúcar reductor	Casos índice de madurez	Media	Grupos homogéneos índice de madurez
18	3	0,6266	X	3	0,9066	X
42	3	0,6566	XX	3	0,9900	XX
66	3	0,6833	XX	3	1,0633	XX
90	3	0,7433	XX	3	1,1333	XX
0	3	0,8200	XXX	3	1,1966	XX
114	3	0,8500	XX	3	1,2567	XX
138	3	0,9633	XX	3	1,3433	XX
162	3	1,1100	X	3	1,3833	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,1933	0,2084		-0,0833	0,1110
0 - 42		0,1633	0,2084	*	-0,1566	0,1110
0 - 66		0,1366	0,2084	*	-0,2266	0,1110
0 - 90		0,0766	0,2084	*	-0,2900	0,1110
0 - 114		-0,0300	0,2084	*	-0,3500	0,1110
0 - 138		-0,1433	0,2084	*	-0,4366	0,1110
0 - 162	*	-0,2900	0,2084	*	-0,4766	0,1110
18 - 42		-0,0300	0,2084		-0,0733	0,1110
18 - 66		-0,0566	0,2084	*	-0,1433	0,1110
18 - 90		-0,1166	0,2084	*	-0,2066	0,1110
18 - 114	*	-0,2233	0,2084	*	-0,2666	0,1110
18 - 138	*	-0,3366	0,2084	*	-0,3533	0,1110
18 - 162	*	-0,4833	0,2084	*	-0,3933	0,1110
42 - 66		-0,0266	0,2084		-0,0700	0,1110
42 - 90		-0,0866	0,2084	*	-0,1333	0,1110
42 - 114		-0,1933	0,2084	*	-0,1933	0,1110
42 - 138	*	-0,3066	0,2084	*	-0,2800	0,1110
42 - 162	*	-0,4533	0,2084	*	-0,3200	0,1110
66 - 90		-0,0600	0,2084		-0,0633	0,1110
66 - 114		-0,1666	0,2084	*	-0,1233	0,1110
66 - 138	*	-0,2800	0,2084	*	-0,2100	0,1110
66 - 162	*	-0,4266	0,2084	*	-0,2500	0,1110
90 - 114		-0,1066	0,2084		-0,0600	0,1110
90 - 138	*	-0,2200	0,2084	*	-0,1467	0,1110
90 - 162	*	-0,3666	0,2084	*	-0,1866	0,1110
114 - 138		-0,1133	0,2084		-0,0860	0,1110
114 - 162	*	-0,2600	0,2084	*	-0,1266	0,1110
138 - 162		-0,1466	0,2084		-0,0400	0,1110

\* indica una diferencia significativa.

Se a colocado un asterisco al lado de los 11 pares de azúcares reductores identificando 4 grupos homogéneos, el asterisco que se encuentra al lado de los 21 pares del índice de madurez identificando 7 grupos homogéneos; indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas, con un nivel del 95,0% de confianza.

## 9.2 Porcentaje de pérdida de pH de la variedad PCG12-745 en función al tiempo postcosecha

Tabla 11. Análisis de varianza de pH de la variedad PCG12-745

Variedad PCG12-745	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,1730	7	0,0247	2,6000	0,0535
Intra grupos	0,1518	16	0,0094		
Total (Corr.)	0,3248	23			

Fuente. Elaboración propia

La tabla ANOVA muestra la varianza de pH. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

## 9.3 Porcentaje de °Brix y °Pol de la variedad PCG12-745 en función al tiempo postcosecha

Tabla 12. Comparaciones múltiples para °Brix y °Pol de la variedad PCG12-745

Horas	Casos °Brix	Media	Grupos homogéneos °Brix	Casos °Pol	Media	Grupos homogéneos °Pol
114	3	18,7067	X	3	15,3433	X
90	3	18,7233	X	3	15,3533	X
66	3	18,7900	X	3	15,5167	X
42	3	18,8100	X	3	15,7667	X
138	3	19,0833	XX	3	15,9800	X
162	3	19,1300	XX	3	16,0933	X
18	3	19,1400	XX	3	16,4267	XX
0	3	20,4100	X	3	17,4733	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		1,2700	1,4378		1,0466	1,2022
0 - 42	*	1,6000	1,4378	*	1,3800	1,2022
0 - 66	*	1,6200	1,4378	*	1,4933	1,2022
0 - 90	*	1,6866	1,4378	*	1,7066	1,2022
0 - 114	*	1,7033	1,4378	*	1,9566	1,2022
0 - 138		1,3266	1,4378	*	2,1200	1,2022
0 - 162		1,2800	1,4378	*	2,1300	1,2022
18 - 42		0,3300	1,4378		0,3333	1,2022
18 - 66		0,3500	1,4378		0,4466	1,2022
18 - 90		0,4166	1,4378		0,6600	1,2022
18 - 114		0,4333	1,4378		0,9100	1,2022
18 - 138		0,0566	1,4378		1,0733	1,2022
18 - 162		0,0100	1,4378		1,0833	1,2022
42 - 66		0,0200	1,4378		0,1133	1,2022
42 - 90		0,0866	1,4378		0,3266	1,2022
42 - 114		0,1033	1,4378		0,5766	1,2022
42 - 138		-0,2733	1,4378		0,7400	1,2022
42 - 162		-0,3200	1,4378		0,7500	1,2022
66 - 90		0,0666	1,4378		0,2133	1,2022
66 - 114		0,0833	1,4378		0,4633	1,2022
66 - 138		-0,2933	1,4378		0,6266	1,2022
66 - 162		-0,3400	1,4378		0,6366	1,2022
90 - 114		0,0166	1,4378		0,2500	1,2022
90 - 138		-0,3600	1,4378		0,4133	1,2022
90 - 162		-0,4066	1,4378		0,4233	1,2022
114 - 138		-0,3766	1,4378		0,1633	1,2022
114 - 162		-0,4233	1,4378		0,1733	1,2022
138 - 162		-0,0466	1,4378		0,0100	1,2022

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares de °Brix, identificando 2 grupos homogéneos, el asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares de °Pol identificando 2 grupos homogéneos, indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

#### 9.4 Porcentaje de pérdida de Pureza de la variedad PCG12-745 en función al tiempo postcosecha

Tabla 13. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad PCG12-745

Horas	Casos	Media	Grupos homogéneos
162	3	80,1767	X
138	3	80,4733	X
114	3	82,9467	X
90	3	84,2133	XX
66	3	85,0600	XX
42	3	85,5667	X
0	3	85,7300	X
18	3	85,8300	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		-0,1000	2,1911
0 - 42		0,1633	2,1911
0 - 66		0,6700	2,1911
0 - 90		1,5166	2,1911
0 - 114	*	2,7833	2,1911
0 - 138	*	5,2566	2,1911
0 - 162	*	5,5533	2,1911
18 - 42		0,2633	2,1911
18 - 66		0,7700	2,1911
18 - 90		1,6166	2,1911
18 - 114	*	2,8833	2,1911
18 - 138	*	5,3566	2,1911
18 - 162	*	5,6533	2,1911
42 - 66		0,5066	2,1911
42 - 90		1,3533	2,1911
42 - 114	*	2,6200	2,1911
42 - 138	*	5,0933	2,1911
42 - 162	*	5,3900	2,1911
66 - 90		0,8466	2,1911
66 - 114		2,1133	2,1911
66 - 138	*	4,5866	2,1911
66 - 162	*	4,8833	2,1911
90 - 114		1,2666	2,1911
90 - 138	*	3,7400	2,1911
90 - 162	*	4,0366	2,1911
114 - 138	*	2,4733	2,1911
114 - 162	*	2,7700	2,1911
138 - 162		0,2966	2,1911

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple. El asterisco que se encuentra al lado de los 15 pares identificando 2 grupos homogéneos, indica que estos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.5 Porcentaje de incremento de azúcares reductores e índices de madurez de la variedad CH32-8560 en función al tiempo postcosecha

Tabla 14. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad CH32-8560

Horas	Casos azúcar reductor	Media	Grupos homogéneos azúcar reductor	Casos índice de madurez	Media	Grupos homogéneos índice de madurez
0	2	0,6000	X	2	0,8700	X
18	2	0,6000	X	2	0,9600	XX
42	2	0,6200	X	2	1,0600	XXX
66	2	0,6800	X	2	1,1400	XXX
90	2	0,7500	X	2	1,1550	XX
114	2	0,8300	X	2	1,2000	XX
138	2	0,9000	X	2	1,2300	XX
162	2	0,9900	X	2	1,2950	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,0000	0,0		-0,0900	0,1937
0 - 42	*	-0,0200	0,0		-0,1900	0,1937
0 - 66	*	-0,0800	0,0	*	-0,2700	0,1937
0 - 90	*	-0,1500	0,0	*	-0,2850	0,1937
0 - 114	*	-0,2300	0,0	*	-0,3300	0,1937
0 - 138	*	-0,3000	0,0	*	-0,3600	0,1937
0 - 162	*	-0,3900	0,0	*	-0,4250	0,1937
18 - 42	*	-0,0200	0,0		-0,1000	0,1937
18 - 66	*	-0,0800	0,0		-0,1800	0,1937
18 - 90	*	-0,1500	0,0	*	-0,1950	0,1937
18 - 114	*	-0,2300	0,0	*	-0,2400	0,1937
18 - 138	*	-0,3000	0,0	*	-0,2700	0,1937
18 - 162	*	-0,3900	0,0	*	-0,3350	0,1937
42 - 66	*	-0,0600	0,0		-0,0800	0,1937
42 - 90	*	-0,1300	0,0		-0,0950	0,1937
42 - 114	*	-0,2100	0,0		-0,1400	0,1937
42 - 138	*	-0,2800	0,0		-0,1700	0,1937
42 - 162	*	-0,3700	0,0	*	-0,2350	0,1937
66 - 90	*	-0,0700	0,0		-0,0150	0,1937
66 - 114	*	-0,1500	0,0		-0,0600	0,1937
66 - 138	*	-0,2200	0,0		-0,0900	0,1937
66 - 162	*	-0,3100	0,0		-0,1550	0,1937
90 - 114	*	-0,0800	0,0		-0,0450	0,1937
90 - 138	*	-0,1500	0,0		-0,0750	0,1937
90 - 162	*	-0,2400	0,0		-0,1400	0,1937
114 - 138	*	-0,0700	0,0		-0,0300	0,1937
114 - 162	*	-0,1600	0,0		-0,0950	0,1937
138 - 162	*	-0,0900	0,0		-0,0650	0,1937

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 27 pares de azúcar reductor, identificando 7 grupos homogéneos, el asterisco que se encuentra al lado de los 10 pares de índice de madurez, identificando 4 grupos homogéneos. Indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.6 Porcentaje de pérdida de pH de la variedad CH32-8560 en función al tiempo postcosecha

Tabla 15. Análisis de varianza de pH de la variedad CH32-8560

variedad CH32-8560	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,3792	7	0,0541	2,8800	0,0809
Intra grupos	0,1506	8	0,0188		
Total (Corr.)	0,5299	15			

Fuente. Elaboración propia

La tabla ANOVA muestra la varianza de pH. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.7 Porcentaje de °Brix y °Pol de la variedad CH32-8560 en función al tiempo postcosecha

Tabla 16. Comparaciones múltiples para °Brix y °Pol de la variedad CH32-8560

Horas	Casos °Brix	Media	Grupos homogéneos °Brix	Casos °Pol	Media	Grupos homogéneos °Pol
162	2	16,6050	X	2	12,3650	X
138	2	17,0650	X	2	13,1700	X
114	2	17,6100	X	2	14,0650	X
90	2	17,7250	X	2	14,4350	X
66	2	18,1050	X	2	14,9800	X
42	2	18,3000	X	2	15,3400	X
18	2	18,8100	X	2	16,0150	X
0	2	19,3250	X	2	16,7150	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,5150	3,5129		<b>0,7000</b>	4,8195
0 - 42		1,0250	3,5129		<b>1,3750</b>	4,8195
0 - 66		1,2200	3,5129		<b>1,7350</b>	4,8195
0 - 90		1,6000	3,5129		<b>2,2800</b>	4,8195
0 - 114		1,7150	3,5129		<b>2,6500</b>	4,8195
0 - 138		2,2600	3,5129		<b>3,5450</b>	4,8195
0 - 162		2,7200	3,5129		<b>4,3500</b>	4,8195
18 - 42		0,5100	3,5129		<b>0,6750</b>	4,8195
18 - 66		0,7050	3,5129		<b>1,0350</b>	4,8195
18 - 90		1,0850	3,5129		<b>1,5800</b>	4,8195
18 - 114		1,2000	3,5129		<b>1,9500</b>	4,8195
18 - 138		1,7450	3,5129		<b>2,8450</b>	4,8195
18 - 162		2,2050	3,5129		<b>3,6500</b>	4,8195
42 - 66		0,1950	3,5129		<b>0,3600</b>	4,8195
42 - 90		0,5750	3,5129		<b>0,9050</b>	4,8195
42 - 114		0,6900	3,5129		<b>1,2750</b>	4,8195
42 - 138		1,2350	3,5129		<b>2,1700</b>	4,8195
42 - 162		1,6950	3,5129		<b>2,9750</b>	4,8195
66 - 90		0,3800	3,5129		<b>0,5450</b>	4,8195
66 - 114		0,4950	3,5129		<b>0,9150</b>	4,8195
66 - 138		1,0400	3,5129		<b>1,8100</b>	4,8195
66 - 162		1,5000	3,5129		<b>2,6150</b>	4,8195
90 - 114		0,1150	3,5129		<b>0,3700</b>	4,8195
90 - 138		0,6600	3,5129		<b>1,2650</b>	4,8195
90 - 162		1,1200	3,5129		<b>2,0700</b>	4,8195
114 - 138		0,5450	3,5129		<b>0,8950</b>	4,8195
114 - 162		1,0050	3,5129		<b>1,7000</b>	4,8195
138 - 162		0,4600	3,5129		<b>0,8050</b>	4,8195

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiples muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias de °Brix y de °Pol, con un nivel del 95,0% de confianza, identificando un grupo homogéneo.

### 9.8 Porcentaje de pérdida de Pureza de la variedad CH32-8560 en función al tiempo postcosecha

Tabla 17. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad CH32-8560

Horas	Casos	Media	Grupos homogéneos
162	2	73,7900	X
138	2	76,7250	XX
114	2	79,6700	XX
90	2	81,1500	XX
66	2	82,6200	XX
42	2	83,7700	XX
18	2	85,1150	XX
0	2	86,4800	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		1,3650	12,2206
0 - 42		2,7100	12,2206
0 - 66		3,8600	12,2206
0 - 90		5,3300	12,2206
0 - 114		6,8100	12,2206
0 - 138		9,7550	12,2206
0 - 162	*	12,6900	12,2206
18 - 42		1,3450	12,2206
18 - 66		2,4950	12,2206
18 - 90		3,9650	12,2206
18 - 114		5,4450	12,2206
18 - 138		8,3900	12,2206
18 - 162		11,3250	12,2206
42 - 66		1,1500	12,2206
42 - 90		2,6200	12,2206
42 - 114		4,1000	12,2206
42 - 138		7,0450	12,2206
42 - 162		9,9800	12,2206
66 - 90		1,4700	12,2206
66 - 114		2,9500	12,2206
66 - 138		5,8950	12,2206
66 - 162		8,8300	12,2206
90 - 114		1,4800	12,2206
90 - 138		4,4250	12,2206
90 - 162		7,3600	12,2206
114 - 138		2,9450	12,2206
114 - 162		5,8800	12,2206
138 - 162		2,9350	12,2206

\* indica una diferencia significativa.

Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, se han identificado 2 grupos homogéneos.

### 9.9 Porcentaje de incremento de azúcares reductores e índice de madurez de la variedad CH37-1933 en función al tiempo postcosecha

Tabla 18. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad CH37-1933

Horas	Casos azúcar reductor	Media	Grupos homogéneos azúcar reductor	Casos índice de madurez	Media	Grupos homogéneos índice de madurez
18	2	0,7550	X	2	0,8650	X
42	2	0,7850	X	2	0,9600	X
0	2	0,8000	XX	2	1,0250	XX
66	2	0,8200	XX	2	1,0500	X
90	2	0,8400	XX	2	1,0850	XX
114	2	0,8800	XX	2	1,1350	XX
138	2	0,9400	XX	2	1,1900	XX
162	2	0,9950	X	2	1,2450	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,0450	0,2093	*	-0,0950	0,0674
0 - 42		0,0150	0,2093	*	-0,1600	0,0674
0 - 66		-0,0200	0,2093	*	-0,1850	0,0674
0 - 90		-0,0400	0,2093	*	-0,2200	0,0674
0 - 114		-0,0800	0,2093	*	-0,2700	0,0674
0 - 138		-0,1400	0,2093	*	-0,3250	0,0674
0 - 162		-0,1950	0,2093	*	-0,3800	0,0674
18 - 42		-0,0300	0,2093		-0,0650	0,0674
18 - 66		-0,0650	0,2093	*	-0,0900	0,0674
18 - 90		-0,0850	0,2093	*	-0,1250	0,0674
18 - 114		-0,1250	0,2093	*	-0,1750	0,0674
18 - 138		-0,1850	0,2093	*	-0,2300	0,0674
18 - 162	*	-0,2400	0,2093	*	-0,2850	0,0674
42 - 66		-0,0350	0,2093		-0,0250	0,0674
42 - 90		-0,0550	0,2093		-0,0600	0,0674
42 - 114		-0,0950	0,2093	*	-0,1100	0,0674
42 - 138		-0,1550	0,2093	*	-0,1650	0,0674
42 - 162	*	-0,2100	0,2093	*	-0,2200	0,0674
66 - 90		-0,0200	0,2093		-0,0350	0,0674
66 - 114		-0,0600	0,2093	*	-0,0850	0,0674
66 - 138		-0,1200	0,2093	*	-0,1400	0,0674
66 - 162		-0,1750	0,2093	*	-0,1950	0,0674
90 - 114		-0,0400	0,2093		-0,0500	0,0674
90 - 138		-0,1000	0,2093	*	-0,1050	0,0674
90 - 162		-0,1550	0,2093	*	-0,1600	0,0674
114 - 138		-0,0600	0,2093		-0,0550	0,0674
114 - 162		-0,1150	0,2093	*	-0,1100	0,0674
138 - 162		-0,0550	0,2093		-0,0550	0,0674

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares de azúcares reductores, identificando 2 grupos homogéneos, el asterisco que se encuentra al lado de los 21 pares de índice de madurez, identificando 6 grupos homogéneos. Indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.10 Porcentaje de pérdida de pH de la variedad CH37-1933 en función al tiempo postcosecha

Tabla 19. Análisis de varianza de pH de la variedad CH37-1933

variedad CH37-1933	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0796	7	0,0113	7,1700	0,0063
Intra grupos	0,0127	8	0,0015		
Total (Corr.)	0,0923	15			

Fuente. Elaboración propia

La tabla ANOVA muestra la varianza de pH. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.11 Porcentaje de °Brix y °Pol de la variedad CH37-1933 en función al tiempo postcosecha

Tabla 20. Comparaciones múltiples para °Brix y °Pol de la variedad CH37-1933

Horas	Casos °Brix	Media	Grupos homogéneos °Brix	Casos °Pol	Media	Grupos homogéneos °Pol
162	2	16,8150	X	2	13,5250	X
138	2	17,2500	X	2	14,1200	XX
114	2	17,7000	X	2	14,6050	XX
90	2	18,0750	X	2	14,9300	XX
66	2	18,5000	X	2	15,4300	XX
42	2	18,9100	X	2	15,9250	XX
18	2	19,3250	X	2	16,4200	XX
0	2	19,8000	X	2	16,9950	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18	*	0,4750	0,2592		0,5750	0,7870
0 - 42	*	0,8900	0,2592	*	1,0700	0,7870
0 - 66	*	1,3000	0,2592	*	1,5650	0,7870
0 - 90	*	1,7250	0,2592	*	2,0650	0,7870
0 - 114	*	2,1000	0,2592	*	2,3900	0,7870
0 - 138	*	2,5500	0,2592	*	2,8750	0,7870
0 - 162	*	2,9850	0,2592	*	3,4700	0,7870
18 - 42	*	0,4150	0,2592		0,4950	0,7870
18 - 66	*	0,8250	0,2592	*	0,9900	0,7870
18 - 90	*	1,2500	0,2592	*	1,4900	0,7870
18 - 114	*	1,6250	0,2592	*	1,8150	0,7870
18 - 138	*	2,0750	0,2592	*	2,3000	0,7870
18 - 162	*	2,5100	0,2592	*	2,8950	0,7870
42 - 66	*	0,4100	0,2592		0,4950	0,7870
42 - 90	*	0,8350	0,2592	*	0,9950	0,7870
42 - 114	*	1,2100	0,2592	*	1,3200	0,7870
42 - 138	*	1,6600	0,2592	*	1,8050	0,7870
42 - 162	*	2,0950	0,2592	*	2,4000	0,7870
66 - 90	*	0,4250	0,2592		0,5000	0,7870
66 - 114	*	0,8000	0,2592	*	0,8250	0,7870
66 - 138	*	1,2500	0,2592	*	1,3100	0,7870
66 - 162	*	1,6850	0,2592	*	1,9050	0,7870
90 - 114	*	0,3750	0,2592		0,3250	0,7870
90 - 138	*	0,8250	0,2592	*	0,8100	0,7870
90 - 162	*	1,2600	0,2592	*	1,4050	0,7870
114 - 138	*	0,4500	0,2592		0,4850	0,7870
114 - 162	*	0,8850	0,2592	*	1,0800	0,7870
138 - 162	*	0,4350	0,2592		0,5950	0,7870

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que esta al lado de los 28 pares de °Brix con 8 grupos homogéneos, el asterisco que esta al lado de los 21 pares de °Pol, con 7 grupos homogéneos. Indican que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.12 Porcentaje de pérdida de Pureza de la variedad CH37-1933 en función al tiempo postcosecha

Tabla 21. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad CH37-1933

Horas	Casos	Media	Grupos homogéneos
162	2	80,4150	X
138	2	80,9400	XX
114	2	81,6050	XXX
90	2	82,6000	XXXX
66	2	83,4250	XXXX
42	2	84,2350	XXX
18	2	84,9700	XX
0	2	85,8050	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,8350	3,5459
0 - 42		1,5700	3,5459
0 - 66		2,3800	3,5459
0 - 90		3,2050	3,5459
0 - 114	*	4,2000	3,5459
0 - 138	*	4,8650	3,5459
0 - 162	*	5,3900	3,5459
18 - 42		0,7350	3,5459
18 - 66		1,5450	3,5459
18 - 90		2,3700	3,5459
18 - 114		3,3650	3,5459
18 - 138	*	4,0300	3,5459
18 - 162	*	4,5550	3,5459
42 - 66		0,8100	3,5459
42 - 90		1,6350	3,5459
42 - 114		2,6300	3,5459
42 - 138		3,2950	3,5459
42 - 162	*	3,8200	3,5459
66 - 90		0,8250	3,5459
66 - 114		1,8200	3,5459
66 - 138		2,4850	3,5459
66 - 162		3,0100	3,5459
90 - 114		0,9950	3,5459
90 - 138		1,6600	3,5459
90 - 162		2,1850	3,5459
114 - 138		0,6650	3,5459
114 - 162		1,1900	3,5459
138 - 162		0,5250	3,5459

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0 % de confianza.

### 9.13 Porcentaje de incremento de azúcares reductores e índice de madurez de la variedad RB72-454 en función al tiempo postcosecha

Tabla 22. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad RB72-454

Horas	Casos Azúcar reductor	Media	Grupos homogéneos azúcar reductor	Casos	Media índice de madurez	Grupos homogéneos Índice de madurez
18	3	0,6866	X	3	0,8866	X
42	3	0,7200	XX	3	0,8866	X
66	3	0,7433	XX	3	0,9533	XX
90	3	0,7800	XXX	3	1,0033	XX
0	3	0,7866	XX	3	1,0400	XX
114	3	0,8433	X	3	1,1000	XX
138	3	0,8766	XX	3	1,1900	XX
162	3	0,9566	X	3	1,2800	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18	*	0,1000	0,0996		0,0000	0,1058
0 - 42		0,0666	0,0996		-0,0666	0,1058
0 - 66		0,0433	0,0996	*	-0,1166	0,1058
0 - 90		0,0066	0,0996	*	-0,1533	0,1058
0 - 114		-0,0566	0,0996	*	-0,2133	0,1058
0 - 138		-0,0900	0,0996	*	-0,3033	0,1058
0 - 162	*	-0,1700	0,0996	*	-0,3933	0,1058
18 - 42		-0,0333	0,0996		-0,0666	0,1058
18 - 66		-0,0566	0,0996	*	-0,1166	0,1058
18 - 90		-0,0933	0,0996	*	-0,1533	0,1058
18 - 114	*	-0,1566	0,0996	*	-0,2133	0,1058
18 - 138	*	-0,1900	0,0996	*	-0,3033	0,1058
18 - 162	*	-0,2700	0,0996	*	-0,3933	0,1058
42 - 66		-0,0233	0,0996		-0,0500	0,1058
42 - 90		-0,0600	0,0996		-0,0866	0,1058
42 - 114	*	-0,1233	0,0996	*	-0,1466	0,1058
42 - 138	*	-0,1566	0,0996	*	-0,2366	0,1058
42 - 162	*	-0,2366	0,0996	*	-0,3266	0,1058
66 - 90		-0,0366	0,0996		-0,0366	0,1058
66 - 114	*	-0,1000	0,0996		-0,0966	0,1058
66 - 138	*	-0,1333	0,0996	*	-0,1866	0,1058
66 - 162	*	-0,2133	0,0996	*	-0,2766	0,1058
90 - 114		-0,0633	0,0996		-0,0600	0,1058
90 - 138		-0,0966	0,0996	*	-0,1500	0,1058
90 - 162	*	-0,1766	0,0996	*	-0,2400	0,1058
114 - 138		-0,0333	0,0996		-0,0900	0,1058
114 - 162	*	-0,1133	0,0996	*	-0,1800	0,1058
138 - 162		-0,0800	0,0996		-0,0900	0,1058

\* indica una diferencia significativa.

Se a colocado un asterisco al lado de los 13 pares de azúcar reductor, identificando 4 grupos homogéneos, el asterisco que se encuentra al lado de los 18 pares de índice de madurez identificando 5 grupos homogéneos, indica que estos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel de hora y otro del 95,0% de confianza.

#### 9.14 Porcentaje de pérdida de pH de la variedad RB72-454 en función al tiempo postcosecha

Tabla 23. Análisis de varianza para pH de la variedad RB72-454

variedad RB72-454	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,2026	7	0,0289	13,6300	0,0000
Intra grupos	0,0340	16	0,0021		
Total (Corr.)	0,2366	23			

Fuente. Elaboración propia

La tabla ANOVA muestra que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.15 Porcentaje de °Brix y °Pol de la variedad RB72-454 en función al tiempo postcosecha

Tabla 24. Comparaciones múltiples para °Brix y °Pol de la variedad RB72-454

Horas	Casos °Brix	Media	Grupos homogéneos °Brix	Casos °Pol	Media	Grupos homogéneos °Pol
162	3	16,5933	X	3	13,1233	X
138	3	16,7067	X	3	13,4067	XX
114	3	16,8067	X	3	13,6900	X
90	3	17,4333	X	3	14,3900	X
66	3	17,6133	X	3	14,7333	XX
42	3	17,7033	XX	3	14,9333	X
18	3	18,2067	X	3	15,4867	X
0	3	19,3233	X	3	16,5033	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18	*	1,1166	0,5668	*	1,0166	0,5359
0 - 42	*	1,6200	0,5668	*	1,5700	0,5359
0 - 66	*	1,7100	0,5668	*	1,7700	0,5359
0 - 90	*	1,8900	0,5668	*	2,1133	0,5359
0 - 114	*	2,5166	0,5668	*	2,8133	0,5359
0 - 138	*	2,6166	0,5668	*	3,0966	0,5359
0 - 162	*	2,7300	0,5668	*	3,3800	0,5359
18 - 42		0,5033	0,5668	*	0,5533	0,5359
18 - 66	*	0,5933	0,5668	*	0,7533	0,5359
18 - 90	*	0,7733	0,5668	*	1,0966	0,5359
18 - 114	*	1,4000	0,5668	*	1,7966	0,5359
18 - 138	*	1,5000	0,5668	*	2,0800	0,5359
18 - 162	*	1,6133	0,5668	*	2,3633	0,5359
42 - 66		0,0900	0,5668		0,2000	0,5359
42 - 90		0,2700	0,5668	*	0,5433	0,5359
42 - 114	*	0,8966	0,5668	*	1,2433	0,5359
42 - 138	*	0,9966	0,5668	*	1,5266	0,5359
42 - 162	*	1,1100	0,5668	*	1,8100	0,5359
66 - 90		0,1800	0,5668		0,3433	0,5359
66 - 114	*	0,8066	0,5668	*	1,0433	0,5359
66 - 138	*	0,9066	0,5668	*	1,3266	0,5359
66 - 162	*	1,0200	0,5668	*	1,6100	0,5359
90 - 114	*	0,6260	0,5668	*	0,7000	0,5359
90 - 138	*	0,7266	0,5668	*	0,9833	0,5359
90 - 162	*	0,8400	0,5668	*	1,2666	0,5359
114 - 138		0,1000	0,5668		0,2833	0,5359
114 - 162		0,2133	0,5668	*	0,5660	0,5359
138 - 162		0,1133	0,5668		0,2833	0,5359

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 21 pares de °Brix e identificado 4 grupos homogéneos, y el asterisco que se encuentra al lado de los 24 pares °Pol identificando 6 grupos homogéneos, indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.16 Porcentaje de pérdida de Pureza de la variedad RB72-454 en función al tiempo postcosecha

Tabla 25. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad RB72-454

Horas	Casos	Media	Grupos homogéneos
162	3	79,1033	X
138	3	80,2333	XX
114	3	81,3433	XX
90	3	82,5600	XX
66	3	83,6567	XX
42	3	84,3567	XX
18	3	85,1000	X
0	3	85,3933	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,2933	1,4184
0 - 42		1,0366	1,4184
0 - 66	*	1,7366	1,4184
0 - 90	*	2,8333	1,4184
0 - 114	*	4,0500	1,4184
0 - 138	*	5,1600	1,4184
0 - 162	*	6,2900	1,4184
18 - 42		0,7433	1,4184
18 - 66	*	1,4433	1,4184
18 - 90	*	2,5400	1,4184
18 - 114	*	3,7566	1,4184
18 - 138	*	4,8666	1,4184
18 - 162	*	5,9966	1,4184
42 - 66		0,7000	1,4184
42 - 90	*	1,7966	1,4184
42 - 114	*	3,0133	1,4184
42 - 138	*	4,1233	1,4184
42 - 162	*	5,2533	1,4184
66 - 90		1,0966	1,4184
66 - 114	*	2,3133	1,4184
66 - 138	*	3,4233	1,4184
66 - 162	*	4,5533	1,4184
90 - 114		1,2166	1,4184
90 - 138	*	2,3266	1,4184
90 - 162	*	3,4566	1,4184
114 - 138		1,1100	1,4184
114 - 162	*	2,2400	1,4184
138 - 162		1,1300	1,4184

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 20 pares identificando 6 grupos homogéneos. Indica que estos muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.17 Porcentaje de incremento de azúcares reductores e índice de madurez de la variedad H57-5171 en función al tiempo postcosecha

Tabla 26. Comparaciones múltiples para azúcares reductores e índice de madurez de la variedad H57-5171

Horas	Casos Azúcar reductor	Media	Grupos homogéneos Azúcar reductor	Casos índices de madurez	Media	Grupos homogéneos Índice de madurez
18	2	0,7250	X	2	0,8400	X
42	2	0,7800	XX	2	0,9800	XX
66	2	0,9150	XX	2	1,0000	XX
0	2	0,9700	XX	2	1,0100	XX
90	2	1,0600	XX	2	1,1100	XX
114	2	1,3050	XX	2	1,1850	XX
138	2	1,4800	XX	2	1,3100	XX
162	2	1,7200	X	2	1,4650	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,2450	0,3283		-0,1400	0,5315
0 - 42		0,1900	0,3283		-0,1600	0,5315
0 - 66		0,0550	0,3283		-0,1700	0,5315
0 - 90		-0,0900	0,3283		-0,2700	0,5315
0 - 114	*	-0,3350	0,3283		-0,3450	0,5315
0 - 138	*	-0,5100	0,3283		-0,4700	0,5315
0 - 162	*	-0,7500	0,3283	*	-0,6250	0,5315
18 - 42		-0,0550	0,3283		-0,0200	0,5315
18 - 66		-0,1900	0,3283		-0,0300	0,5315
18 - 90	*	-0,3350	0,3283		-0,1300	0,5315
18 - 114	*	-0,5800	0,3283		-0,2050	0,5315
18 - 138	*	-0,7550	0,3283		-0,3300	0,5315
18 - 162	*	-0,9950	0,3283		-0,4850	0,5315
42 - 66		-0,1350	0,3283		-0,0100	0,5315
42 - 90		-0,2800	0,3283		-0,1100	0,5315
42 - 114	*	-0,5250	0,3283		-0,1850	0,5315
42 - 138	*	-0,7000	0,3283		-0,3100	0,5315
42 - 162	*	-0,9400	0,3283		-0,4650	0,5315
66 - 90		-0,1450	0,3283		-0,1000	0,5315
66 - 114	*	-0,3900	0,3283		-0,1750	0,5315
66 - 138	*	-0,5650	0,3283		-0,3000	0,5315
66 - 162	*	-0,8050	0,3283		-0,4550	0,5315
90 - 114		-0,2450	0,3283		-0,0750	0,5315
90 - 138	*	-0,4200	0,3283		-0,2000	0,5315
90 - 162	*	-0,6600	0,3283		-0,3550	0,5315
114 - 138		-0,1750	0,3283		-0,1250	0,5315
114 - 162	*	-0,4150	0,3283		-0,2800	0,5315
138 - 162		-0,2400	0,3283		-0,1550	0,5315

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 16 pares de azúcares reductores identificando 5 grupos homogéneos, y el asterisco junto a 1 par de índice de madurez, identificando 2 grupos homogéneos. Indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza

### 9.18 Porcentaje de pérdida de pH de la variedad H57-5171 en función al tiempo postcosecha

Tabla 27. Análisis de varianza para pH de la variedad H57-5171

variedad H57-5171	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0530	7	0,0075	19.8800	0.0002
Intra grupos	0,0030	8	0,0003		
Total (Corr.)	0,0560	15			

Fuente. Elaboración propia

La tabla ANOVA muestra la varianza de pH, puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente **significativa entre la media de pH** entre un nivel de horas y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

### 9.19 Porcentaje de °Brix y °Pol de la variedad H57-5171 en función al tiempo postcosecha

Tabla 28. Comparaciones múltiples para °Brix y °Pol de la variedad H57-5171

Horas	Casos °Brix	Media	Grupos homogéneos °Brix	Casos °Pol	Media	Grupos homogéneos °Pol
162	2	15,8650	X	2	11,9650	X
66	2	15,9150	XX	2	12,2450	XX
138	2	15,9400	XX	2	12,6700	XX
114	2	16,1550	XX	2	13,1000	XX
90	2	16,2950	XX	2	13,5650	X
42	2	17,2150	XX	2	14,2550	X
18	2	18,0900	XX	2	15,1750	X
0	2	18,7000	X	2	15,5300	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,6100	1,3157		0,355	0,6895
0 - 42	*	1,4850	1,3157	*	1,2750	0,6895
0 - 66	*	2,7850	1,3157	*	1,9650	0,6895
0 - 90	*	2,4050	1,3157	*	2,4300	0,6895
0 - 114	*	2,5450	1,3157	*	2,8600	0,6895
0 - 138	*	2,7600	1,3157	*	3,2850	0,6895
0 - 162	*	2,8350	1,3157	*	3,5650	0,6895
18 - 42		0,8750	1,3157	*	0,9200	0,6895
18 - 66	*	2,1750	1,3157	*	1,6100	0,6895
18 - 90	*	1,7950	1,3157	*	2,0750	0,6895
18 - 114	*	1,9350	1,3157	*	2,5050	0,6895
18 - 138	*	2,1500	1,3157	*	2,9300	0,6895
18 - 162	*	2,2250	1,3157	*	3,2100	0,6895
42 - 66		1,3000	1,3157	*	0,6900	0,6895
42 - 90		0,9200	1,3157	*	1,1550	0,6895
42 - 114		1,0600	1,3157	*	1,5850	0,6895
42 - 138		1,2750	1,3157	*	2,0100	0,6895
42 - 162	*	1,3500	1,3157	*	2,2900	0,6895
66 - 90		-0,3800	1,3157		0,4650	0,6895
66 - 114		-0,2400	1,3157	*	0,8950	0,6895
66 - 138		-0,0250	1,3157	*	1,3200	0,6895
66 - 162		0,0500	1,3157	*	1,6000	0,6895
90 - 114		0,1400	1,3157		0,4300	0,6895
90 - 138		0,3550	1,3157	*	0,8550	0,6895
90 - 162		0,4300	1,3157	*	1,1350	0,6895
114 - 138		0,2150	1,3157		0,4250	0,6895
114 - 162		0,2900	1,3157	*	0,7050	0,6895
138 - 162		0,0750	1,3157		0,2800	0,6895

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 12 pares de °Brix identificando 4 grupos homogéneos, y el asterisco que se encuentra al lado de los 23 pares de °Pol identificando 6 grupos homogéneos. Indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza.

## 9.20 Porcentaje de pérdida de Pureza de la variedad H57-5171 en función al tiempo postcosecha

Tabla 29. Comparaciones múltiples para Pureza de la variedad H57-5171

Horas	Casos	Media	Grupos homogéneos
162	2	75,4350	X
138	2	76,8000	XX
114	2	78,4250	XX
90	2	80,3850	XX
66	2	81,7100	XX
42	2	83,0650	XX
18	2	83,9450	X
0	2	84,6500	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 18		0,7050	2,1647
0 - 42		1,5850	2,1647
0 - 66	*	2,9400	2,1647
0 - 90	*	4,2650	2,1647
0 - 114	*	6,2250	2,1647
0 - 138	*	7,8500	2,1647
0 - 162	*	9,2150	2,1647
18 - 42		0,8800	2,1647
18 - 66	*	2,2350	2,1647
18 - 90	*	3,5600	2,1647
18 - 114	*	5,5200	2,1647
18 - 138	*	7,1450	2,1647
18 - 162	*	8,5100	2,1647
42 - 66		1,3550	2,1647
42 - 90	*	2,6800	2,1647
42 - 114	*	4,6400	2,1647
42 - 138	*	6,2650	2,1647
42 - 162	*	7,6300	2,1647
66 - 90		1,3250	2,1647
66 - 114	*	3,2850	2,1647
66 - 138	*	4,9100	2,1647
66 - 162	*	6,2750	2,1647
90 - 114		1,9600	2,1647
90 - 138	*	3,5850	2,1647
90 - 162	*	4,9500	2,1647
114 - 138		1,6250	2,1647
114 - 162	*	2,9900	2,1647
138 - 162		1,3650	2,1647

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 20 pares indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, se han identificado 6 grupos homogéneos.

### 9.21 Porcentaje de pérdida de pH en las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

Tabla 30. Comparaciones múltiples de pH de las cinco variedades de caña de azúcar

variedad	Casos	Media	Grupos homogéneos
CH32-8560	14	5,3807	X
PCG12-745	21	5,3842	X
H57-5171	14	5,4185	X
CH37-1933	14	5,4300	X
RB72-454	21	5,4304	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CH32-8560 - CH37-1933		-0,0492	0,0836
CH32-8560 - H57-5171		-0,0378	0,0836
CH32-8560 - PCG12-745		-0,0035	0,0763
CH32-8560 - RB72-454		-0,0497	0,0763
CH37-1933 - H57-5171		0,0114	0,0836
CH37-1933 - PCG12-745		0,0457	0,0763
CH37-1933 - RB72-454		-0,0004	0,0763
H57-5171 - PCG12-745		0,0342	0,0763
H57-5171 - RB72-454		-0,0119	0,0763
PCG12-745 - RB72-454		-0,0461	0,0682

\* indica una diferencia significativa.

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza, identificando un grupo homogéneo.

## 9.22 Porcentaje de incremento de azúcares reductores en las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

Tabla 31. Comparaciones múltiples de azúcares reductores de las cinco variedades de caña de azúcar

variedades	Casos	Media	Grupos homogéneos
RB72-454	21	0,8009	X
PCG12-745	21	0,8047	X
CH37-1933	14	0,8592	XX
CH32-8560	14	0,9821	XX
H57-5171	14	1,1407	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CH32-8560 - CH37-1933		0,1228	0,1917
CH32-8560 - H57-5171		-0,1585	0,1917
CH32-8560 - PCG12-745	*	0,1773	0,1750
CH32-8560 - RB72-454	*	0,1811	0,1750
CH37-1933 - H57-5171	*	-0,2814	0,1917
CH37-1933 - PCG12-745		0,0545	0,1750
CH37-1933 - RB72-454		0,0583	0,1750
H57-5171 - PCG12-745	*	0,3359	0,1750
H57-5171 - RB72-454	*	0,3397	0,1750
PCG12-745 - RB72-454		0,0038	0,1565

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 5 pares indica que muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, identificando 3 grupos homogéneos.

**9.23 Porcentaje de pérdida de Pureza en las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha**

Tabla 32. Comparaciones múltiples de Pureza de las cinco variedades de caña de azúcar

variedades	Casos	Media	Grupos homogéneos
H57-5171	14	79.9664	X
CH32-8560	14	80.4057	XX
RB72-454	21	82.3362	XX
CH37-1933	14	82.5986	XX
PCG12-745	21	83.4667	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CH32-8560 - CH37-1933		-2,1928	2,4239
CH32-8560 - H57-5171		0,4392	2,4239
CH32-8560 - PCG12-745	*	-3,0609	2,2127
CH32-8560 - RB72-454		-1,9304	2,2127
CH37-1933 - H57-5171	*	2,6321	2,4239
CH37-1933 - PCG12-745		-0,8680	2,2127
CH37-1933 - RB72-454		0,2623	2,2127
H57-5171 - PCG12-745	*	-3,5002	2,2127
H57-5171 - RB72-454	*	-2,3697	2,2127
PCG12-745 - RB72-454		1,1304	1,9791

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 4 pares indica que muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, identificando 3 grupos homogéneos.

**9.24 Porcentaje de pérdida de °Brix en las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha**

Tabla 33. Comparaciones múltiples de °Brix de las cinco variedades de caña de azúcar

variedades	Casos	Media	Grupos homogéneos
H57-5171	14	16,4964	X
RB72-454	21	17,2948	X
CH32-8560	14	17,7457	XX
CH37-1933	14	18,0821	X
PCG12-745	21	18,9119	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CH32-8560 - CH37-1933		-0,3364	0,6767
CH32-8560 - H57-5171	*	1,2492	0,6767
CH32-8560 - PCG12-745	*	-1,1661	0,6177
CH32-8560 - RB72-454		0,4509	0,6177
CH37-1933 - H57-5171	*	1,5857	0,6767
CH37-1933 - PCG12-745	*	-0,8297	0,6177
CH37-1933 - RB72-454	*	0,7873	0,6177
H57-5171 - PCG12-745	*	-2,4154	0,6177
H57-5171 - RB72-454	*	-0,7983	0,6177
PCG12-745 - RB72-454	*	1,6171	0,5525

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 8 pares indica que muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, identificando 4 grupos homogéneos.

### 9.25 Porcentaje de pérdida de °Pol en las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

Tabla 34. Comparaciones múltiples de °Pol de las cinco variedades de caña de azúcar

variedades	Casos	Media	Grupos homogéneos
H57-5171	14	13,2821	X
RB72-454	21	14,2519	X
CH32-8560	14	14,3386	X
CH37-1933	14	14,9936	XX
PCG12-745	21	15,7829	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CH32-8560 - CH37-1933		-0,6550	0,8793
CH32-8560 - H57-5171	*	1,0564	0,8793
CH32-8560 - PCG12-745	*	-1,4442	0,8026
CH32-8560 - RB72-454		0,0866	0,8026
CH37-1933 - H57-5171	*	1,7114	0,8793
CH37-1933 - PCG12-745		-0,7892	0,8026
CH37-1933 - RB72-454		0,7416	0,8026
H57-5171 - PCG12-745	*	-2,5007	0,8026
H57-5171 - RB72-454	*	-0,9697	0,8026
PCG12-745 - RB72-454	*	1,5309	0,7179

\* indica una diferencia significativa.

El asterisco que se encuentra al lado de los 6 pares indica que muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, identificando 3 grupos homogéneos.

## 9.26 Porcentaje de incremento del índice de madurez en las cinco variedades de caña de azúcar en función al tiempo postcosecha

Tabla 35. Comparaciones múltiples del índice de madurez de las cinco variedades de caña de azúcar

variedades	Casos	Media	Grupos homogéneos
RB72-454	21	1,06476	X
CH37-1933	14	1,09857	XX
CH32-8560	14	1,14857	XX
H57-5171	14	1,15143	XX
PCG12-745	21	1,19524	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
CH32-8560-CH37-1933		0,0500	0,1187
CH32-8560-H57-5171		-0,0028	0,1187
CH32-8560-PCG12-745		-0,0466	0,1084
CH32-8560-RB72-454		0,0838	0,1084
CH37-1933-H57-5171		-0,0528	0,1187
CH37-1933-PCG12-745		-0,0966	0,1084
CH37-1933-RB72-454		0,0338	0,1084
H57-5171-PCG12-745		-0,0438	0,1084
H57-5171-RB72-454		0,0866	0,1084
PCG12-745-RB72-454	*	0,1304	0,0969

\* indica una diferencia significativa.

Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza, identificando 2 grupos homogéneos.

## ANEXO 10

### INFLUENCIA DEL INCREMENTO DE LOS AZÚCARES REDUCTORES EN EL ASPECTO ECONÓMICO

Tabla 36. Estimaciones de pérdidas de kilogramos de azúcar por influencia del tiempo postcosecha sobre el incremento de los azúcares reductores

Campos/ Variedades	TCL.	% de Pérdidas de kg de azúcar en función al tiempo postcosecha						
		18 Horas	42 Horas	66 Horas	90 Horas	114 Horas	138 Horas	162 Horas
Sta. Elena Pátapo- PCG12-745	2738,05	0,90	2,00	2,00	12,10	24,30	37,50	50,00
Sn. Manuel Pucalá – PCG12-745	2003,63	0,90	2,00	9,10	12,10	18,20	22,30	8,40
Sta. Teresa Pucalá – PCG12-745	1133,56	2,10	5,00	6,00	11,20	25,30	42,50	68,90
Sánchez-Pátapo- CH-32-8560	261,77	3,00	7,00	20,00	22,30	27,30	86,20	132,8
Sn. Manuel Pucalá – CH-32-8560	1919,10	0,80	2,00	7,80	15,10	23,30	30,40	32,50
Entre ríos Pucalá – CH-37-1933	2455,21	0,40	1,00	2,00	5,00	10,00	20,20	28,30
Entre ríos Pucalá – CH-37-1933	1062,02	2,10	5,00	11,10	12,10	15,20	17,20	20,20
Infiernillo-Pucalá RB72-454	1992,46	1,30	3,00	5,00	7,00	14,10	16,20	24,30
El Mango Pátapo – RB72-454	807,79	1,70	4,00	8,10	15,20	23,30	27,30	34,40
Sn. Jorge Pátapo- RB72-454	1596,70	1,30	3,00	4,00	6,00	10,10	14,10	23,30
Sn. Alberto Pucalá – H57-5171	259,83	2,10	5,00	6,00	17,20	47,60	63,80	88,20
Vega Sales Pátapo- H57-5171	250,40	2,60	6,00	32,40	50,70	69,90	89,20	113,5

Fuente. Elaboración propia

\*TCL: toneladas de caña limpia.

\*El color verde indica tiempo al que se molió la caña de la muestra en evaluación.

Fórmula que se utilizó para los cálculos

$$\text{Pérdidas de kg de azúcar a } 96^\circ \text{ Pol/ total de TCL del campo} = \left( \frac{\text{Az.Reductor día n} - \text{Az.Reductor día 1}}{0.96} \right) * (\text{TCL/campo}) * \left( \frac{96.00}{98.60} \right)$$

## ANEXO 11

### TABLA DE SUSTANCIAS REDUCTORAS

Tabla 37. Sustancias reductoras para el método de Lane & Eynon.

SUSTANCIAS REDUCTORAS EN JUGOS Y JARABE											
POR MÉTODO RÁPIDO DE LANE & EYNON											
TITUL	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	TITUL
CC	SUSTANCIAS REDUCTORAS (%)										CC
2	2,37	2,24	2,12	2,03	1,95	1,87	1,80	1,73	1,67	1,61	2
3	1,56	1,52	1,47	1,43	1,39	1,35	1,31	1,27	1,24	1,21	3
4	1,17	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,01	0,99	0,97	0,95	4
5	0,93	0,91	0,90	0,88	0,86	0,85	0,84	0,82	0,80	0,79	5
6	0,78	0,76	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68	6
7	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	7
8	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	8
9	0,52	0,51	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,48	0,47	9
10	0,47	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	10
11	0,42	0,42	0,42	0,41	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,39	11
12	0,39	0,39	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36	12
13	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	13
14	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31	14
15	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	15
16	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	16
17	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	17
18	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,27	0,25	0,25	0,25	0,25	18
19	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	19
20	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	20

Fuente. Laboratorio de fábrica Agro Pucalá S.A.A

## GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS

### ❖ **Caña**

Es la materia prima que ingresa al ingenio, normalmente en la definición del término se incluye la caña limpia más las materias extrañas y el agua que la acompañan.

### ❖ **Ingenio**

Lugar donde se lleva a cabo la transformación de la sacarosa en cristales de azúcar.

### ❖ **Materia extraña**

Todo material que acompaña a la caña que ingresa al ingenio junto con la caña limpia: cogollo, hojas secas y verdes, raíces, tierra, etc.

### ❖ **Támden**

Se le llama así al arreglo de los molinos, el cual está compuesto por tres mazas entre las cuales pasa la caña de azúcar para que se le extraiga el jugo.

### ❖ **Imbibición**

Proceso de aplicar agua caliente al bagazo que sale del penúltimo molino del tandem, para utilizar el jugo de dicho molino y aplicarlo al bagazo del molino anterior, hasta llegar al segundo molino. El jugo del primero y segundo molino llamado mixto, mezclado o diluido se bombea para el proceso.

### ❖ **Jugo primario**

Es el jugo de caña extraído de la masa cañera del primer molino, en general es todo el jugo extraído sin diluir.

### ❖ **Jugo mezclado o mixto**

Es la mezcla del jugo primario y diluido que se envía a la fábrica para producir el azúcar.

### ❖ **Jugo alcalizado**

Jugo mezclado que se combina generalmente con el jugo filtrado y al cual se le añade cal o sacarato de calcio para promover la defecación y precipitación de los sólidos suspendidos.

### ❖ **Jugo clarificado**

Es el jugo mezclado con un Brix promedio 14%, que pasa por la operación de calentamiento (105 °C), y decantación en los clarificadores, procedente del proceso de clarificación y que será procesado en los evaporadores.

❖ **Jugo filtrado**

Jugo extraído de la cachaza por los filtros rotativos al vacío, constituido por el agua de lavado y el jugo extraído a la torta de cachaza. Este jugo es generalmente retornado al proceso de clarificación.

❖ **Jugo residual**

Es el jugo que queda retenido en el bagazo del último molino del tándem.

❖ **Bactericida o biosida**

Productos biostáticos que se dosifican en el jugo que va hacia el proceso de clarificación para ayudar al control de la asepsia. Entre ellos se encuentran los carbamatos, aminas cuaternarias, dióxido de cloro, etc.

❖ **Bagazo**

Residuo sólido proveniente de la molienda de la caña de azúcar. Posee aproximadamente 50 % de humedad. Usualmente el que sale del último molino se utiliza como combustible en las calderas.

❖ **Bagacillo**

Fracción fina de partículas que se han separado del bagazo.

❖ **Brix**

Es el porcentaje en peso de los sólidos contenidos en una solución de sacarosa pura. El Brix representa los sólidos aparentes que contiene una solución de azúcar. A los sólidos que se encuentran disueltos en el jugo tales como sacarosa, azúcares reductores y no azúcares se les conoce con el nombre de Brix o sólidos totales.

❖ **Pol**

Es la lectura de la concentración de sacarosa aparente determinada por polarización o rotación óptica de la luz que atraviesa una solución azucarada. En una solución normal de sacarosa, la Pol es igual al porcentaje en peso de sacarosa en la solución.

❖ **Pureza**

La pureza aparente es la relación porcentual de Pol y Brix de una solución de sacarosa.

❖ **Dextrana**

Polisacárido soluble en el jugo frío, producto de la degradación de la sacarosa y de la polimerización de la dextrosa por medio de la enzima dextranosacarasa. Produce alta viscosidad, interfiriendo con la formación de cristales (cristales de aguja o alargados) y la purga en las centrífugas, reduciendo la calidad del azúcar y el agotamiento de las mieles.

❖ **Clarificación**

Proceso de sedimentación del jugo alcalizado y caliente que separa el jugo claro o clarificado de los sedimentos llamados lodos o cachaza.

❖ **Falso grano**

Cristal de azúcar que no posee el tamaño requerido para ser retenido por las mallas de las centrífugas. Se produce espontáneamente por la operación del tacho en la zona lábil de sobresaturación.

❖ **Floculante**

Son polímeros sintéticos basados en la repetición de unidades de ácido acrílico y sus derivados. Se utiliza en el proceso de clarificación del jugo como ayuda para eliminar material suspendido y sustancias extrañas que afectan el color del azúcar producido.

❖ **Jarabes**

Son soluciones concentradas de azúcar, con presencia de azúcar invertido que impide su cristalización, la meladura la melaza y el sirope son tres tipos diferentes de jarabes.

❖ **Zafra**

Período de tiempo que dura la molienda de caña de azúcar y por ende la fabricación de azúcar de caña.