



**UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUÍZ GALLO**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Análisis comparativo de 05 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con alto potencial de rendimiento para la producción de caña y panela granulada en el distrito de Salas de la Región Lambayeque, Perú”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AGRÓNOMA**

AUTOR:

Janeth Bustamante Bustamante

ASESOR:

Ing. Diómedes Bocanegra Irigoin

LAMBAYEQUE – PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUÍZ GALLO

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

Análisis comparativo de 05 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con alto potencial de rendimiento para la producción de caña y panela granulada en el distrito de Salas de la Región Lambayeque, Perú

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AGRÓNOMA

Presentado por:

BACH. JANETH BUSTAMANTE BUSTAMANTE

Aprobado por el siguiente jurado evaluador:

Dr. Wilfredo Nieto Delgado



Presidente del Jurado

Dr. Jorge Alberto Llontop Llaque



Secretario del Jurado

Dr. Ricardo Chavarry Flores



Vocal del Jurado

Ing. Diómedes Bocanegra Irigoin



Patrocinador

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

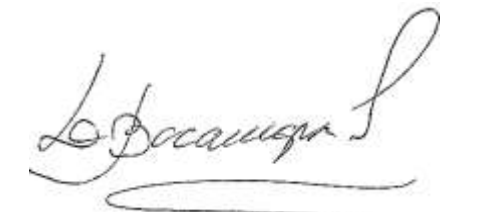
Yo, Janeth Bustamante Bustamante, investigador principal, y Diómedes Bocanegra Irigoín, asesor del trabajo de investigación “**Análisis comparativo de 05 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con alto potencial de rendimiento para la producción de caña y panela granulada en el distrito de Salas de la Región Lambayeque, Perú**”, declaramos bajo juramento que este trabajo, no ha sido plagiado, ni contiene datos falsos. En caso se demostrara lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe y por ende el proceso administrativo a que hubiera lugar. Que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lambayeque, 16 de Julio de 2021



Bachiller Janeth Bustamante Bustamante

Autor



Ing. Diómedes Bocanegra Irigoín

Asesor

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios, por ser mi fortaleza espiritual en este largo camino, gracias a él superé los momentos difíciles y me levanté para culminar con éxito la gran meta de mi vida.

Dedicado al esfuerzo de mis Padres, Oscar Bustamante Ducep y Laura Bustamante Regalado, quienes a lo largo de mi vida han procurado mi bienestar y educación, siendo mi soporte en cada momento y que con mucho esfuerzo hicieron posible la culminación de mi carrera.

A toda mi familia, especialmente a mis hermanos, Isaí, Ana Flor, por ser parte de esta experiencia y a mi Abuelita quien con sabiduría de Dios, ha brindado sus consejos, motivándome a seguir adelante en cada etapa de mi vida, brindándome su confianza infinita y su amor incondicional. Así mismo, a todos mis amigos con los que compartí este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a las instituciones y personas que han contribuido en la realización de la presente tesis.

A la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Facultad de Agronomía, por brindarme la oportunidad de realizar mi sueño, de ser un Profesional en el campo de la Agricultura.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria – Estación Experimental Agraria Vista Florida, por brindarme la oportunidad de realizar la presente investigación y financiarla.

A mi asesor de tesis Ing. Diómedes Bocanegra Irigoín, docente de la Facultad de Agronomía, por su generosidad al compartir sus conocimientos sobre la materia y apoyarme con aportes para el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Nelson Asdrubal Ruesta Campoverde, co-asesor de la presente tesis e Investigador del INIA y Responsable del Proyecto “Validación técnica económica de variedades promisorias de caña de azúcar y panela para las regiones de Lambayeque, La Libertad, Piura y Cajamarca” por su valiosa colaboración e invaluable apoyo técnico en la formulación, ejecución, procesamiento de datos y redacción final de la presente tesis.

Al agricultor Eloy De La Cruz Quispe, productor de caña de azúcar de la Succha Alta del Distrito de Salas, propietario de la parcela donde se instaló el presente trabajo de investigación y se concluyó con éxito.

A los bachilleres y compañeros de estudios integrado por Anthony Siesquén Tineo, Manuel Antonio Ramos Mestanza, Wilson Mejía Bueno, Juan Reyes Chaquila y Alejandro Hernández Arévalo, que me apoyaron en las evaluaciones de campo.

A la Ing. María Elena Neira Espejo, Directora de la Estación Experimental Agraria “Vista Florida” por brindarme las facilidades para realizar mi tesis en la institución que dirige.

Agradezco a todas las personas que contribuyeron desinteresadamente para que este trabajo de investigación finalizara con éxito.

CONTENIDO

| | | |
|-------------|---|-----------|
| I. | RESUMEN | 11 |
| II. | SUMMARY..... | 12 |
| III. | INTRODUCCIÓN..... | 13 |
| IV. | REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA..... | 16 |
| | 4.1. La caña de azúcar en el Perú | 16 |
| | 4.2. Producción nacional e internacional | 16 |
| | 4.3. Aspectos generales del manejo del cultivo de caña de azúcar | 27 |
| | 4.4. Botánica de la caña de azúcar..... | 29 |
| | 4.5. Morfología de la caña de azúcar | 29 |
| | 4.5.1. El Tallo | 30 |
| | 4.5.2. La hoja | 32 |
| | 4.5.3. La raíz | 34 |
| | 4.5.4. Inflorescencia (espiga) | 34 |
| | 4.6. Fertilización..... | 35 |
| | Nitrógeno (N) | 36 |
| | Fósforo (P) | 37 |
| | Potasio (K) | 37 |
| | 4.7. Riegos en el cultivo de caña de azúcar | 40 |
| | 4.8. Fisiología de la caña de azúcar..... | 40 |
| V. | MATERIALES Y MÉTODOS | 48 |
| | 5.1. Ubicación geográfica del experimento | 48 |
| | 5.2. Datos climatológicos..... | 48 |
| | 5.3. Muestreo, análisis de suelo | 49 |
| | 5.4. Materiales y equipos | 49 |
| | 5.5. Tratamientos en estudio | 50 |
| | 5.6. Características de las variedades de caña de azúcar en estudio | 50 |
| | 5.7. Diseño experimental..... | 50 |
| | 5.7.1. Análisis estadístico | 52 |
| | 5.7.2. Características del Área Experimental | 53 |
| | 5.8. Metodología usada en la ejecución del experimento..... | 53 |
| | 5.8.1. Delimitación del experimento..... | 53 |
| | 5.8.2. Proceso de obtención de la semilla..... | 53 |
| | 5.8.3. Trazado de surcos y siembra..... | 53 |
| | 5.8.4. Control de malezas..... | 54 |
| | 5.8.5. Riegos | 55 |
| | 5.8.6. Fertilización | 55 |

| | |
|---|-----|
| 5.8.7. Control fitosanitario | 56 |
| 5.8.8. Cosecha | 567 |
| 5.9. Evaluaciones durante la conducción del experimento | 57 |
| 5.9.1. Durante el período vegetativo | 58 |
| 5.9.1.1. Porcentaje de germinación (%) | 58 |
| 5.9.1.2. Longitud de tallos (m) | 58 |
| 5.9.1.3. Diámetro de tallos (cm) | 58 |
| 5.9.1.4. Número de hojas activas por tallo | 59 |
| 5.9.1.5. Número de tallos por hectárea | 59 |
| 5.9.1.6. Estado fitosanitario | 59 |
| 5.9.1.7. Calidad de la caña (% de sacarosa en caña) | 60 |
| 5.9.1.8. Rendimiento de caña y panela en toneladas por hectárea | 60 |
| 5.9.1.9. Análisis económico | 60 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 62 |
| 6.1. Datos meteorológicos | 62 |
| 6.2. Análisis de suelos | 62 |
| 6.3. Porcentaje de germinación (%) | 64 |
| 6.4. Longitud de tallo (m) | 66 |
| 6.5. Diámetro de tallo (cm) | 68 |
| 6.6. Número de hojas activas por tallo | 72 |
| 6.7. Número de tallos de caña por hectárea | 75 |
| 6.8. % Intensidad de infestación de la caña por Borer | 78 |
| 6.9. % Sacarosa en jugo de caña a los 17 meses de edad | 81 |
| 6.10. % Sacarosa en jugo de caña a los 17.50 meses de edad | 81 |
| 6.11. % Sacarosa en jugo de caña a los 18 meses de edad | 87 |
| 6.12. Rendimiento de caña en toneladas por hectárea (TCH) | 90 |
| 6.13. Rendimiento de panela en toneladas por hectárea (TPH) | 92 |
| 6.14. Análisis económico | 95 |
| VII. CONCLUSIONES | 97 |
| VIII. RECOMENDACIONES | 99 |
| IX. BIBLIOGRAFÍA | 100 |
| ANEXOS | 103 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Producción de panela por hectárea de diferentes variedades de caña en Colombia | 24 |
| Tabla 2 Producción de caña y panela año 2015 en CEPICAFE-Piura..... | 26 |
| Tabla 3 Parámetro de pH..... | 38 |
| Tabla 4 Salinidad de los suelos | 39 |
| Tabla 5 Niveles de nutrientes en análisis de suelos | 39 |
| Tabla 6 Niveles de CaCO_3 en análisis de suelos..... | 39 |
| Tabla 7 Niveles de C.I.C. en análisis de suelos | 40 |
| Tabla 8 Cationes intercambiables | 40 |
| Tabla 9 Tratamientos en estudio | 50 |
| Tabla 10 Escala internacional daños % Intensidad de Infestación de Caña por <i>Diatraea saccharalis</i> .. | 60 |
| Tabla 11 Características químicas del suelo, campo del productor Eloy De La Cruz Quispe | 63 |
| Tabla 12 Resultados promedio de la variable % de germinación a los 45 d.d.s. | 64 |
| Tabla 13 Análisis de varianza para % de germinación a los 45 d.d.s. | 65 |
| Tabla 14 Prueba de Comparación Múltiple de Tukey (0.05) de la variable % de germinación. | 65 |
| Tabla 15 Resultados promedio de la variable longitud de tallo (m). | 67 |
| Tabla 16 Análisis de varianza para la variable longitud de tallo (m)..... | 67 |
| Tabla 17 Prueba de Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio de longitud de tallo (m)..... | 68 |
| Tabla 18 Resultados promedio de la variable diámetro de tallo (cm)..... | 70 |
| Tabla 19 Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo (cm). | 70 |
| Tabla 20 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio de variable diámetro de tallo (cm).. | 70 |
| Tabla 21 Resultados promedio de la variable número de hojas activas por tallo..... | 73 |
| Tabla 22 Análisis de varianza para la variable número de hojas activas por tallo..... | 73 |
| Tabla 23 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio número hojas activas por tallo..... | 73 |
| Tabla 24 Resultados promedio de la variable número de tallos por hectárea..... | 76 |
| Tabla 25 Análisis de varianza para la variable número de tallos por hectárea..... | 76 |
| Tabla 26 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio número de tallos por hectárea..... | 76 |
| Tabla 27 Resultados promedio de la variable % intensidad de infestación de daño por Borer. | 79 |
| Tabla 28 Análisis de Varianza para la variable % intensidad de infestación de daño por Borer..... | 79 |
| Tabla 29 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio % intensidad de infestación daño. . | 79 |
| Tabla 30 Resultados promedio de la variable % sacarosa en caña a los 17 meses de edad..... | 82 |
| Tabla 31 Análisis de varianza para la variable % sacarosa en caña a los 17 meses de edad. | 82 |
| Tabla 32 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio % sacarosa los 17 meses..... | 82 |
| Tabla 33 Resultados promedio de la variable % sacarosa en caña a los 17.50 meses de edad..... | 85 |
| Tabla 34 Análisis de varianza para la variable % sacarosa en caña a los 17.50 meses de edad. | 85 |

| | |
|---|----|
| Tabla 35 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio % sacarosa a los 17.50 meses. | 85 |
| Tabla 36 Resultados promedio de la variable % sacarosa en caña a los 18 meses de edad. | 88 |
| Tabla 37 Análisis de varianza para la variable % sacarosa en caña a los 18 meses de edad. | 88 |
| Tabla 38 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio % sacarosa a los 18 meses. | 88 |
| Tabla 39 Resultados promedio de la variable rendimiento de caña (TCH). | 91 |
| Tabla 40 Análisis de varianza para la variable rendimiento de caña (TCH). | 91 |
| Tabla 41 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) del promedio de rendimiento de caña (TCH).. | 91 |
| Tabla 42 Resultados promedio de variable rendimiento de panela por hectárea (TPH). | 93 |
| Tabla 43 Análisis de varianza para la variable rendimiento de panela por hectárea (TPH). | 93 |
| Tabla 44 Prueba Comparación Múltiple Tukey (0.05) promedio de rendimiento de panela (TPH). | 94 |
| Tabla 45 Análisis económico. | 96 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Partes principales del tallo de la caña de azúcar. | 31 |
| Figura 1: Diferenciación de los tallos de la caña de azúcar. | 32 |
| Figura 2: Partes estructurales de la hoja de la caña de azúcar. | 33 |
| Figura 4: Sistema radicular de la caña de azúcar | 34 |
| Figura 5: Flor de la caña de azúcar | 35 |
| Figura 6: Diagrama de proceso para la producción de Panela | 46 |
| Figura 7: Vista satelital de la ubicación del campo experimental en la Succha Alta | 48 |
| Figura 8: Trazado del terreno con el Agronivel. | 54 |
| Figura 9: Sembrado de yemas de caña en parcela experimental | 55 |
| Figura 10: Liberación de moscas Billaea claripalpis en parcela. | 57 |
| Figura 11: Evaluación de parcela experimental y registro de datos. | 59 |

Índice de Gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 Superficie cosechada de caña para azúcar 2000-2019 (ha)..... | 18 |
| Gráfico 2 Evolución de exportaciones (FOB) de productos orgánicos 2010-2019 (millones US\$)... | 19 |
| Gráfico 3 Evolución de exportaciones (FOB) de productos orgánicos 2010-2019 (%)..... | 20 |
| Gráfico 4 Evolución de precios (FOB) de panela orgánica según países destino 2010-2019 (US\$)... | 20 |
| Gráfico 5 Evolución de las exportaciones de la panela orgánica 2010-2019..... | 21 |
| Gráfico 6 Evolución de los precios promedio de exportación (FOB) panela orgánica 2010-2019..... | 21 |
| Gráfico 7 Producción de panela de las organizaciones de CEPICAFE campaña 2011..... | 25 |
| Gráfico 8 Variable % de germinación de caña de azúcar a los 45 d.d.s.. | 66 |
| Gráfico 9 Promedios de la variable longitud de tallo (m)..... | 68 |
| Gráfico 10 Promedios de la variable diámetro de tallo (cm) . | 71 |
| Gráfico 11 Promedios de la variable número de hojas activas por tallo..... | 74 |
| Gráfico 12 Promedio de la variable número de tallos por hectárea..... | 77 |
| Gráfico 13 Promedios de la variable % Intensidad de infestación de caña de azúcar. | 80 |
| Gráfico 14 Promedios de la variable % Sacarosa en caña de azúcar a los 17 meses de edad..... | 83 |
| Gráfico 15 Promedios de la variable % Sacarosa en caña de azúcar a los 17.50 meses de edad..... | 86 |
| Gráfico 16 Promedios de la variable % Sacarosa en caña de azúcar a los 18 meses de edad..... | 89 |
| Gráfico 17 Promedio de la variable rendimiento de caña de azúcar toneladas por hectárea (TCH) | 92 |
| Gráfico 18 Promedio de la variable rendimiento de panela en toneladas por hectárea (TPH). | 94 |

TESIS JANETH BUSTAMANTE BUSTAMANTE

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

www.cenicana.org

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.inia.gob.pe

Fuente de Internet

1%

3

www.minagri.gob.pe

Fuente de Internet

1%

4

www.apaad.org

Fuente de Internet

1%

5

www.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

6

dspace.utb.edu.ec

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

8

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

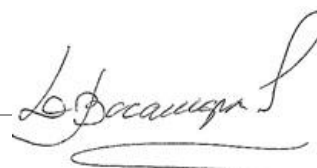
Trabajo del estudiante

1%

9

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet



Ing. Diómedes Bocanegra Irigoín

Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE AGRONOMIA



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **Diómedes Bocanegra Irigoín**, asesor de tesis, del estudiante **Bustamante Bustamante, Janeth** con código universitario **101590-I**.

Tesis Titulada: "Análisis comparativo de 05 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con alto potencial de rendimiento para la producción de caña y panela granulada en el distrito de Salas de la Región Lambayeque, Perú", luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de 18% verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la universidad nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 16 de Julio del 2021

Ing. Diómedes Bocanegra Irigoín

DNI: 16574029

Patrocinador



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIDAD DE INVESTIGACION



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS VIRTUAL N° 012-2021-UI-FAG

En la ciudad de Lambayeque a los veintidós días del mes de julio del año dos mil veintiuno, siendo las cinco y media de la tarde, se reunieron vía plataforma virtual meet.google.com/anv-vjyo-hgc, los Miembros de Jurado evaluador de la tesis titulada: **“Análisis comparativo de 05 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con alto potencial de rendimiento para la producción de caña y panela granulada en el distrito de Salas de la Región Lambayeque, Perú”**, designados por Decreto N° 076-2018-FAG del 12 de marzo del 2018, con la finalidad de evaluar y calificar la Sustentación de la Tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Wilfredo Nieto Delgado

Dr. Jorge Alberto Llontop Llaque

Dr. Ricardo Chavarry Flores

Ing. Diomedes Bocanegra Irigoin

Presidente

Secretario

Vocal

Patrocinador

El acto de Sustentación fue autorizado por Decreto N° 180-2021-VIRTUAL-D-FAG, con fecha 20 de julio del 2021.

La tesis fue presentada y sustentada por el Bachiller **JANETH BUSTAMANTE BUSTAMANTE**, tuvo una duración **2 horas**. de minutos. Después de la sustentación y absueltas las preguntas y observaciones de los Miembros de Jurado, se procedió a la calificación respectiva otorgándole el calificativo de **17** en la escala vigesimal, con mención

MUY BUENO

Por lo que queda APTO para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo de acuerdo con la Ley Universitaria N° 30220 y la Normatividad vigente de la Facultad de Agronomía y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las **19:30**, se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad el presente acto con las firmas de los Miembros de Jurado.

Dr. Wilfredo Nieto Delgado
Presidente

Dr. Jorge Alberto Llontop Llaque
Secretario

Dr. Ricardo Chavarry Flores
Vocal

Ing. Diomedes Bocanegra Irigoin
Patrocinador




Digital Receipt


This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Janeth Bustamante Bustamante
Assignment title: TESIS JANETH BUSTAMANTE
Submission title: TESIS JANETH BUSTAMANTE BUSTAMANTE
File name: TESIS_JANETH_BUSTAMANTE_BUSTAMANTE.docx
File size: 17.63M
Page count: 113
Word count: 25,038
Character count: 127,986
Submission date: 11-Jul-2021 07:36AM (UTC-0500)
Submission ID: 1618145206



UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUÍZ GALLO
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Análisis comparativo de 05 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con alto potencial de rendimiento para la producción de caña y panela granulada en el distrito de Salas de la Región Lambayeque, Perú"

Presentada por:


BACH. JANETH BUSTAMANTE BUSTAMANTE

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA AGRÓNOMA

LAMBAYEQUE – PERÚ

2021


Ing. Diómedes Bocanegra Irigoin
Asesor

I. RESUMEN

El experimento se realizó en la parcela del agricultor Eloy de la Cruz Quispe, en el caserío La Succha Alta del distrito de Salas de la Región Lambayeque, a una altura de 1,300 msnm, durante el período de enero de 2018 a junio de 2019, con el objetivo de evaluar parámetros morfológicos, agronómicos e industriales del cultivo de caña de azúcar, identificar el mejor cultivar de caña para la producción de caña y panela granulada de exportación, y la realización de un estudio económico.

Los caracteres morfológicos, agronómicos y de rendimiento fueron evaluados en cinco tratamientos T1(H32-8560), T2 (PCG12-745), T3 (PVF03-115), T4 (PVF03-93) y T5 (Criolla) como testigo, mediante el Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar (DEBCA), con cuatro repeticiones.

La fórmula de abonamiento orgánico que se utilizó fue de 267:272:53 kilogramos de NPK, equivalentes a una mezcla de 2,670 kilogramos de Guano de las Islas más 281 kilogramos de Roca Fosfórica que fueron aplicados en un solo momento en el fondo del surco al inicio de la siembra. La siembra se realizó en surcos a nivel, distanciados a 1.50m entre ellos, y se emplearon yemas de caña viables que fueron sembradas a 0.50m entre golpes dentro del mismo surco, empleándose aproximadamente 13,333 yemas por hectárea.

A los 12 meses de edad del cultivo se evaluaron los caracteres morfológicos de las 5 variedades de caña en estudio, siguiendo los descriptores sugeridos por Artschwager y Brandes (1958), siendo los más importantes la longitud y diámetro del tallo. También se evaluaron los caracteres agronómicos como la germinación, número de tallos por hectárea, número de hojas activas por tallo, intensidad de infestación, índice de madurez, porcentaje de sacarosa, producción de caña, y panela por hectárea.

Los resultados encontrados indican que la variedad PVF03-115 del INIA presentó los más altos rendimientos promedios experimentales de 186.51 t caña.ha⁻¹, equivalentes a una productividad de 10.36 t de caña por hectárea por mes, 17.37 t panela.ha⁻¹, y 14.46% de sacarosa calificada como buena, versus la variedad criolla como testigo que alcanzó un rendimiento promedio de 153.81 t caña.ha⁻¹, equivalentes a una productividad de 8.55t de caña por hectárea por mes, 13.98 t panela.ha⁻¹ y 13.15% de sacarosa a los 18 meses de edad.

Económicamente resulta rentable sembrar las variedades PVF03-115 y H32-8560, logrando beneficios económicos de 8,700 y 4,548 soles respectivamente en relación a la variedad criolla como testigo.

Palabra clave: Caracteres morfológicos, agronómicos e industriales, variedades, caña, panela.

SUMMARY

The experiment was carried out on the plot of farmer Eloy de la Cruz Quispe, in the La Succha Alta village of the Salas district of the Lambayeque Region, at an altitude of 1,300 meters above sea level, during the period from January 2018 to June 2019, with the objective of evaluating morphological, agronomic and industrial parameters of sugar cane cultivation, identifying the best cane cultivar for the production of sugar cane and granulated panela for export, and conducting an economic study.

The morphological, agronomic and yield characters were evaluated in five treatments T1 (H32-8560), T2 (PCG12-745), T3 (PVF03-115), T4 (PVF03-93) and T5 (Criolla) as a control, using the Experimental Design of Complete Random Blocks (DEBCA), with four repetitions.

The organic fertilizer formula that was used was 267: 272: 53 kilograms of NPK, equivalent to a mixture of 2,670 kilograms of Guano from the Islands plus 281 kilograms of Phosphoric Rock that were applied in a single moment at the bottom of the furrow to the beginning of sowing. The sowing was carried out in rows at level spaced 1.50m apart, and viable cane buds were used that were sown at 0.50m between strokes within the same row, using approximately 13,333 buds per hectare.

At 12 months of crop age, the morphological characters of the 5 sugarcane varieties under study were evaluated, following the descriptors suggested by Artschwager and Brandes (1958), the most important being the length and diameter of the stem. Agronomic characters such as germination, number of stems per hectare, number of active leaves per stem, intensity of infestation, maturity index, percentage of sucrose, cane production, and panela per hectare were also evaluated.

The results found indicate that the variety PVF03-115 of the INIA presented the highest average experimental yields of 186.51 t sugarcane.ha⁻¹, equivalent to a productivity of 10.36t of sugarcane per hectare per month, 17.37 t panela.ha⁻¹, and 14.46% of sucrose qualified as good, versus the Creole variety as a control that reached an average yield of 153.81 tcane.ha⁻¹, equivalent to a productivity of 8.55t of cane per hectare per month, 13.98 t panela.ha⁻¹ and 13.15% sucrose at 18 months of age.

Economically it is profitable to sow the varieties PVF03-115 and H32-8560, achieving economic benefits of 8,700 and 4,548 soles respectively in relation to the Creole variety as a control.

Key word: Morphological, agronomic and industrial characters, varieties, sugarcane, panela.

II. INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con 160 mil hectáreas de cultivo de caña de azúcar para la fabricación de azúcar, alcohol y derivados, ubicadas en los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa, contribuyendo actualmente con el 3.6% del PBI Agrícola **(Perucaña, 2019)**.

492 mil personas dependen directa o indirectamente de la industria azucarera, y en los últimos 15 años, esta actividad ha generado más de 2 mil millones de soles por ingresos públicos, a través de impuestos, propiciando el desarrollo de grandes proyectos de irrigación como: Chavimochic, Olmos y el Alto Piura **(MINAGRI, 2019)**.

En el año 2014 existían 141,300 hectáreas de caña a nivel nacional, de las cuales se cosecharon un total de 90,357 hectáreas, cuya media de rendimiento de caña fue de 126.05 t ha⁻¹, y de 13.32 t azúcar ha⁻¹; con un rendimiento de azúcar por tonelada de caña molida de 105.67 kg t ha⁻¹, a la edad de 16.20 meses, tanto para caña planta como para soca, y en los valles interandinos, los rendimientos de caña estaban alrededor de 50t de caña por hectárea con una producción de panela de 2 toneladas por hectárea **(MINAGRI-DGPA, 2017)**.

El cultivo de la caña en la Sierra de Piura, provincia de Ayabaca, es muy importante, por ser un producto que se ha adaptado muy bien a las condiciones climáticas, lamentablemente con muy bajos rendimientos en campo y la producción destinada mayormente a la elaboración de aguardiente y en menor escala chancaca; sin embargo, los bajos rendimientos de 30-40 t ha⁻¹ que actualmente se están obteniendo, se debe a varios factores, siendo uno de los principales, el de orden tecnológico. La baja productividad de caña en los campos de la sierra es el resultado no solamente por el uso de variedades obsoletas (criollas) con enfermedades sistémicas que limitan su potencial productivo, sino también a la inexistencia de alternativas tecnológicas (preparación de terreno a curvas de nivel, semilla de buena calidad, fertilización, riegos, deshierbos, control y/o prevención de plagas y enfermedades en forma oportuna y adecuada, manejo de cosecha y postcosecha **(Ruesta, 2018)**.

El principal problema que enfrentan los productores de caña de azúcar del caserío la Succha Alta del Distrito de Salas de la Región Lambayeque, es la baja productividad de su cultivo de caña, debido a la falta de variedades de caña, además no cuentan con la semilla adecuada que

garantice los mejores rendimientos en la producción de caña y panela, otra de las causas es el desconocimiento de tecnologías para el manejo del cultivo de caña en laderas.

Los productores utilizan técnicas empíricas para la producción de caña de azúcar que se refleja en los bajos rendimientos de caña por hectárea, que en muchos de los casos no llega a cubrir los costos de producción del cultivo.

El INIA a través del Programa de Investigación Caña de Azúcar, viene realizando investigaciones para desarrollar alternativas tecnológicas del cultivo de caña a nivel de costa, sierra y selva del país, para ello desarrolla varios proyectos. En esta oportunidad apoyó para realizar el trabajo de investigación denominado “Análisis comparativo de 05 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con alto potencial de rendimiento para la producción de caña y panela granulada en el distrito de Salas de la Región Lambayeque, Perú”, donde se evaluó el comportamiento agronómico de cinco cultivares promisorios, y se determinó el mejor cultivar de caña adaptado a la zona de estudio, y que expresó los mejores rendimientos de caña y panela granulada por unidad de superficie; convirtiendo el cultivo de caña en atractivo y muy rentable para el pequeño productor de caña de la Succha Alta, que le está permitiendo mejorar su nivel de vida, al obtener mayores ingresos por la venta de la panela para la exportación.

Al final del experimento se logró identificar el mejor cultivar de caña de azúcar para el caserío de la Succha Alta del distrito de Salas de la región Lambayeque, a 1,300 msnm, que fue la PVF03-115, al presentar una germinación de 88.90%, longitud de tallo de 3.64m, diámetro tallo 3.59cm, 9.49 hojas activas por tallo, 76,975 tallos por hectárea, 9.09% de intensidad de infestación de daños del barrenador de los tallos, y rendimientos promedios experimentales de caña de 186.51 t ha⁻¹, 17.37 t de panela ha⁻¹, y 14.46% de sacarosa en caña a los 18 meses de edad, versus la variedad criolla que alcanzó un rendimiento promedio de caña de 153.81 t ha⁻¹, 13.98 t de panela ha⁻¹ y 13.15 de sacarosa en caña a la misma edad de cosecha.

OBJETIVOS:

Objetivo general:

Contribuir al nivel del fortalecimiento de la industria panelera nacional, mediante la evaluación de cinco cultivares de caña para la producción de caña y panela granulada en condiciones de la Succha Alta, distrito de Salas en la Sierra de Lambayeque.

Objetivos específicos:

- Determinar el mejor cultivar de caña de azúcar con alto potencial de rendimiento de caña y panela en toneladas por hectárea en condiciones de la Succha Alta en la sierra de Lambayeque.
- Realizar un análisis económico de la rentabilidad de la producción de panela granulada en la sierra de Lambayeque.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. La caña de azúcar en el Perú

VEJARANO (1974), señala que durante la época de la Conquista, los españoles fueron los que trajeron al Perú la semilla de caña de azúcar y hay pruebas evidentes que en el Valle de Chicama entre 1535 y 1540, el Conquistador don Diego de Mora fue el que introdujo la caña de azúcar en el Perú.

Este mismo autor, menciona que la costa peruana fue la zona principal del cultivo de la caña de azúcar y en la sierra fue Huánuco en pequeña escala. A fines del siglo XIX, había una extensión sembrada con caña de 36,000 hectáreas y cada año se cosechaban alrededor de 14,000 hectáreas, con una producción total de 1'512,000 quintales y con un rendimiento de 108 quintales de azúcar por hectárea.

4.2. Producción nacional e internacional

Asociación Peruana de Agroindustriales del Azúcar y Derivados-Perúcaña (2019), en su memoria anual del 2019, señala que según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, con datos a noviembre de 2019, la producción mundial para el período 2019/2020 ascendió a 174 millones de toneladas métricas de azúcar, liderados por Brasil con 29.4 Millones de TM, la India con 29.3 millones de T.M., Unión Europea con 17.9 millones de T.M., Tailandia con 13.5 T.M., China con 10.9 millones de T.M. y Australia con 4.5 millones de T.M.

Perúcaña en el mismo informe, señala que el Perú ocupa el puesto 22 de 26 en el ranking de producción de azúcar por país (USDA, 2019), mostrando una producción constante en los períodos 2015/2016 y 2018/2019 (promedio anual de 1 millón 195 mil toneladas métricas y un claro incremento de dicho nivel en el 2019 de 1 millón 400 mil toneladas métricas).

Respecto al consumo, Perú ocupa el puesto 25 de 26 a nivel mundial. Es posible ver que el nivel de consumo humano en el 2015/2016 llegó a un millón 566 mil toneladas métricas, y en los períodos sucesivos se redujo levemente, para alcanzar un nivel semejante en el período 2019.

La información registrada sobre superficie cosechada de caña de azúcar anualmente muestra que, después del pico de 2016, la superficie cosechada se redujo en casi 10,000 mil hectáreas, tendencia que se ha revertido en los últimos años para volver en el 2019 a más de 87 mil hectáreas cosechadas.

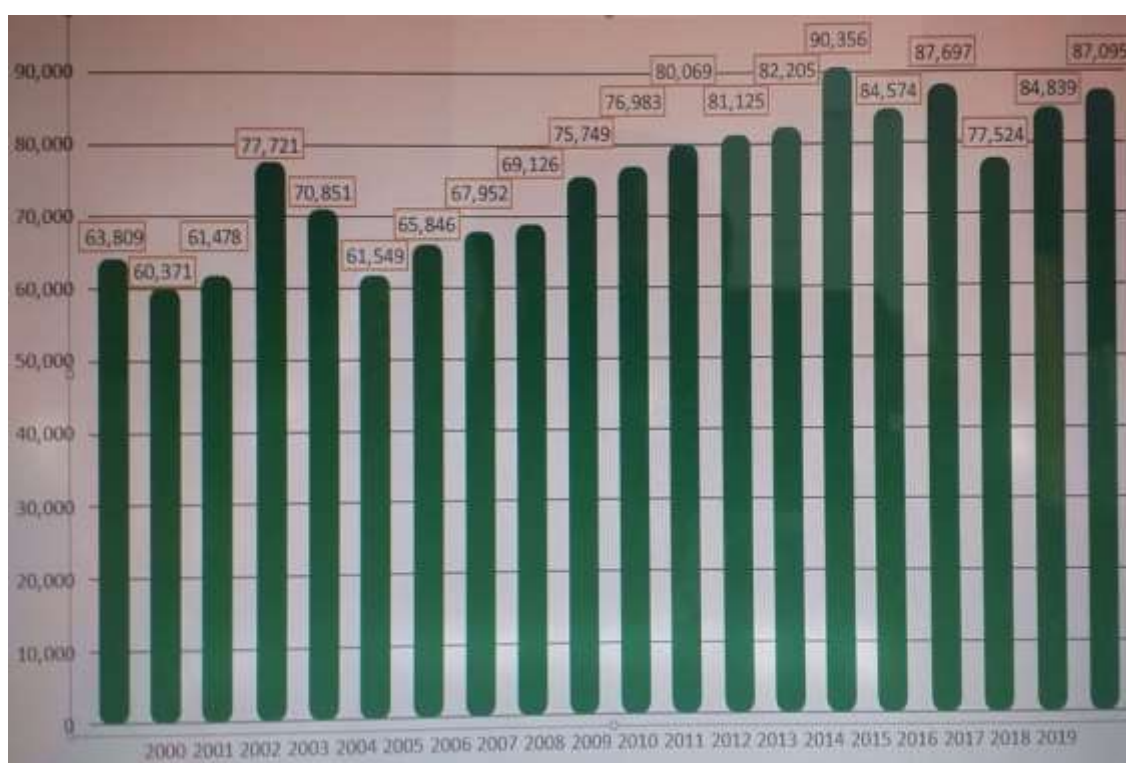
Central Piurana de Cafetaleros de Piura-CEPICAFE (2011), en alianza con INCAGRO y las organizaciones de los distritos de Montero, Sícchez y Jililí de la provincia de Ayabaca en la región Piura, desarrollaron un proyecto de caña financiado por INCAGRO, en la que introdujeron a dichos valles interandinos 3 cultivares de caña (PCG12-745, Q80 y Mex73-523) proporcionadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA de su Banco de Germoplasma; cuyos resultados preliminares que se obtuvieron en la primera campaña fueron positivos, destacó la variedad PCG12-745 (Azul Casa Grande) al presentar un buen comportamiento de adaptación, con resultados de Pol de 19.78% y 15.12 t de panela ha-1, superiores a los demás cultivares en estudio, incluida la criolla de la zona como testigo.

Asociación Peruana de Agroindustriales del Azúcar y Derivados-Perúcaña (2019), respecto a la producción de caña de azúcar, en su informe anual de 2019, señala que en el 2019, la industria azucarera nacional alcanzó los 10 millones 929 mil toneladas de caña, marcando un hito en la industria, pues ha conseguido por primera vez afianzar la seguridad alimentaria.

En el 2019, el rendimiento por hectárea superó las 125,4 toneladas de caña por hectárea cosechada, muy por encima de las 115,5 y 116 toneladas de caña por hectárea de los años previos. Por primera vez después de 50 años, la producción de azúcar cubrió la demanda interna e inclusive hubo un excedente para la exportación.

MINAGRI (2019), en la gráfica 1, se muestran las estadísticas de hectáreas cosechadas de caña de azúcar en el Perú, desde el 2000 al 2019, siendo el año 2014 el que registra la mayor área cosechada con 90,356 hectáreas de caña, y el año 2019 registró una superficie cosechada de 87,095 hectáreas a nivel nacional.

Gráfico 1: Superficie cosechada de caña de azúcar 2000-2019 (hectáreas)



Fuente: Ministerio de Agricultura (2019).

Exportación del Azúcar

En el mismo informe Perúcaña, señala que durante el año 2019 se exportaron 86,039 toneladas de azúcar rubia a un valor FOB (Free on Board, o libre a bordo puesto en el puerto de carga convenido) a US\$ 45,076,330.00, con un precio promedio de US\$0.52 dólares por kilogramo.

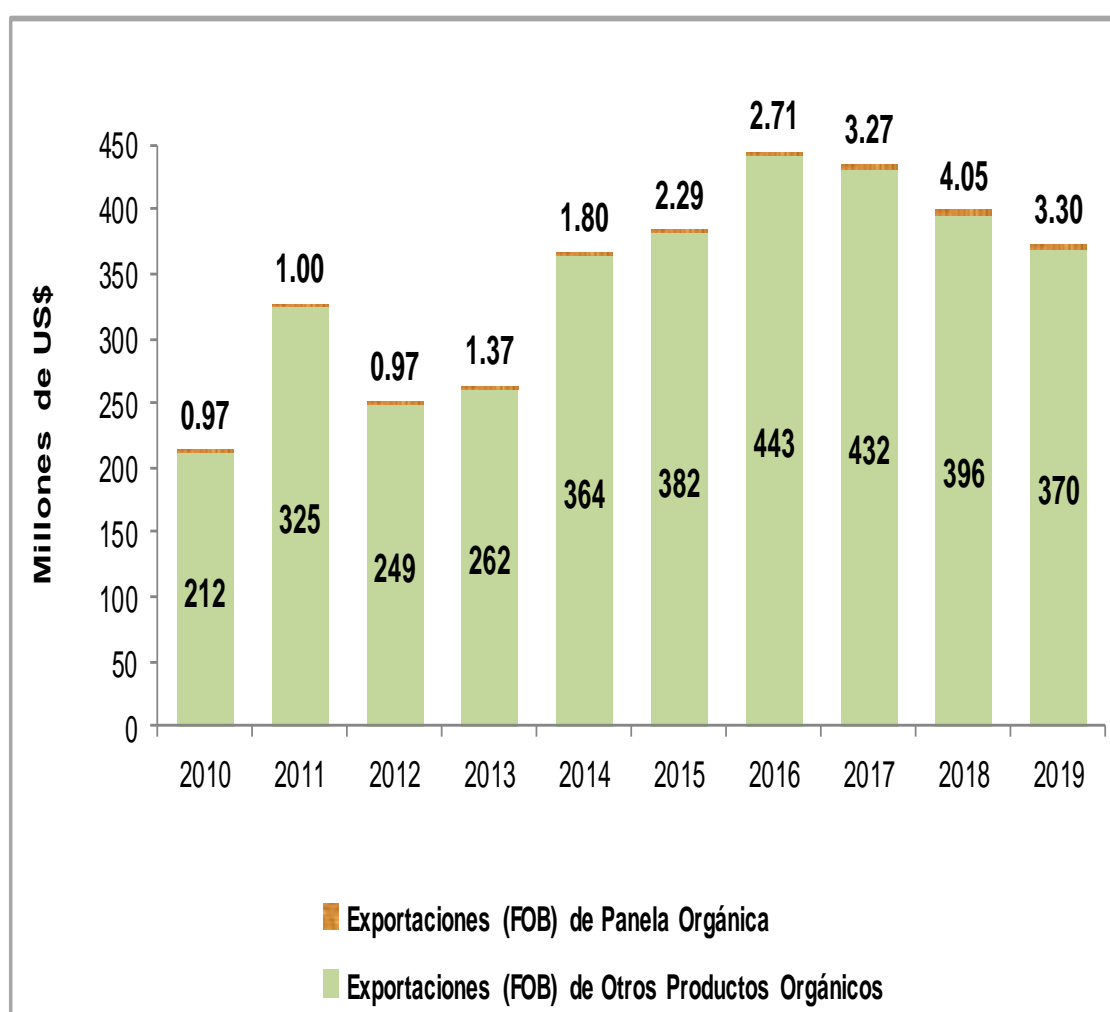
El principal destino de las exportaciones peruanas de azúcar rubia es el mercado estadounidense, concentrando el 89% del valor total de las exportaciones nacionales, valor que representó más de 40 millones de dólares de ingresos durante el año 2019, Colombia (5%), España (3%), y Bélgica (2%).

MINAGRI (2019), a través de los gráficos 3 y 4 se muestra la evolución de las exportaciones (FOB) de productos orgánicos, 2010 al 2019, en el país, mostrando que en el 2016 se realizaron las mayores ventas de productos orgánicos al exterior, con un valor de 443 millones de dólares de varios productos orgánicos que representó el 99.4% del total de las exportaciones de productos orgánicos y 2.71 millones de dólares por exportaciones de panela orgánica, que representó sólo el 0.6% del total de las

exportaciones de productos orgánicos. En el año 2018 se registró la mayor venta de panela orgánica al exterior con un valor de 4.05 millones de dólares americanos, representó el 1% del total de las exportaciones de productos orgánicos.

En el año 2019 bajaron las exportaciones de panela orgánica a 3.30 millones de dólares americanos, que representó el 0.90% del total de las exportaciones de productos orgánicos.

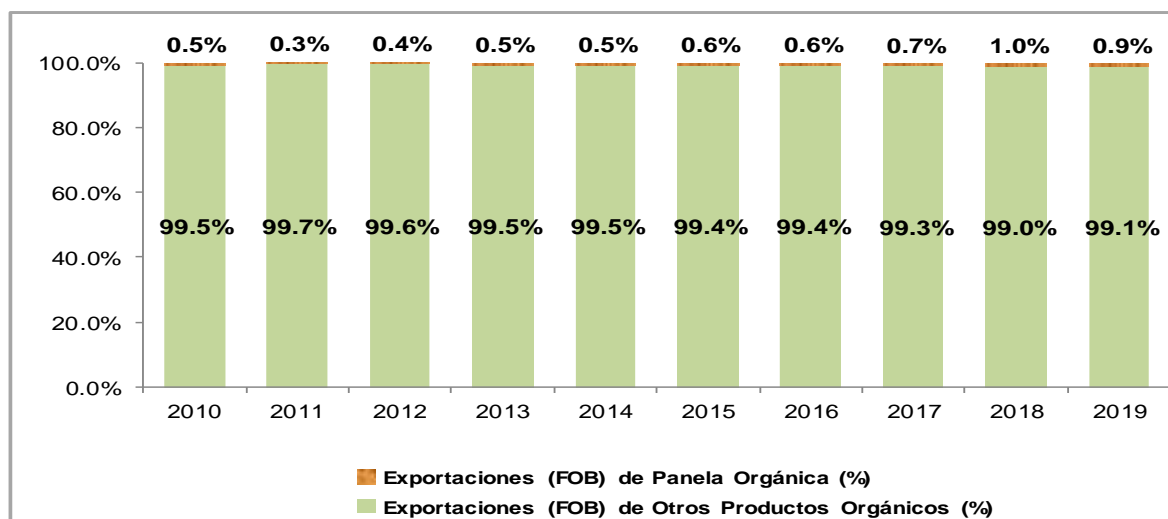
Gráfico 2: Evolución de las exportaciones (FOB) de productos orgánicos, 2010 – 2019
(MILLONES US\$)



FUENTE: MINAGRI, SUNAT, PROMPERÚ (2019)

Gráfico 3: Evolución de las exportaciones (FOB) de productos orgánicos, 2010-2019.

(ESTRUCTURA PORCENTUAL)

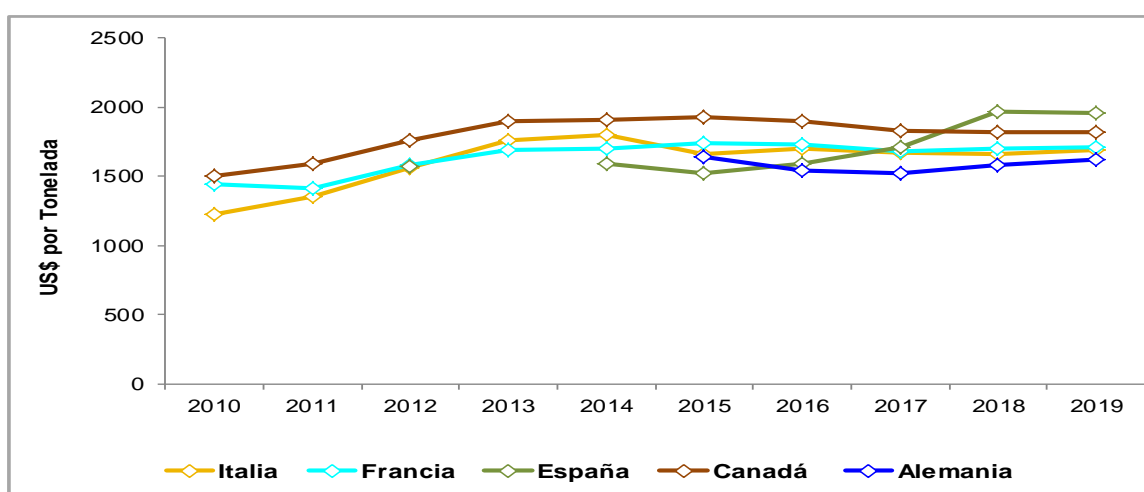


FUENTE: MINAGRI, SUNAT, PROMPERÚ (2019)

MINAGRI (2019), en el gráfico siguiente se muestra la evolución de precios (FOB) de panela orgánica, según país de destino del 2010 al 2019 en dólares americanos.

Canadá ha sido el país de destino que ha mantenido estable el valor de compra por encima 1,500 dólares la tonelada de panela orgánica. España desde el año 2017 al 2019 ha pagado un buen precio por encima de 1,700 dólares la tonelada de panela orgánica, y Alemania en cambio ha sido el país que menos ha pagado con un valor inferior a los 1,500 dólares americanos la tonelada de panela orgánica. Italia y Francia se han mantenido con precios estables desde el 2010 al 2019, pagando un precio promedio de 1,500 dólares la tonelada de panela orgánica.

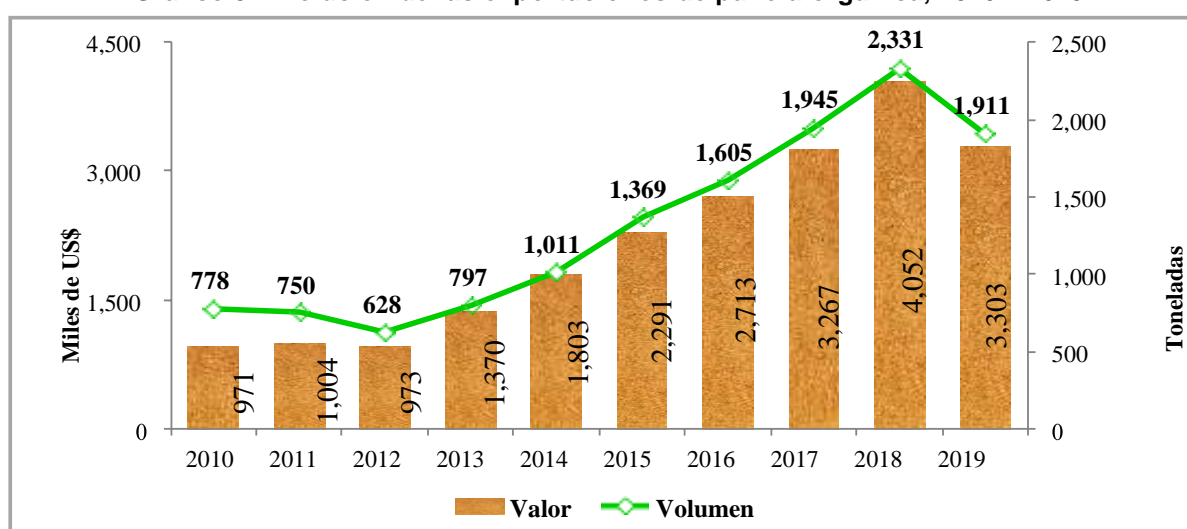
Gráfico 4: Evolución de precios (FOB) de panela orgánica, según países destino, 2010-2019 (US\$)



FUENTE: MINAGRI, SUNAT (2019)

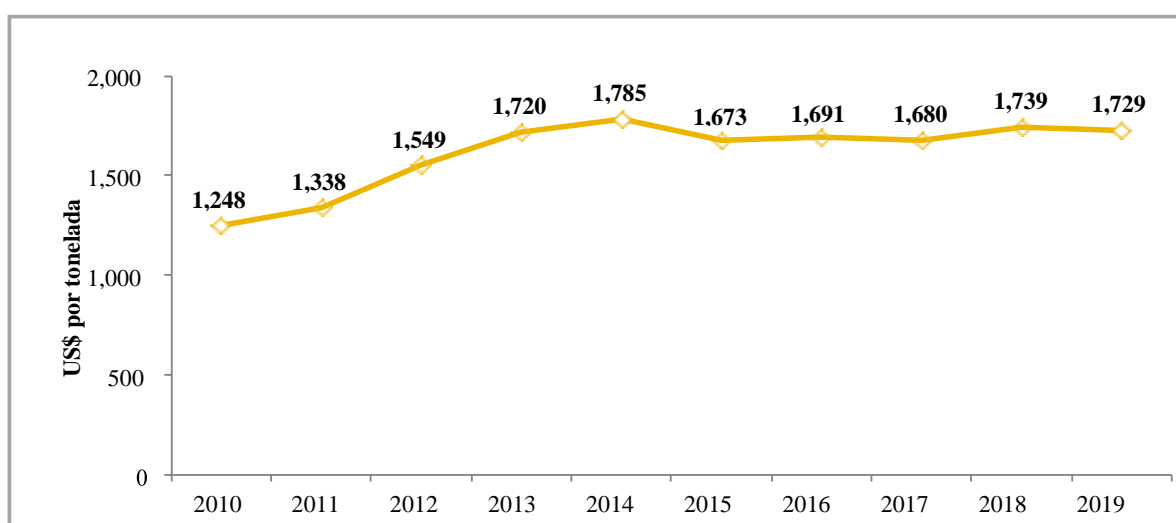
MINAGRI (2019), en los dos gráficos siguientes 5 y 6, se muestra la evolución de las exportaciones de la panela orgánica en miles de dólares y toneladas de panela orgánica, y la evolución de los precios promedios de exportación (FOB) de la panela orgánica del 2010 al 2019. En el año 2018 se ha exportado un total de 2,331 toneladas de panela orgánica que al valor de venta de 1,739 dólares, ha generado un ingreso bruto de 4,05 millones de dólares. En el año 2019 el volumen de las exportaciones bajaron a 1,911 toneladas de panela orgánica, que al valor de venta de 1,729 dólares, generó un ingreso bruto de 3.30 millones de dólares americanos, aún con la baja de precio de venta el producto panela orgánica sigue siendo rentable para los exportadores.

Gráfico 5: Evolución de las exportaciones de panela orgánica, 2010 - 2019



Fuente: MINAGRI, SUNAT (2019)

Gráfico 6: Evolución de los precios promedio de exportación (FOB) de panela orgánica, 2010 - 2019



Fuente: MINAGRI, SUNAT (2019)

Importación del Azúcar

Perúcaña en el mismo informe anual 2019, haciendo mención a Agrodata Perú, informa que en el 2019 se impotaron un total de 60,438 toneladas métricas de azúcar refinada, por un valor de SSU 21,050,161.00 millones de dólares de egresos, siendo el principal proveedor Colombia con el 63% del mercado de importación, equivalente a 13 millones de dólares, le sigue Guatemala con el 28%, equivalente a 6 millones de dólares, El Salvador (5%) equivalente a 1 millón de dólares, Paraguay (2%) equivalente a 427,624 dólares y Brasil (2%) equivalente a 332,391 dólares y otros con 120,393 dólares.

Asociación Peruana de Agroindustriales del Azúcar y Derivados - (2019), señaló que el Perú cuenta con 160 mil hectáreas de cultivo de caña de azúcar para la fabricación de azúcar, alcohol y derivados, ubicadas en los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima y Arequipa, contribuyendo actualmente con el 3.6% del PBI Agrícola. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (2018), 492 mil personas dependen directa o indirectamente de la industria azucarera, y en los últimos 15 años, esta actividad ha generado más de 2 mil millones de soles por ingresos públicos, a través de impuestos, propiciando el desarrollo de grandes proyectos de irrigación como: Chavimochic, Olmos y el Alto Piura.

Asociación Peruana de Agroindustriales del Azúcar y Derivados (2019), indicó que en el año 2016, la producción de azúcar fue de 1 143 649 TM; mientras que en el 2017, año en el que factores climatológicos como el Fenómeno de El Niño tuvieron gran impacto en las cosechas, la producción bajó un 5%, consiguiendo 1 080 900 TM, lo que generó un déficit que fue cubierto con la importación de azúcar refinada y cruda de países como Brasil, Colombia, Guatemala y Bolivia, llegando a importar 535 410 TM, 31% más con respecto al año anterior. Mientras que 111 817 TM, entre azúcar cruda/rubia, blanca y refinada, fueron destinadas a la exportación en el mismo año.

Asociación Peruana de Agroindustriales del Azúcar y Derivados (2019), mencionó que en el mercado internacional, de acuerdo con el informe mensual del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) sobre el comportamiento mundial de la producción de azúcar, se espera para la campaña 2017/2018 una producción de 179.6 millones de toneladas de azúcar, 8.1 millones de toneladas por encima de la demanda mundial (171.5 millones de toneladas), siendo una situación contraria a lo sucedido en

las dos campañas anteriores en las que el consumo mundial de azúcar se encontraba por encima de la producción mundial.

Dirección General de Políticas Agrarias (2019), mencionó que la producción mundial, según cifras del USDA, estima para la campaña 2018/2019 un volumen de 185.6 millones de toneladas, 4.5% menos respecto a la campaña anterior (que había registrado un crecimiento de 11.6%). Esta situación se explica por la baja en la producción de Brasil (-21%), compensada con la mayor producción de la India, que ha aumentado en 5% y lidera la producción mundial con 19% del total; sin embargo, la producción mundial sigue siendo bastante mayor respecto a las anteriores campañas agrícolas, que no ha sido compensada con un mayor consumo, lo cual ha permitido una acumulación de stocks mundiales de azúcar. Respecto al consumo mundial, en la campaña 2017/2018 el consumo humano de azúcar registró un volumen de 174 millones de toneladas, récord mundial, sin embargo, se espera para la nueva campaña 2018/2019 un aumento de dicho consumo a 176.8 millones de toneladas. En la medida que se observa una sustancial diferencia respecto a la producción, se espera que los precios del azúcar no suban.

Dirección General de Políticas Agrarias (2019), indicó que la producción nacional, debido a un buen clima, a mayores áreas sembradas y un incremento en la productividad, en el 2018 la producción nacional de caña de azúcar alcanzó la cifra récord de 10.3 millones de toneladas (10% más que el año 2017) destacando las regiones de Lambayeque (13%) y La Libertad (3%). Se prevé que este mismo comportamiento se repita el próximo año. En cuanto a la producción de azúcar de caña, en el 2018 ha alcanzado un volumen de 1 millón 183 mil toneladas, siendo un 9.5% mayor al volumen alcanzado el año anterior. De este total un 27% es azúcar refinada y un 72.8% es azúcar cruda o rubia. Bajo estas circunstancias se estima para el 2019 alcanzar una producción de 1 millón 250 mil toneladas (5.6% de aumento).

CORPOICA (2003), Señala que la Hoya del Río Suárez en Colombia, según investigaciones realizadas en 22 variedades de caña para la producción de panela, cinco variedades destacan: CC 84-75, RD75-11, CC85-47, CC82-15 y PR67-1070, con rendimientos de 28.40, 24.19, 21.10, 21.70 y 20.50 toneladas de panela por hectárea respectivamente. A continuación se presentan la tabla de los resultados.

CORPOICA (2003), en la siguiente tabla, se muestra una relación de 22 variedades comerciales de caña de azúcar, usadas para la producción de panela orgánica en Colombia, de las cuales sobresale la variedad CC84-75 con 229 toneladas de caña por hectárea y 28.40 toneladas de panela por hectárea.

Tabla 01

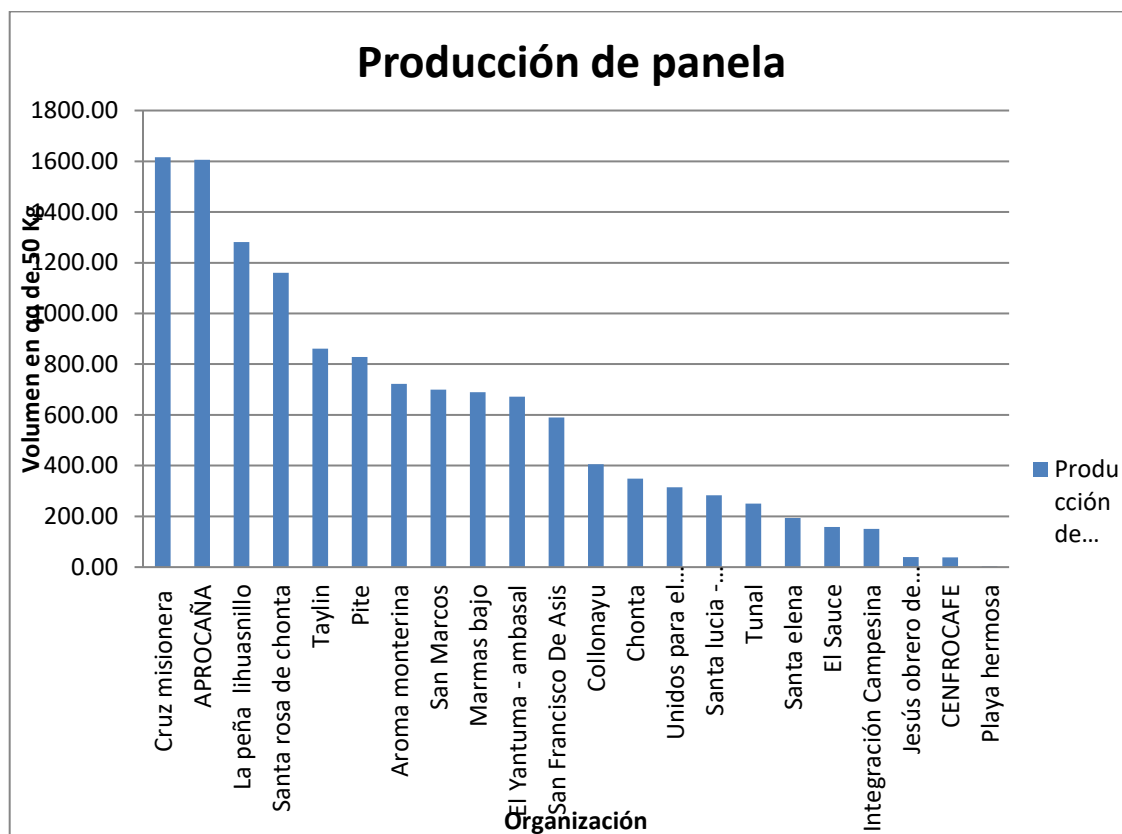
Producción de panela por hectárea de diferentes variedades de caña de Colombia

| Nº | Variedad | Rendimiento caña/ha/año | Producción de panela t/ha | Pol (sacarosa),% Jugo |
|----|-------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------|
| 1 | POJ 2878 | 88,40 | 8,90 | 18,30 |
| 2 | POJ 2714 | 92,50 | 9,52 | 18,90 |
| 3 | CP 57-603 | 120,00 | 14,75 | 18,75 |
| 4 | PR 61-632 | 145,70 | 16,46 | 18,90 |
| 5 | PR 1141 | 100,20 | 11,42 | 19,90 |
| 6 | PR 67-1070 | 172,30 | 20,50 | 20,20 |
| 7 | My 54-65 | 168,90 | 20,61 | 20,60 |
| 8 | Mex 64-1487 | 103,00 | 11,70 | 18,20 |
| 9 | RD 75-11 | 193,50 | 24,19 | 20,10 |
| 10 | Co 421 | 164,90 | 17,30 | 17,50 |
| 11 | Co 419 | 145,60 | 14,60 | 17,70 |
| 12 | CC 85-104 | 138,70 | 17,05 | 17,50 |
| 13 | CC 82-15 | 179,70 | 21,70 | 19,70 |
| 14 | CB 36-14 | 147,20 | 17,70 | 19,40 |
| 15 | CC 84-75 | 229,80 | 28,40 | 20,80 |
| 16 | CC 86-45 | 171,70 | 20,40 | 19,50 |
| 17 | CC 85-47 | 180,70 | 21,10 | 18,20 |
| 18 | CC 85-23 | 132,50 | 15,90 | 20,10 |
| 19 | CC87-505 | 145,00 | 18,63 | 21,30 |
| 20 | CC 85-57 | 135,80 | 17,35 | 20,90 |
| 21 | PCG12745 | 100,00 | 15,12 | 17,98 |
| 22 | CC 85-92 | 166,70 | 20,50 | 18,80 |

Fuente: Corpoica de Colombia (2003).

Central Piurana de Cafetaleros-CEPICAPE (2011), señala que la producción de panela en la Sierra de Piura está representada por las organizaciones de base de CEPICAPE, tal como se aprecia en el gráfico 01, cuyo promedio es de 59.35 quintales de panela por hectárea, aproximadamente 3 t ha⁻¹.

Gráfico 07: producción de panela de organizaciones de CEPICAPE campaña 2011



Fuente: CEPICAPE, 2011.

En el gráfico 7, se observa que las organizaciones que más producen fueron la APPAGROP Cruz Misionera del distrito de Jililí y APROCAÑA de la región de Cajamarca, quienes llegaron a 1,600 quintales de 50 kg, seguida por las organizaciones de La Peña de Liguasnillo en el distrito de Jililí y Santa Rosa de Chonta en el distrito de Montero, con 1,280 y 1,159 quintales respectivamente, luego en otro bloque tenemos a las Organizaciones: Taylín, Pite, Aroma Monterina, San Marcos, Marmas Bajo. El Yantuma de Ambasal y San Francisco de Asís, con una producción entre 600 a 800 quintales; y por último el resto de organizaciones con una producción inferior a 500 quintales de panela al año.

Tabla 02*Producción de caña y panela año 2015 en la CEPICAFE-Piura*

| N° | Organización | Productividad | | | | | Productividad (qq/ha) |
|----|------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|----------------------|---------------|-----------------------|
| | | N° Socios | Área Total (ha) | Área Crecimiento (ha) | Área Productiva (ha) | Vo. (qq) | |
| 1 | APPAGROP CHONTA | 16 | 15.75 | 0.00 | 15.75 | 895.00 | 56.83 |
| 2 | APPAGROP TAYLIN | 11 | 11.50 | 0.25 | 11.25 | 1060.00 | 94.22 |
| 3 | APPAGROP AROMA MONTERINA | 28 | 31.00 | 0.00 | 31.00 | 1450.00 | 46.77 |
| 4 | APPAGROP SANTA ROSA DE CHONTA | 19 | 31.00 | 3.00 | 28.00 | 2070.00 | 73.93 |
| 5 | APPAGROP PITE | 17 | 30.75 | 2.25 | 28.50 | 1850.00 | 64.91 |
| 6 | APPAGROP MARMAS BAJO | 11 | 17.00 | 1.00 | 16.00 | 955.00 | 59.69 |
| 7 | APPAGROP SAN FRANCISCO | 15 | 16.25 | 1.00 | 15.25 | 1265.00 | 82.95 |
| 8 | APPAGROP LIHUASNILLO | 20 | 36.50 | 3.25 | 33.25 | 1680.00 | 50.53 |
| 9 | APPAGROP CRUZ MISIONERA | 19 | 35.75 | 3.25 | 32.50 | 3310.00 | 101.85 |
| 10 | APPAGROP SAN MARCOS | 16 | 15.48 | 1.75 | 13.73 | 1015.00 | 73.95 |
| 11 | APPAGROP SICCHEZ PAMPA | 10 | 13.75 | 2.25 | 11.50 | 490.00 | 42.61 |
| 12 | APPAGROP AMBASAL | 12 | 11.31 | 0.81 | 10.50 | 835.00 | 79.52 |
| 13 | APPAGROP EL SAUCE | 14 | 16.75 | 4.50 | 12.25 | 1150.00 | 93.88 |
| 14 | APPAGROP COYONALLU | 25 | 44.75 | 4.75 | 40.00 | 844.00 | 21.10 |
| 15 | APPAGROP UNIDOS PARA EL DESARROLLO | 11 | 12.00 | 1.50 | 10.50 | 268.00 | 25.52 |
| 16 | APPAGROP SANTA ELENA | 28 | 19.38 | 2.01 | 17.38 | 485.00 | 27.91 |
| 17 | APPAGROP TUNAL | 20 | 12.00 | 0.25 | 11.75 | 476.00 | 40.51 |
| 18 | APROCAÑA | 4 | 21.00 | 6.00 | 15.00 | 920.00 | 61.33 |
| | | | | | | | |
| | TOTAL | 296 | 391.91 | 37.814 | 354.10 | 21,018 | 59.35 |

Fuente: CEPICAFE, 2015.

4.3. Aspectos generales del manejo del cultivo de caña de azúcar en laderas

Variedades

RUESTA (2018), en los valles interandinos de la Región de Cajamarca, utilizan la variedad criolla para su explotación comercial, la cual presenta bajos rendimientos y alta susceptibilidad al carbón de la caña; sin embargo, los ingenios azucareros y productores de caña para obtener altos rendimientos de caña y azúcar, dependiendo de la zona agroecológica, usan en mayor área las variedades siguientes: H32-8560, H37-1933, H57-5157, H69-3904, POJ28-78, PCG12-745, RB72-454 y la Mex73-523.

El INIA Chiclayo cuenta con la colección más grande de variedades comerciales que ascienden a 220 variedades de caña, las cuales son usadas con fines de mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades de caña con la denominación (Perú Vista Florida, PVF), que se caracterizan por poseer alto tonelaje de caña y azúcar por hectárea, resistentes a enfermedades y con amplio rango de adaptabilidad.

Preparación del terreno

RUESTA (2018), señala que en condiciones de valles interandinos de sierra, la preparación del terreno debe ser adecuada, los surcos se hacen en curvas a nivel, con una profundidad de 30 a 40cm y un ancho mínimo de 30cm, para facilitar el desarrollo radicular de la planta, darle un buen soporte a los tallos de caña y evitar el acame.

Sistema de siembra en laderas

RUESTA (2018), recomienda sembrar la caña bajo el sistema de siembra en chorro sencillo, que consiste en colocar las estacas de caña de 45cm de longitud con dos a tres yemas viables, en el fondo del surco con las yemas al costado, pudiendo juntarse los extremos o separarlos entre 5 a 10cm, empleándose aproximadamente 600 tercios de semilla de caña por hectárea.

Dosis y fuentes de fertilización

RUESTA (2018), señala que los suelos de sierra por lo general presentan niveles bajos de nitrógeno, fósforo y niveles medios de potasio, por lo que se requiere adicionar nutrientes a base de Guano de las Islas de 2 a 3 toneladas por hectárea, o si aplican humus de lombriz la dosis será de 5 a 10 toneladas por hectárea, y en caso se use compost la dosis será de 10 a 20 toneladas por hectárea. Dichas aplicaciones cubren todo el ciclo del cultivo.

Riegos

RUESTA (2018), en sierra existe limitado recurso hídrico, los agricultores de los diversos cultivos sólo aprovechan el agua proveniente de las lluvias en los meses de enero al mes de abril de cada año, el resto de meses es seco, y en algunas zonas donde existen pequeñas vertientes, realizan de 2 a 3 riegos por gravedad, utilizando en total, tanto para caña planta y caña soca entre 8,000 a 12,000 m³.ha⁻¹.

Control de malezas

RUESTA (2018), indica que en valles interandinos, los productores de panela orgánica, para controlar las malezas de sus campos no utilizan productos químicos (herbicidas), el control lo realizan en forma manual con ayuda de palanas y azadones, en número de 2 a 3, durante todo el ciclo del cultivo, manteniendo los campos limpios hasta la cosecha.

POEHLMAN (2003), señala que la planta de caña de azúcar almacena en el tallo grandes cantidades de jugo que contiene sacarosa. Por lo tanto el tonelaje de cañas por unidad de superficie es un criterio del rendimiento del azúcar. Dado que los tallos altos y gruesos almacenan más jugo que los tallos cortos y delgados, la selección principal que se practica en países tropicales es cuanto a vigor de crecimiento y en cuanto a cañas de canutos grandes y con una gran capacidad de amacollamiento.

El rendimiento de caña cosechada también es afectado por la respuesta de la variedad de caña de azúcar a la fertilización, la resistencia a las condiciones climáticas adversas y la resistencia a las plagas de insectos y enfermedades.

Este mismo autor menciona que la resistencia al barrenador de la caña de azúcar se ha identificado en clones de la de *S. spontaneum*. Dicha resistencia podría ser el resultado de que el barrenador no encuentra atractivas a las hojas para ovipositar en ellas, la imposibilidad de los barrenadores juveniles para establecerse, el alto contenido de fibras que impide que los barrenadores se alimenten, o la tolerancia y la capacidad de la caña de azúcar para dar buenos rendimientos, a pesar de los ataques por el barrenador.

4.4. Botánica de la caña de azúcar

FLORES (2001), indica que posterior a los trabajos de Linneo hubieron diversos intentos de clasificación de varios autores: Roxburgh (1832), Hooker (1897) y otros, siendo el sistema de Jeswiet (1925) el que tiene mayor aceptación y junto con las modificaciones de Artschwager y Brandes (1958), dividen al género *Saccharum* en 6 especies que son: *S. officinarum*, *S. spontaneum*, *S. barberi*, *S. sinense*, *S. robustum* y *S. edule* ; señalando el siguiente esquema como clasificación taxonómica de la caña de azúcar:

| | |
|---------------------|--|
| Reino: | Vegetal |
| División: | Fanerógamas |
| Subdivisión: | Angiospermas |
| Clase: | Monocotiledóneas |
| Orden: | Glumíferas |
| Familia: | Poaceae |
| Subfamilia: | Panicoidea |
| Tribu: | Andropogoneae |
| Subtribu: | Sacarineae |
| Género: | <i>Saccharum</i> |
| Especie: | <i>S. officinarum</i> , <i>S. spontaneum</i> , <i>S. barberi</i> , <i>S. sinense</i> , <i>S. robustum</i> <i>S. edule</i> . |

4.5. Morfología de la caña de azúcar

ROSENFELD (1955), señala que la caña de azúcar se reproduce normalmente por estacas o sea por multiplicación vegetativa; ésta fue la única forma en que el hombre cultivó la planta hasta 1888 en que se descubrió que las semillas podrían ser fértiles, y que permitió iniciar en Java y en Barbados, las primeras progenies sexuales.

VEJARANO (1974), indica que la caña de azúcar es una gramínea de gran desarrollo, cuya altura puede alcanzar varios metros. Su desarrollo es típico de las gramíneas en general, pues crece formado por el sistema subterráneo lo que se llama cepa, con un número variable de tallos, de diversos colores y grosor, los cuales, en cierto momento de

su vida, emiten la inflorescencia, conocida entre nosotros con el nombre de bandera y en los países de la zona del Caribe como güin.

Los descriptores y metodología utilizados en la caracterización morfológica de los 05 cultivares de caña de azúcar del presente trabajo de investigación y algunos conceptos originales y los dibujos descriptivos fueron tomados principalmente de Artschwager (1958), Humbert, (1974) y otros estudiosos de la caña de azúcar.

4.5.1. El Tallo

GONZALEZ (1983), señala que el tallo de la caña de azúcar es el órgano encargado de almacenar las sustancias de reserva en forma de carbohidratos, tales como: glucosa, fructosa y sacarosa. El Tallo es más o menos cilíndrico en su sección transversal, dividido en nudos y entrenudos, llamado caña. Es el encargado de la reproducción agámica o asexual, la cual copia fielmente los caracteres del clon o de la variedad pues en cada uno, en forma alterna, posee yemas axilares encargadas de dar origen a un nuevo tallo por división indirecta.

GÓMEZ Y SENTÍES (2015), indica que el tallo de la caña de azúcar constituye el órgano de almacenamiento de azúcares y por lo tanto desde el punto de vista comercial, es el más importante. Está constituido por una serie de unidades relativamente independientes que se denominan entrenudos y nudos.

CASSALETT et al. (1995), señalan que el tallo es el órgano más importante de la planta de caña, debido que en él se almacenan los azúcares. El número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento del tallo dependen principalmente de las variedades. El tamaño o longitud de los tallos depende, en gran parte, de las condiciones agroecológicas de la zona donde crece y del manejo que se le brinde a la variedad.

Las características generales consideradas para su descripción son:

a) Longitud (m):

En el campo se toman al azar diez tallos molederos y cada uno se mide desde el nivel del suelo hasta el último cuello visible.

La longitud varía entre menos de 1 m (clones de *Saccharum spontaneum*) y más de 10 m (algunos clones de *Saccharum robustum*).

Según la longitud promedio, el tallo es:

- Corto : menos de 2.5 m.
- Mediano: entre 2.5 - 3.5 m.
- Largo : más de 3.5 m.

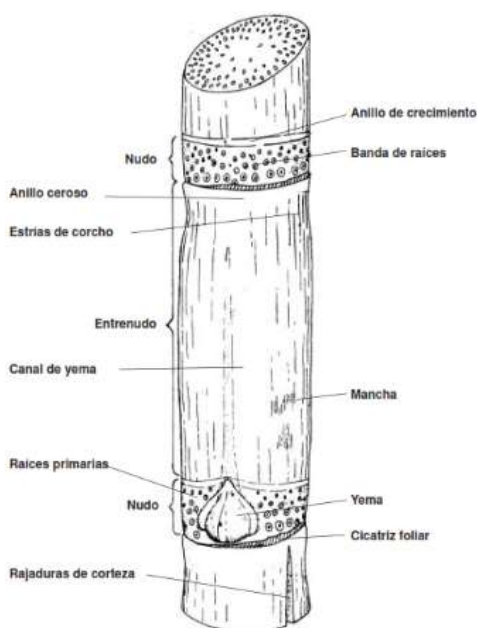
b) Diámetro de tallo (cm)

Se mide en el tercio medio del tallo, en diez tallos (promedio). Varía entre 10 - 50 mm.

Según el diámetro promedio, se clasifica:

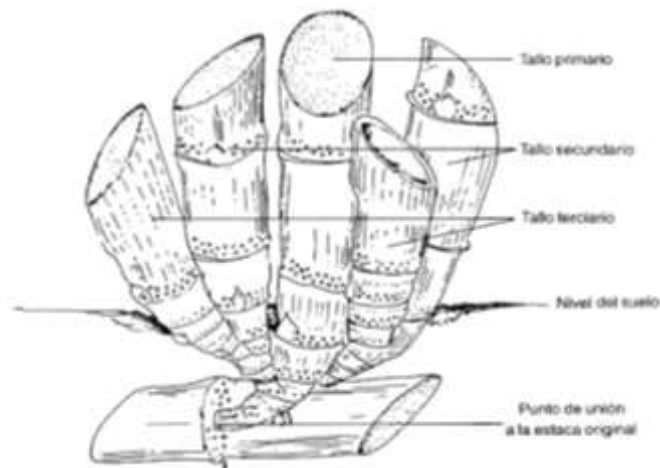
- Delgado : menos de 2.0 cm.
- Medio : entre 2.0 - 3.0 cm.
- Grueso : más de 3.0 cm.

Figura 3: *Partes principales del tallo de la caña de azúcar.*



Fuente: Artschwager y Brandes, 1958.

Figura 4: *Diferenciación de los tallos de la caña de azúcar.*



Fuente: Humbert, 1974.

4.5.2 La hoja

CASSALETT et al. (1995), señala que las hojas de la caña de azúcar se originan en los nudos y se distribuyen en posiciones alternas a lo largo del tallo a medida que este crece. Cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina o yagua. La unión entre estas dos partes se denomina lígula y en cada extremo de esta existe una aurícula con pubescencia variable. La forma y el color de la lígula, así como la forma de la aurícula, son características importantes en la diferenciación de las variedades de la caña de azúcar. Cada entrenudo tiene su hoja correspondiente, y en ella se distinguen dos partes: la hoja o lámina foliar y la vaina o yagua.

a) Hoja o lámina foliar

Se considera una parte muy importante para realizar el proceso de la fotosíntesis y su disposición se diferencia por las variedades de caña de azúcar.

Ruesta (2010) et al; indica que es una lamina recorrida en toda su longitud por su nervadura central siendo esta lanceolada y estrecha unida a la yagua. Textura, son angostas, otras anchas; algunas son suaves al tacto; otras son coriáceas y succulentas. Presenta en sus bordes dientes finos o gruesos que se dirigen hacia arriba. En referencia a la Nervadura central, pueden ser blanca, amarilla, rojiza o morado oscuro. Se diferencia por su longitud, anchura, disposición, color, textura y el dentado de sus bordes.

Longitud de la hoja

Se mide en cinco tallos, en la tercera hoja contada a partir de la primera hoja o cuello visible (TVD), según la longitud promedio, la hoja puede ser:

- Corta : menos de 110 cm.
- Mediana : entre 110 – 160 cm.
- Larga : más de 160 cm.

Anchura de la hoja

Se mide en la parte media de la tercera hoja contada a partir de la primera hoja o cuello visible (TVD). Varía entre 5 cm a 10 cm, y se describe como:

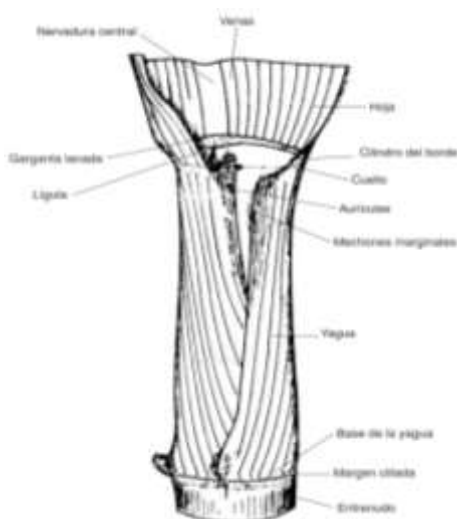
- Estrecha : menos de 6 cm.
- Media : entre 6 – 7.5 cm.
- Ancha : más de 7.5 cm.

Disposición de la hoja

Se refiere la dirección que presenta la lámina foliar, característica según la cual la hoja puede ser:

- Erecta : Cuando permanecen rígidas, con la punta curvada y casi paralelas al tallo.
- Arqueada : Cuando forma un arco más o menos amplio.
- Curvada en la base: Cuando el arco que forma es más o menos cerrado.

Figura 5: Partes estructurales de la hoja de la caña de azúcar.

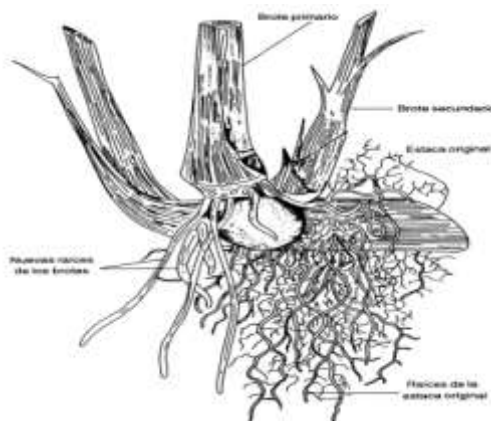


Fuente: Humbert, 1974.

4.5.3 La raíz

FLORES (2001), menciona que en la parte basal del canuto donde se localiza la yema hay varias hileras de primordios radicales. De aquí nacen unas raíces que tienen una vida corta (1 a 3 meses) y otras del tallo nacidas directamente de los primordios de los entrenudos de los tallos jóvenes que crecen y se profundizan en el suelo. Las raíces desempeñan las funciones de absorción del agua y de los alimentos minerales (N P K), a través de los pelos radiculares. Las raíces, igual que los tallos, nacen y se desarrollan mientras dura el cultivo, y una cepa de caña en pleno crecimiento cuenta siempre con gran cantidad de raíces jóvenes.

Figura 4: Sistema radicular de la caña de azúcar.



Fuente: Humbert, 1974.

4.5.4 Inflorescencia (espiga)

CASSALETT et al. (1995), cita a (Moore, 1987; CENICAÑA, 1987, 1988, 1989 y 1990), señala que la caña de azúcar presenta dos fases de desarrollo. La vegetativa, originada por la división celular en los puntos de crecimiento; y la reproductiva o de floración, que es una continuación de la anterior, y ocurre cuando las condiciones ambientales de fotoperiodo, temperatura, disponibilidad de agua y nivel de nutrimentos en el suelo son favorables.

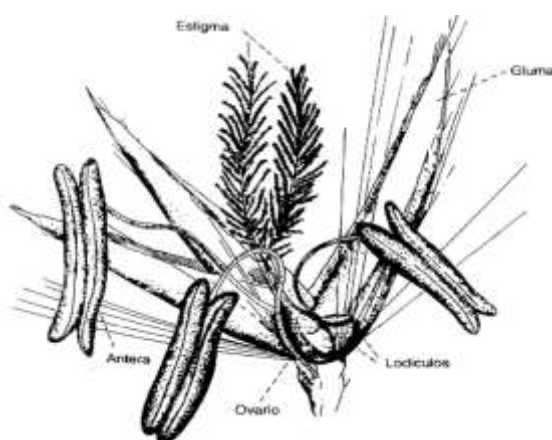
FLORES (2001), señala que es una panícula abierta y ramificada en forma de flecha; las espiguillas están dispuestas en pares, y en cada par una espiguilla es sésil y la otra pedicelada. Generalmente están rodeadas de pelos largos semejando una apariencia sedosa a la inflorescencia. Las flores son hermafroditas y la estructura de la flor de afuera hacia adentro tiene dos brácteas, llamadas gluma interior y exterior; continúa la

lemma estéril, llamada gluma 3; en la base del ovario hay dos lodículos. Continúa el androceo, que tiene tres estambres; luego el gineceo (con un ovario y el pistilo). El fruto que se conoce como semilla (fuzz) es una carióspside pequeña como resultado de una cruce entre dos o más variedades (progenitores).

El porcentaje de floración, es la relación entre los tallos con inflorescencias con el total de los tallos molederos; cuya clasificación es la siguiente:

| | | | | | |
|-------------|---|------------------|---------|---|---------------|
| Nula | : | 0% de floración, | Escasa | : | de 0.1 a 20% |
| Regular | : | de 20.1 a 50%, | Profusa | : | de 50.1 a 80% |
| Muy profusa | : | Mayor a 80%. | | | |

Figura 5: *Flor de la caña de azúcar.*



Fuente: Moore, 1987.

4.6. Fertilización

RUESTA (2018), señala que los suelos de sierra de las regiones de Cajamarca, Piura y Lambayeque, se caracterizan por poseer suelos con bajos contenidos de nitrógeno y fósforo y niveles medios de potasio, por lo que se requiere adicionar nutrientes a base abonos orgánicos como el Guano de las Islas de 2 a 3 toneladas por hectárea, o si aplican humus de lombriz de 5 a 10 toneladas por hectárea, o si prefieren usar compost la dosis a usar es de 10 a 20 toneladas por hectárea, cubre todo el ciclo del cultivo.

CASSALETT et al. (1995), cita a Fauconnier y Bassereau (1975), encontraron que en los tallos la extracción de nutrimentos fue: 0.72 Kg de N, 0.18 Kg de P, 1.22 Kg de K, 0.12 Kg de Ca, 0.20 Kg de Mg y 0.27 Kg de S; mientras que en los cogollos y en las hojas secas la extracción fue: 1.15 Kg de N, 1.39 Kg de P, 1.18 Kg de K, 0.68 Kg de Ca, 0.32 Kg de Mg y 0.16 Kg de S por tonelada de caña industrial.

Nitrógeno (N)

TELLO & VALDIVIA (1976), indican que el abonamiento total temprano produjo un rendimiento máximo de 239 toneladas de caña/ha con la aplicación de 397 Kg N/ha. Igualmente puede observarse que, con el abonamiento fraccionado tardío, solo se obtuvo un máximo rendimiento de 218 toneladas de caña/ha con una mayor aplicación de nitrógeno (413 Kg de N/ha). Además, hubo diferencia altamente significativa entre los tratamientos con aplicación temprana y tardía del nitrógeno.

RUESTA (2019), en otra publicación recomienda a los productores de panela orgánica de los Valles Interandinos de la sierra de Cajamarca fertilizar con nitrógeno y fósforo, haciendo uso de las fuentes orgánicas como el Guano de las Islas, Roca Fosfórica, Humus de Lombriz y Compost.

Este mismo investigador, recomienda realizar la fertilización previo a la siembra y/o en los primeros tres meses de iniciado el cultivo de caña, aplicar la fórmula de abonamiento orgánico promedio de 240:192:48 kilogramos de NPK, con los cual se alcanza rendimientos de caña superiores a 150 t ha⁻¹ y 15 t panela ha⁻¹ a los 18 meses de edad para caña planta y 16 meses de edad para caña soca.

AYALDE (1973), señala que el nitrógeno es absorbido por las raíces y llevado a las hojas y zonas de crecimiento donde es combinado con los azúcares para la formación de aminoácidos, que llegan a constituir del 40 al 50% del protoplasma celular. Desde este punto de vista influye de manera determinante en el fenómeno morfológico de crecimiento, es decir, su presencia es importante para obtener tonelajes altos. Se encuentra en la clorofila; combinado con los carbohidratos forma proteínas y juega un papel importante en la síntesis del protoplasma. Con abundancia de carbohidratos y de compuestos nitrogenados, la caña se desarrolla con rapidez. Su suministro en dosis adecuadas constituye una condición indispensable para el aumento en los rendimientos.

CASSALETT et al. (1995), indica que el nitrógeno es un componente esencial de las células vivas y se encuentra principalmente en las partes jóvenes de la planta en estado de crecimiento. La planta lo absorbe por las raíces o por las hojas en forma de NO⁻³ y NH⁴⁺; una vez dentro de la planta, se reduce y transforma en carbohidratos y, finalmente, en proteínas. Además de su importancia para la formación de carbohidratos y proteínas,

el nitrógeno es un constituyente esencial de la molécula de clorofila; por lo tanto, influye en la coloración del follaje y en el tamaño de las cepas de la caña de azúcar.

Fósforo (P)

VEJARANO (1974), indica que el fósforo es indispensable para la división y multiplicación de las células, se encuentra en los tejidos meristemáticos, es decir en lugares de crecimiento, su deficiencia disminuye el desarrollo de los tallos al reducirse su longitud y grosor. Se encuentra en la planta bajo la forma de compuestos nitrogenados llamados nucleoproteínas, que intervienen en la síntesis de las proteínas, está presente en las enzimas.

CUELLAR, I; VILLEGAS, R; DE LEÓN, M; Y PÉREZ, H. (2002), señalan que el fósforo influye en la brotación, el desarrollo radical, la elongación de los tallos y el ahijamiento. Participa en los procesos de intercambio de energía, forma parte de los ácidos nucleicos, de los fosfolípidos y de coenzimas respiratorias.

El fósforo orgánico representa de 7 al 30% del total de la capa arable del suelo. Las fracciones activas de fósforo inorgánico son fosfatos enlazados al calcio (P-Ca), al aluminio (P-Al) y al hierro (P-Fe) y constituyen las reservas asimilables.

Las principales pérdidas de fósforo del suelo son la exportación que realiza la caña de azúcar, que alcanza entre 0.40 y 0.50 kg de P_2O_5 por tonelada de caña cada año.

En la plantación el fertilizante fosfórico debe aplicarse en el fondo del surco. En los retoños inmediatamente después de la cosecha, enterrándolo a 8-10 cm y cerca del sistema radical.

Potasio (K)

VEJARANO (1974), señala que la caña de azúcar necesita grandes cantidades de potasio, la función de este elemento es necesario para la estructura celular, asimilación del carbono, fotosíntesis, formación de almidones, traslación de proteínas y azúcares, la admisión de agua en la planta, desarrollo normal de las raíces, etc. Los suelos que tienen deficiencias de K son usualmente arcillosos, pesados, de mala estructura. Las plantas que padecen de falta de K muestran un crecimiento deprimido, amarillento y manchado de las hojas más viejas y adelgazamiento de los tallos. Gracias al intercambio potasa-hidrógeno, la concentración de iones hidrógeno permanecería siempre constante en las células vivientes cualquiera que fuera la concentración aniónica.

CUELLAR, I; VILLEGAS, R; DE LEÓN, M; Y PÉREZ, H. (2002), indican que el potasio es esencial para la activación enzimática. Tiene un papel decisivo en la formación, transporte y acumulación de sacarosa. Controla la respiración, la absorción de agua y su conservación en la planta entre otras funciones.

El exceso de potasio disminuye el contenido de sacarosa y afecta también la cristalización y el proceso general de fabricación de azúcar.

La caña extrae del suelo entre 1.5 y 2 kg de K₂O por tonelada de caña cada año.

AYALDE (1973), indica que es indispensable para la mejor producción de la caña de azúcar. Estimula la asimilación de los hidratos de carbono y la formación de almidones y azúcares. Promueve el desarrollo de las raíces, tallos y hojas y hace menos ostensible los efectos de la sequía, debido a que estimula el transporte del agua y otros elementos dentro de la planta. Tiene habilidad para contrarrestar los efectos de adiciones altas o bajas de nitrógeno y existe una relación tan íntima entre estos dos elementos, que si hay deficiencia de potasio, muy poco o ningún beneficio se consigue con la adición de nitrógeno. Obra como catalizador en el metabolismo general de las plantas para la conversión de los carbohidratos en azúcares e interviene en la reducción de los nitratos para la síntesis de proteínas y juega un papel muy importante en los fenómenos de translocación. Un balance correcto de N y K promueve la formación de los tejidos que dan resistencia a la planta y previene el volcamiento.

Tabla 3: *Parámetro de pH*

| pH | Clasificación |
|------------|--------------------------|
| < 4.5 | Extremadamente ácido |
| 4.5 – 5.5 | Fuertemente ácido |
| 5.6 – 6.0 | Moderadamente ácido |
| 6.1 – 6.5 | Ligeramente ácido |
| 6.6 – 7.3 | Neutro |
| 7.4 – 7.8 | Ligeramente alcalino |
| 7.9 – 8.4 | Moderadamente alcalino |
| 8.5 – 9.0 | Fuertemente alcalino |
| 9.1 – 10.0 | Alcalino |
| > 10.0 | Muy fuertemente alcalino |

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Agraria Vista Florida

Tabla 4
Salinidad de los suelos

| Clasificación del suelo | CE (dS/m) | Respuesta en el rendimiento de las plantas cultivadas |
|--------------------------------|------------------|--|
| No salino | < 2 | Sin restricción de uso. |
| Ligeramente salino | 2 - 4 | Los cultivos muy sensibles muestran rendimientos restringidos (palto, fresa, frijol, etc). |
| Medianamente salino | 4 - 8 | Los cultivos sensibles muestran rendimientos restringidos (vid, pimienta, maíz, etc). |
| Fuertemente salino | 8 - 16 | Solo los cultivos resistentes rinden satisfactoriamente (espárrago, algodón, etc). |
| Extremadamente salino | > 16 | Los cultivos muy resistentes muestran rendimientos restringidos (cebada, etc). |

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Agraria Vista Florida

Tabla 5
Niveles de nutrientes en análisis de suelos

| Elemento | Bajo | Medio | Alto |
|--------------------------|-------------|--------------|-------------|
| Materia orgánica (%) | < 2 | 2 - 4 | > 4 |
| Fósforo disponible (ppm) | < 7 | 7 - 14 | > 14 |
| Potasio disponible (ppm) | < 100 | 100 - 240 | > 240 |

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Agraria Vista Florida

Tabla 6
Niveles de CaCO_3 en análisis de suelos

| CaCO_3 | Clasificación |
|-----------------------------------|----------------------|
| < 1 | Bajo |
| 1 – 2 | Medio |
| 2 – 5 | Alto |
| > 5 | Muy alto |

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Agraria Vista Florida

Tabla 7
Niveles de C.I.C. en análisis de suelos

| C.I.C. (meq/100 gr) | Clase |
|---------------------|----------|
| < 5 | Muy bajo |
| 5 - 15 | Bajo |
| 15 - 25 | Medio |
| 25 - 40 | Alto |
| > 40 | Muy alto |

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Agraria Vista Florida

Tabla 8
Cationes intercambiables

| Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | Al ³⁺ | |
|------------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------|
| Intercambiable | Intercambiable | Intercambiable | Intercambiable | Intercambiable | Categoría |
| meq/100 gr | meq/100 gr | meq/100 gr | meq/100 gr | meq/100 gr | |
| < 2.00 | < 0.25 | < 0.12 | < 0.15 | < 0.10 | Muy bajo |
| 2.01 – 5.00 | 0.26 – 0.50 | 0.12 – 0.25 | 0.16 – 0.20 | 0.11 – 0.25 | Bajo |
| 5.01 – 9.00 | 0.51 – 1.00 | 0.26 – 0.51 | 0.21 – 0.30 | 0.26 – 0.50 | Medio |
| 9.01 – 15.00 | 1.01 – 2.00 | 0.52 – 0.64 | 0.31 – 0.40 | 0.51 – 0.80 | Adecuado |
| > 15 | > 2.01 | > 0.65 | 0.41 – 0.50 | > 0.81 | Alto |
| | | | > 0.51 | | Muy alto |

Fuente: Laboratorio de Suelos la Estación Experimental Agraria Vista Florida

4.7. Riegos en el cultivo de caña de azúcar

CASSALETT *et al.* (1995), indica que el consumo total de agua de la caña en los diferentes países varía en forma amplia, debido a las diferencias marcadas en los ciclos de cultivo. Por lo general, este consumo oscila entre valores de 1,200 y 1,500 mm por año de cultivo, siendo mayor en las zonas subtropicales que se caracterizan por épocas secas más prolongadas y por una evapotranspiración mayor en las zonas tropicales.

4.8. Fisiología de la caña de azúcar:

GONZÁLEZ (1983), indica que la fisiología vegetal estudia el funcionamiento de las plantas; puede decirse que se relaciona con todos los procesos que dan lugar al desarrollo, crecimiento y comportamiento de las plantas. Abarca los efectos del clima, medio y las

interacciones de las plantas con los organismos del medio. Se le ha prestado mucha atención al crecimiento, nutrición, formación de sacarosa y a las relaciones con el agua.

RUESTA (2018), señala que en los Valles Interandinos de la sierra de Cajamarca, el cultivo de caña es limitado por el recurso hídrico, debido que no disponen de dicho recurso varios meses del año, dependen de las lluvias que generalmente son en los meses de enero a abril de cada año. En estos valles generalmente el consumo de agua oscila entre 8,000 y 12,000 m³ ha⁻¹, tanto para caña planta como para caña soca.

Tasa de crecimiento

CASSALETT et al. (1995), Indica que la tasa de crecimiento de la caña se mide en términos de materia seca (MS) producida por unidad de área y tiempo. Se sabe que el tallo es la parte de la planta que tiene la mayor importancia económica, y con frecuencia se utilizan el número y la tasa de elongación de éste para estimar el crecimiento. El déficit de recurso hídrico durante el período de macollamiento reduce el número de tallos; sin embargo, si el déficit no es severo, este efecto generalmente desaparece una vez que se regula el suministro de agua. Además se ha constatado que las aplicaciones de nitrógeno estimulan el macollamiento. Durante la época de máximo alargamiento, la tasa normal de crecimiento es de 1.25 cm/día, no obstante en la zona tropical de Java se han encontrado tasas de crecimiento de 2.3 cm/día.

Se ha observado que los tallos en caña tienen un alargamiento acelerado en el mes cuarto y quinto, sin embargo esta tasa de crecimiento va ir decreciendo conforme pasan los meses a mayor edad del cultivo.

Germinación de las yemas

GONZALEZ (1983), indica que el rango de germinación de una variedad y otra es un factor totalmente genético; tanto desde el punto de vista de su ritmo inicial como de su por ciento de germinación. En algunas de ellas las raíces se desarrollan antes que los brotes, en otras, la situación es inversa, y entre estos dos extremos puede hallarse toda una serie de tipos intermedios.

Este mismo autor señala que para tener una buena germinación los rangos de temperatura deben estar comprendidos entre los 21 y 26°C, por encima o por debajo, se retarda la germinación.

Crecimiento de tallos

GONZALEZ (1983), señala que cuando la caña se cosecha de un año y crece en condiciones normales, su elongación de los tallos presenta un gran período normal con un máximo. La longitud y diámetro del tallo puede ser afectado a condiciones anormales de crecimiento.

El aumento de longitud de tallos es más o menos proporcional a su aumento de volumen. La correlación entre los incrementos en longitud y en volumen, es en la caña de azúcar lo suficientemente elevada para justificar la sustitución de la sencilla medición de longitud por la laboriosa determinación del volumen.

Crecimiento de las hojas

GONZALEZ (1983), la longevidad de una hoja de caña de azúcar difiere de acuerdo con la variedad y las condiciones del medio donde se reproducen. Otro factor es el ritmo a que se producen las hojas. El tiempo que decursa entre la formación de nudos sucesivos y sus hojas se señala como plastocrono. El número de hojas verdes presentes en un tallo está regido por dos factores: el ritmo a que se producen las hojas y la longevidad individual de las hojas. Durante los períodos de condiciones favorables al crecimiento, el número de hojas verdes por tallo es mayor que durante los períodos de condiciones adversas al crecimiento. Las variedades tempranas se caracterizan generalmente por un número de hojas verdes mayor que las variedades tardías.

Ahijamiento

GONZALEZ (1983), el ahijamiento, es el proceso mediante el cual un tallo es capaz de dar origen a un grupo de vástagos provenientes de sus yemas subterráneas. Cuando a una estaca de caña se le facilita un amplio espacio para desarrollarse libremente, cada vástago crecerá consistentemente hacia arriba, tan pronto como se forme. Además, el ahijamiento parece ser un proceso más o menos continuo que puede dar como resultado la formación de cepas con varios centenares de tallos. Los principales factores que influyen en el ahijamiento son la luz, temperatura, fertilizantes, humedad, distancia de siembra de esquejes, y aporque.

Intensidad de infestación de la caña por el barrenador de los tallos

Pollack (1991), estimó que en Casa Grande ocurrió una pérdida total de 1,709 t de azúcar, por un valor de US\$ 297,180, en un área cosechada de 46,356 hectáreas, para el período

de 1972-1977. Ello representó una pérdida de 0.74 bolsas de azúcar por hectárea. El daño promedio fue de 8.1%. se determinaron los siguientes factores de pérdida por variedades: H32-8560 (0.004551 t/ha), H37-1933 (0.00244 t/ha) y H50-7209 (0.003909 t/ha). La pérdida total de azúcar recuperable en t/ha se obtenía multiplicando el porcentaje promedio de intensidad de infestación por la superficie cosechada y por el factor indicado.

Acumulación de sacarosa

CLEMENTS (1959 y 1962), indica que la maduración de la caña es un proceso fisiológico que tiene dos fases: a) primera fase, se van formando entrenudos anatómicamente completos y en proceso de alargamiento. Cada entrenudo completa su propio ciclo vegetativo, el cual incluye una progresiva acumulación de sacarosa; y b) segunda fase incluye todos los eventos posteriores de maduración de la caña con acumulación de sacarosa, cuyos factores que influyen en mayor medida es la humedad y el contenido de nitrógeno.

HUMBERT (1968), señala que los mayores rendimientos de caña de azúcar se obtienen cuando la caña se somete a un período de maduración adecuado antes de la cosecha. Para que madure la caña, es necesario que los tallos disminuyan su ritmo de crecimiento, ello depende de la variedad, de la edad de los tallos, de los factores climáticos y del manejo del cultivo.

GLOVER (1973), indica que la temperatura es el factor más eficiente en la inducción de la maduración. Esto se debe a que ocasionan una reducción en la absorción de nutrientes y agua. Además reducen las tasas de respiración en mayor grado que las tasas de fotosíntesis permitiendo una mayor acumulación de fotosintatos.

4.9 Parámetros de calidad

Los parámetros para determinar la madurez de la caña fueron: Brix del jugo, porcentaje de sacarosa o POL y la pureza aparente.

Brix (%). Es igual al porcentaje de sólidos solubles totales disueltos en el jugo de caña.

$$BRIX = \frac{\text{Sólidos Solubles}}{\text{Jugo Absoluto}} * 100$$

Al comienzo: 16-18%

Maduración: 18-22%

Sólidos solubles. Son todos los elementos disueltos en el jugo, como los azúcares y los no azúcares.

76% Sacarosa POL

10% Reductores

10% No azúcares

4% Elementos no determinados.

No azúcares.

Ácidos carboxílicos, proteínas, sílice, grasos, etc.

Sacarosa del jugo o porcentaje POL. Es el contenido real de azúcar de caña, presente en el jugo. Se determina con un polarímetro, de ahí que el porcentaje de sacarosa también sea llamado como Porcentaje POL.

Pol en caña (%):

Bajo: menos de 13%

Regular: 13-14%

Bueno: 14-16%

Excelente: 16-18%.

Coefficiente de pureza. Se refiere al porcentaje de sacarosa respecto al contenido total de sólidos solubles del jugo. Una mayor pureza indica que existe un contenido mayor de sacarosa que de sólidos solubles en el jugo.

Pureza en jugo (%). Es el por ciento de la relación que existe entre el Pol y los Sólidos Totales:

$$PUREZA = \frac{Pol}{Brix} * 100$$

| | |
|------------|--------|
| Bajo: | 65-78% |
| Regular: | 78-80% |
| Bueno: | 80-85% |
| Excelente: | 85-90% |

Azúcares reductores (%). Se refiere al porcentaje de otros azúcares (fructosa y glucosa), presentes en el jugo. Un menor nivel de azúcares reductores, nos indica que hay mayor contenido de sacarosa.

Al comienzo: 0.5-0.8%

Al final: 0.3-0.4%

Ideal: 0.2-0.1%

Índice de madurez (%). Es un método sencillo y práctico que se emplea actualmente para determinar la madurez de la caña. Se emplea la fórmula siguiente:

$$IM = \frac{Brix\ superior}{Brix\ inferior} * 100$$

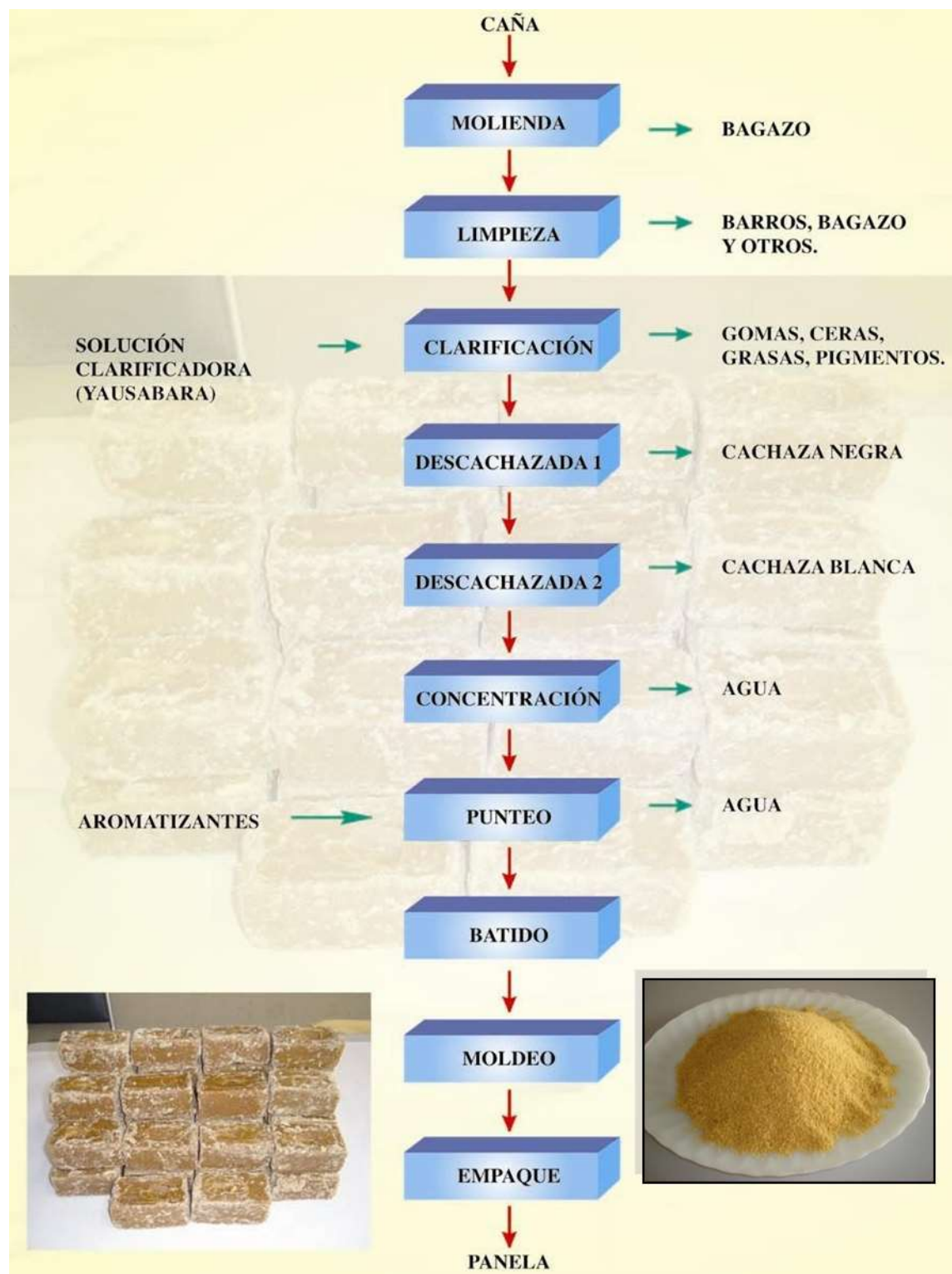
| | |
|----------------|------------------------|
| Menor de 85%: | Tierna |
| 85-100% : | Madura (cosechar caña) |
| Mayor de 100%: | Sobremadura |

Panela granulada. Es en forma de cristales sueltos, obtenida por evaporación, concentración y cristalización del jugo de la caña de azúcar, sin ser sometido a operaciones de refinación. La granulación se consigue mediante enfriamiento y batido en la etapa final de cristalización, en plantas de proceso. Generalmente es el 10% de la producción de caña.

QUEZADA (2007), indica que una vez que la miel de la caña de azúcar alcanza una temperatura superior a 114 °C, se puede empezar a obtener panela. Temperaturas entre 116 a 122°C son las más recomendadas, ideal es 118°C dependiendo de la dureza del producto final. Esto significa que para obtener panelas suaves la temperatura de concentración es menor y para panelas más duras la temperatura de concentración es mayor. Este mismo autor define a la panela granulada como azúcar natural o panela pulverizada, es un sólido granulado que fabricado cuidadosamente en las agroindustrias paneleras está constituida casi en su totalidad por sacarosa, de sabor

dulce, soluble en agua y color amarillo pardo. El color depende de la variedad de caña, presencia de fósforo en el jugo (300ppm), grado de clarificación y tiempo de batido.

Figura 6: Diagrama de proceso para la producción de Panela



Fuente: Quezada 2007.

Condiciones ambientales y crecimiento de la planta

CASSALETT et al. (1995), señala que el rango óptimo de temperatura para el crecimiento de la caña de azúcar se encuentra entre 26 y 30 °C, el cual es ligeramente superior al promedio de temperatura en la zona azucarera de Colombia. Las temperaturas por debajo de 21 °C retardan el crecimiento de los tallos y inducen al incremento de la sacarosa. De igual manera, se indica que las variaciones de temperaturas máxima diurna y mínima nocturna estimulan una mayor concentración de sacarosa. El análisis de los rendimientos por un periodo de 8 años en la zona azucarera de Colombia, mostró que existe una correlación entre la temperatura mínima mensual y el rendimiento de azúcar en fábrica (Cock et al., 1993).

CASSALETT et al. (1995), Señala que cuando no existen factores limitativos, la producción de biomasa total de un cultivo está directamente relacionada con la radiación solar que este intercepta. En ese sentido, al incrementar la radiación solar, la producción de biomasa es mayor. En el cultivo de la caña, la alta radiación va a permitir mayor concentración de sacarosa. El cultivo es sensible a los cambios que se puedan originar en el fotoperíodo, especialmente a la disminución en la longitud del día cuando ésta es larga, lo cual estimula la floración de la planta.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación geográfica del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en el campo propiedad del productor de caña Eloy De La Cruz Quispe, ubicado en el caserío de la Succha Alta del distrito de Salas de la Región de Lambayeque. Geográficamente ubicado a $6^{\circ}16'27''$ de Latitud Sur y $79^{\circ}36'35''$ de Latitud Oeste y a una Altitud de 1,300 m.s.n.m.; en la vista satelital se muestran las coordenadas tomadas con el GPSmap 62 sc.

Figura 7: Vista satelital de la ubicación del campo experimental en la Succha Alta



Fuente: Google Earth Pro

5.2. Condiciones climatológicas

La zona presenta un clima subtropical (cálido-seco), fluctuando las temperaturas mínimas y máximas entre los promedios de 17.66°C y 31.13°C respectivamente. La precipitación promedio fue de 9.08mm, demasiado baja, cuyos requerimientos del cultivo de caña de azúcar están entre 1,200 y 1,500 mm distribuidos durante todo el año.

La velocidad del viento fue variable en los diferentes meses, registrándose la mayor velocidad en el mes de Agosto del 2018 con 3.57 m/seg y la menor velocidad en el mes de febrero del 2019 con 1.91m/seg; el promedio mensual que se presentó en campo fue de 2.83m/seg.

5.3. Muestreo, análisis de suelo

Para la determinación de las características físico-químicas del suelo del área en estudio se tomó 10 submuestras al azar, recorriendo el campo experimental en forma de zigzag a una profundidad de 0.30 m; posteriormente para obtener la muestra compuesta de acuerdo al procedimiento recomendado por el laboratorio de suelos de la Estación Experimental Vista Florida, del INIA, se usó el método del cuarteo y se obtuvo una muestra homogénea de 1 kilogramo de peso para el análisis respectivo.

Los cálculos para la formulación de dosis de fertilización, se ha realizado estimando un rendimiento promedio de caña planta de 200 t/ha/18 meses, y una extracción de 1 kg N, 0.5 kg P_2O_5 y 2.5 kg K_2O / t de caña. El análisis fue realizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Agraria Vista Florida-Lambayeque. **En la Tabla 12**, se presentan los resultados donde se indica las Características físico-químicas del suelo, en el campo Experimental perteneciente al productor Eloy De La Cruz Quispe.

5.4. Materiales y equipos

Insumos:

- ❖ Semilla de cinco variedades de caña de azúcar, obtenidas del INIA-Lambayeque.
- ❖ Fertilizante orgánico: Guano de las Islas (10% N, 8% de P_2O_5 , 2 K_2O %) y Roca Fosfórica (21% P_2O_5 , 32% CaO).
- ❖ Material biológico para liberar (Avispas *Trichogramma spp.* y Moscas *Billaea claripalpis*).

Equipos:

- | | |
|-----------------|----------------------|
| ➤ Palanas | ➤ Wincha |
| ➤ Zapapicos | ➤ Balanzas |
| ➤ Machetes | ➤ Trapiche |
| ➤ Agronivel | ➤ Vernier |
| ➤ Estacas | ➤ Libreta de apuntes |
| ➤ Comba | ➤ Etiquetas |
| ➤ Rafia | ➤ Cámara fotográfica |
| ➤ GPSmap 62 sc. | |

Para análisis de caña en laboratorio

- Vasos de precipitado
- Subacetato de plomo
- Pipetas
- Embudos
- Papel filtro
- Vasos descartables
- Jarras plásticas
- Tartrato de sodio y potasio
- Sulfato de cobre pentahidratado
- Hidróxido de sodio
- Polarímetro
- Tubo polarimétrico y azul de metilo
- Sacarímetro
- Refractómetro

5.5. Tratamientos en estudio

Se evaluaron 03 cultivares de caña de azúcar de uso comercial, y 2 clones de caña generados en el INIA Estación Experimental Agraria Vista Florida, que están en fase de pruebas regionales; cuatro de las cuales fueron proporcionadas por el INIA de sus semilleros de caña de azúcar de Chiclayo, y la variedad testigo fue proporcionada por los agricultores de la zona en estudio.

Tabla 09: Tratamientos en estudio.

| Tratamiento | Variedad | Origen |
|-------------|-------------------|---------------------|
| T1 | H 32-8560 | Hawaii-USA |
| T2 | PCG 12-745 | Casa Grande, Perú |
| T3 | PVF 03-115 | Vista Florida, Perú |
| T4 | PVF 03-93 | Vista Florida, Perú |
| T5 | Criolla (testigo) | Perú |

Fuente: Elaboración propia

5.6 Características de las variedades de caña de azúcar en estudio

Programa Nacional de Investigación de Caña de Azúcar del INIA- EEA Vista Florida (2014), señala que las variedades en estudio 03 corresponden a cultivares comerciales de la industria azucarera nacional, y 2 corresponden a nuevos clones de selecciones avanzadas del Programa de Mejoramiento Genético de Caña de Azúcar del INIA-Perú, ubicado en la Estación Experimental Agraria Vista Florida-Lambayeque. A continuación se describe las principales características de las variedades de caña de azúcar en estudio:

a) H32-8560

Tallo: Erecto hasta los 11 meses,color cenizo, de 9 a 12 tallos/cepa.

Hoja: Larga, color verde oscuro,de un buen deshoje natural.

Yagua: Color verde amarillento.

Aurícula: Forma deltoide.

Germinación: Es muy buena, con un valor promedio de 87.83%..

Floración: Muy escasa.

Intensidad de daño por el barrenador: Es mediano, con un valor de 12.39%.

Índice de madurez (%): 1.02

Rendimiento de caña (t/ha): Con un valor promedio de 173.77 t de caña/ha.

Sacarosa en caña: Es regular con un valor promedio de 14.03%.

b) PCG12-745

Tallo: Erecto, color verde azulado,de 10 a 12 tallo/cepa.

Hoja: larga,color verde azulado, de fácil deshoje.

Yagua: Color morada verdosa.

Aurícula: Forma deltoide.

Germinación: Es muy buena, con un valor promedio de 78.19%.

Floración: Muy escasa.

Intensidad de daño por el barrenador: Es mediano, con un valor de 14.40%.

Índice de madurez (%): 0.89

Rendimiento de caña (t/ha): Con un valor promedio de 166.88 t de caña/ha..

Sacarosa en caña: Es regular con un valor promedio de 13.63%

c) PVF03-115

Tallo: Erecto, color verde de 12 a 14 tallos/cepa.

Hoja: larga,color verde claro, deshoje moderado.

Yagua: Color verde amarillento.

Aurícula: Forma deltoide.

Germinación: Es muy buena, con un valor promedio de 88.90%.

Floración: Muy escasa.

Intensidad de daño por el barrenador: Es moderado, con un valor de 9.09%.

Índice de madurez (%): 0.97

Rendimiento de caña (t/ha): Con un valor promedio de 186.51 t de caña/ha.

Sacarosa en caña: Es bueno con un valor promedio de 14.49%.

d) PVF03-93

Tallo: Erecto, color verde de 11 a 13 tallos/cepa.

Hoja: larga, color verde azulado de fácil deshoje.

Yagua: Color verde amarillento.

Aurícula: Forma lanceolada larga..

Germinación: Es muy buena, con un valor promedio de 77.82%.

Floración: Muy escasa.

Intensidad de daño por el barrenador: Es moderado, con un valor de 12.12%.

Índice de madurez (%): 0.99

Rendimiento de caña (t/ha): Con un valor promedio de 169.50 t de caña/ha.

Sacarosa en caña: Es bueno con un valor promedio de 13.78%.

e) Criolla

Tallo: Erecto, largo y grueso.

Hoja: Mediana, color verde claro, deshoje moderado.

Entrenudo: Cilindrico de color amarillento.

Germinación: Es muy buena, con un valor promedio de 74.83%.

Floración: Profusa.

Intensidad de daño por el barrenador: Es mediano, con un valor de 17.79 %.

Sacarosa en caña: Es regular con un valor promedio de 13.15%

Índice de madurez (%): 0.98

Rendimiento de caña (t/ha): Con un valor promedio de 153.81 t de caña/ha.

Rendimiento de panela (t/ha): Con un valor promedio de 13.98 t de caña/ha.

5.7 Diseño experimental

5.7.1 Análisis estadístico

El experimento se evaluó de acuerdo al Diseño Experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 05 tratamientos distribuidos en forma aleatoria en 4 bloques. Para las pruebas de comparación de medias de los tratamientos en estudio se utilizó la prueba Tukey al 0.05% de probabilidad, haciendo uso del software Infostat.

5.7.2 Características del Área Experimental

De la parcela: (5 surcos)

Largo: 15 m

Ancho: 7.5 m

Área: 112.5 m²

Del Área neta:

Largo: 60 m

Ancho: 37.5 m

Área: 2,250 m²

Del bloque:

Largo: 15 m

Ancho: 37.5 m

Área: 562.5 m²

Del Área total del experimento:

Largo: 69 m

Ancho: 37.50 m

Área: 2,587.50 m²

5.8 Metodología usada en la ejecución del experimento

5.8.1 Delimitación del experimento

La zona elegida para el experimento del cultivo de caña de azúcar fue en la parcela del agricultor Eloy De La Cruz Quispe del caserío La Succha Alta del Distrito de Salas de la Región Lambayeque; se procedió a realizar el diseño, trazado de los surcos con ayuda del AGRONIVEL, Se demarcaron los bloques, acequias (primarias y secundarias) y parcelas del experimento con ayuda de estacas, rafia y una wincha de 50 metros.

Los tratamientos en estudio que fueron las 5 variedades de caña, fueron sembradas en 5 surcos distanciados a 1.5m entre ellos, teniendo un área de 75m², por parcela experimental, 562.5 m² de área de bloque, 2,250 m² de área neta de todo el experimento y de 2,587.50 m² el área total.

5.8.2 Proceso de obtención de la semilla

Las semillas (yemas) de caña de azúcar de las cinco variedades de caña del estudio, 04 fueron proporcionadas por la Estación Experimental Agraria “Vista Florida”- INIA de sus semilleros de caña ubicados en el lote 3.7 y la semilla de la variedad criolla se obtuvo de los mismos campos de caña de los productores de la zona de estudio.

Las semillas de caña obtenidas fueron extraídas de un semillero de caña primer corte de 10 meses de edad. Se usó en el experimento un total de 3,000 yemas de caña en un área neta de 2,250 m², esto equivale aproximadamente a 34 tercios de caña, considerando que cada tercio de caña la constituyen 30 estacas, y que cada estaca contiene 3 yemas viables. Por hectárea se han utilizado aproximadamente 13,333 yemas de caña o su equivalente de 148 tercios de caña por hectárea.

5.8.3 Trazado de surcos y siembra

Según **Ruesta** (2018), el trazo de las líneas o curvas a nivel se realiza con el AGRONIVEL o nivel tipo “A”, iniciándose desde un extremo superior del terreno o ladera hacia abajo; tomando como referencia el ingreso del agua de riego si lo hubiera. Para ello se mantiene fija una pata del agronivel en el punto inicial del terreno (esta ubicación se marca o señala en el suelo a un costado de la pata), y moviendo la otra pata hacia abajo o hacia arriba hasta lograr que la plomada coincida con el punto de calibración del nivel, lo que indicará que dichos puntos están a nivel. Se procede luego a realizar la señal o marca en el suelo a un costado de la pata.



Figura N° 08: Trazado del terreno con el Agronivel

Seguidamente se traslada el nivel en el mismo sentido, de manera que la pata que estuvo en el punto inicial se ubique ahora en el punto donde estuvo la otra pata anteriormente y así sucesivamente, se repite este procedimiento, marcando los puntos con cualquier herramienta; trazando finalmente la línea a nivel, que finalmente se convierte en surco, los cuales están distanciados a 1.5m entre ellos. No es recomendable marcar con piedras o estacas las líneas o surcos a nivel, porque fácilmente puede perderse o ser movidos los puntos.

Una vez confeccionados los surcos, se procedió a la incorporación del abono orgánico en el fondo del surco, seguidamente se sembró en chorro sencillo, es decir colocando

las yemas de caña de azúcar en el fondo del surco a una distancia de 0.50m entre yemas dentro del mismo surco, y posteriormente a su tapado con palana. La siembra se realizó el 05 de enero del 2018 utilizándose yemas de caña, empleándose un promedio de 34 tercios de semilla de caña en todo el experimento.



Figura N° 09: Sembrado de yemas de caña en parcela experimental

5.8.4 Control de malezas

El control de maleza se realizó en forma manual, utilizando herramientas como palanas y hoces cortando la malezas al ras del suelo. Se realizó en tres oportunidades, sobre todo en la época de lluvias de enero a abril del año 2018.

5.8.5 Riegos

Los riegos principalmente fueron por gravedad; durante la conducción del experimento se aplicaron un total de 8 riegos, con un volumen de 1,000 m³/riego y con una frecuencia de aplicación en promedio de 30 días; esto equivale a un volumen de agua estimado de 8,000 m³/ha (800 mm); además no se ha cuantificado el aporte de aguas de las lluvias, debido a que en la zona donde se ejecutó el experimento no existe una estación meteorológica que registre dicha información en tiempo real. En los anexos 02 y 03 se muestran datos climatológicos referenciales en el ámbito de la región Lambayeque, periodo Enero de 2018 a Junio de 2019.

5.8.6 Fertilización

La fertilización fue orgánica, y en función de los resultados de los análisis de fertilidad del terreno, a la variedad y a los estimados de rendimiento, fue a base de Guano de las Islas (10% N:8% P_2O_5 , 2% K_2O) y Roca Fosfórica (21% P_2O_5 , 32% CaO).

Para este campo experimental, de acuerdo a los análisis de suelos la fórmula de abonamiento programado fue **NPK: 267:272:00** expresada en unidades por hectárea; sin embargo la fórmula de abonamiento orgánico aplicado fue **267:272:53 de NPK**, debido al aporte del potasio del 2% en el Guano de las Islas.

se aplicó en mezcla en una sola oportunidad en el fondo del surco previo a la siembra, para favorecer su descomposición y evitar la pérdida del nitrógeno por volatilización.

5.8.7 Control fitosanitario

El control fitosanitario, específicamente para el control del Barrenador *Diatraea saccharalis* F. se realizó con liberación de avispas *Trichogramma* spp., 100 pulg²/ha; en dos liberaciones: la primera a los 50 días después de la siembra, y la segunda a los 70 días después de la siembra. Posteriormente, a la edad de 4 meses de edad del cultivo se realizó una liberación de moscas *Billaea claripalpis* a la dosis de 30 parejas por hectárea.



Figura 10: Liberación de moscas *Billaea claripalpis* en parcela

Según **Corpoica-Sena**, 1998, el Picudo rayado de la caña *Metamasius hemipterus* S., no ataca tallos con entrenudos formados, pero lo hacen en tallos que han sido perforados por otros insectos o por elementos mecánicos o cuando se quiebran por volcamiento. Es una plaga que aprovecha las aberturas hechas por el Barrenador para poner sus huevos constituyendo el complejo *Diatraea-Metamasius*.

En este caso específico de la tesis si se encontró presencia de picudos en bajo nivel, cuyo control de este insecto, fue usando semilla de caña no infestada, el corte se hizo por parejo a ras del suelo en la cosecha, y se mantuvo el campo limpio de malezas.

También hubo presencia de otros insectos como pulgones, pero no se evaluó debido que la población fue controlada por el complejo de enemigos naturales, como la avispa *Aphidius* sp., coccinélidos y crisopas.

5.8.8 Cosecha

Un mes y medio antes de la cosecha se sacaron muestras representativas de caña de cada variedad en estudio (tratamiento), para determinar el índice de madurez y el % sacarosa; variables que indican la calidad del jugo de caña para ser cosechados. Los análisis se realizaron en tres oportunidades: primer muestreo a los 17 meses de edad, segundo muestreo a los 17.50 meses de edad, y el tercer muestreo se realizó a los 18 meses de edad. La cosecha se realizó en verde, en forma manual con corte por parejo a ras del suelo y a los 18 meses de edad. Las evaluaciones de caracterización se realizaron a la edad de 12 meses de edad del cultivo, y las características de calidad del jugo de caña se realizó a los 17, 17.5 y 18 meses de edad.

Para medir las evaluaciones, se pesaron los tallos de los tres surcos centrales de cada parcela experimental, dejando a cada extremo 2.50 metros para evitar los efectos de bordo, el área evaluada fue de 45 m²; se evaluaron las variables siguientes: germinación, longitud y diámetro de tallo, número de tallos por hectárea, porcentaje de intensidad de infestación de la caña por *Diatraea saccharalis*, número de hojas activas por tallo, porcentaje de sacarosa, rendimiento de caña y panela por hectárea.

5.9 Evaluaciones durante la conducción del experimento

Se evaluó las características usando la metodología del INIA-Perú.

5.9.1 Durante el período vegetativo

5.9.1.1 Porcentaje de germinación (%)

Se evaluó a los 45 días, después de la siembra, contando el número de brotes emergidos en cada parcela experimental, este resultado se elevó a hectárea y se realizó una regla de tres simple en base al número de yemas sembradas.

5.9.1.2 Longitud de tallos (m)

Esta evaluación se realizó, tomando 10 tallos molederos al azar de los tres surcos centrales de cada parcela experimental, los que fueron medidos con ayuda de una wincha desde el nivel del suelo hasta el punto de quiebre del tallo (cuarta hoja después de haber formado un trapecio las dos primeras hojas y la hoja central), se estimó el promedio de longitud por cada tratamiento en estudio y se expresó en metros. Esta evaluación se realizó a los 12 meses de edad, expresándose los resultados en metros.

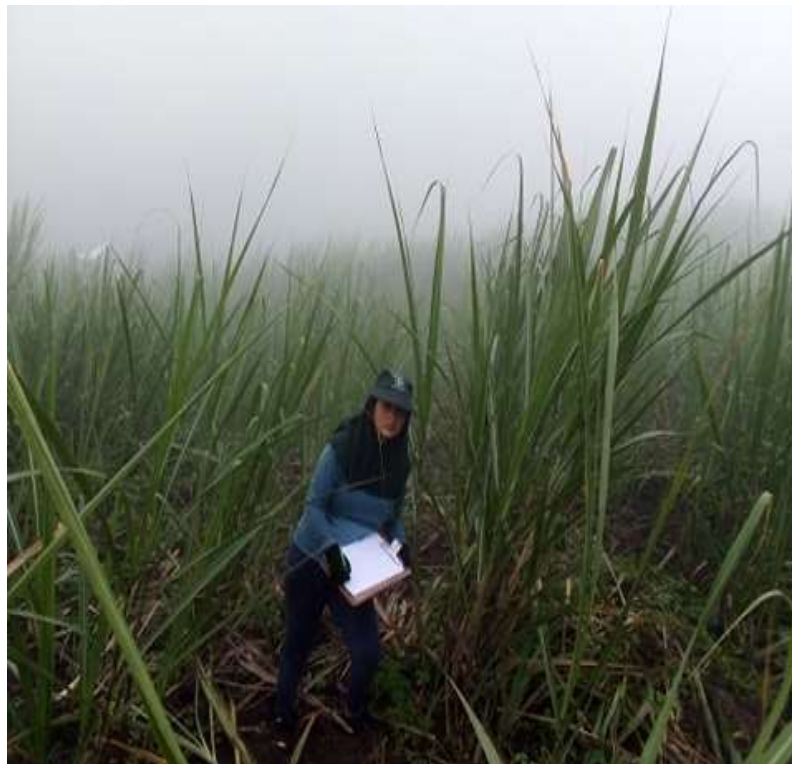


Figura 11: Evaluación de parcela experimental y registro de datos

5.9.1.3 Diámetro de tallo (cm)

Al igual que el caso anterior se evaluó a los 12 meses de edad, tomando 10 tallos al azar de los tres surcos centrales de cada parcela experimental, esta medición se realizó con ayuda de un vernier en el tercio medio de cada tallo y en la parte media del entrenudo. El promedio de diámetro por cada tratamiento se expresó en centímetros.

5.9.1.4 Número de hojas activas por tallo

Esta variable se realizó contando visualmente el número de hojas activas de 10 tallos tomados al azar de los tres surcos centrales de cada tratamiento. Esta evaluación se realizó a los 12 meses de edad.

5.9.1.5 Número de tallos por hectárea

Esta variable se realizó a los 12 meses de edad, contando en forma visual todos los tallos de los tres surcos centrales de cada parcela experimental, dejando a cada extremo 2.5 metros para evitar los efectos de bordo; siendo el área evaluada de 30 metros lineales o 45m². Expresándose el resultado en miles de tallos por hectárea.

5.9.1.6 Estado fitosanitario

Para el control de *Diatraea saccharalis*, se realizaron liberaciones de avispas *Trichogramma* spp., 100 pulg²/ha; en dos oportunidades: la primera a los 45 días después de la siembra, y la segunda a los 25 días después de la primera liberación, y a los 4 meses se realizó una liberación de moscas *Billaea claripalpis* a la dosis de 30 parejas por hectárea. Esta variable fue evaluada al momento de la cosecha, tomando 30 tallos molederos al azar de 30 metros lineales de los tres surcos centrales de cada tratamiento. La variable de respuesta fue: % de intensidad de infestación de los tallos de caña por *Diatraea saccharalis*, que se obtuvo de la relación del número de entrenudos barrenados entre el número total de entrenudos totales por 100, cuyo valor se encuentra con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Intensidad} = \frac{N^{\circ} \text{ Entrenudos Barrenados}}{N^{\circ} \text{ Entrenudos Totales}} * 100$$

La calificación se realizó utilizando la escala propuesta por Box (1951), la cual se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 10

*Escala internacional de daños para porcentaje de intensidad de infestación de la caña por *Diatraea saccharalis* F.*

| Descripción | % Intensidad |
|---------------------|--------------|
| % Daño bajo: | 5 |
| % Daño moderado: | 6 – 10 |
| % Daño mediano: | 11 – 15 |
| % Daño elevado: | 16 – 25 |
| % Daño muy elevado: | +25 |

Fuente: Box (1951).

Durante las evaluaciones de campo, también se encontraron otras plagas como: *Metamasius hemipterus* L., *Spodoptera frugiperda* S. y *Elasmopalpus lignosellus* Z., sin importancia económica.

Respecto a las enfermedades no se presentó el carbón de la caña de azúcar producido por el hongo *Ustilago scitaminea* Syd, ni la roya café ocasionada por el hongo *Puccinia melanocephala*., pero si se encontró el muermo rojo producido por el hongo *Colletotrichum falcatum*, y la mancha de anillo producida por el hongo *Leptosphaeria sacchari*, sin importancia económica.

5.9.1.7 Calidad de la caña (% de sacarosa)

El muestreo de cañas para la determinación de la calidad de los jugos, se realizó a los 17, 17.5 y 18 meses de edad, con dos meses de agoste desde los 16 meses, se tomaron muestras representativas en tres oportunidades respetando el efecto de bordo, se obtuvieron de 6 a 8 tallos de caña de la primera, segunda y tercera generación, los cuales se llevaron al laboratorio de la Estación Experimental Vista Florida, INIA, para sus respectivos análisis de calidad. Posteriormente la cosecha se realizó en época de escasa lluvias o periodo seco para que no haya interferencia con el sazonado de la caña.

5.9.1.8 Rendimiento de caña y panela en toneladas por hectárea

Los datos de peso se obtuvieron de los tres surcos centrales de cada tratamiento en estudio, haciendo un total de 30 metros lineales o 45m² y por cálculos matemáticos se obtuvieron los rendimientos por hectárea, expresándose en

toneladas de caña por hectárea. Esta variable de respuesta se realizó al momento de la cosecha de caña que fue realizada por corte por parejo o total de la caña. El rendimiento de panela fue obtenida por cada tratamiento en estudio y en planta de proceso; para ello se pesó la caña en la cantidad de una tonelada, se molió en trapiches para la extracción del jugo y luego se cocinó en pailas de acero inoxidable, hasta la obtención de la panela granulada, cuyos resultados fueron calculados y expresados en toneladas por hectárea.

5.9.1.9 Análisis económico

Está referido en base a la diferencia entre el costos de producción del cultivo de caña de azúcar por variedad, con el valor de la producción de panela dado por el rendimiento total en peso de la panela por hectárea y el precio unitario por tonelada de panela en la zona de producción. Resultados que para reportarlos en beneficio económico se compararon por diferencias de cada variedad en estudio y tomando como referencia el testigo (variedad criolla) de la zona.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Datos meteorológicos

En el anexo 02, se presentan los datos climatológicos de la Estación Meteorológica de Jayanca en los meses de enero a diciembre de 2018 y de enero a junio de 2019, que fue la fase de crecimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar. Observándose que la temperatura máxima promedio de los 18 meses fue de 31.13°C, una media de 24.39°C y una mínima de 17.66°C. La Humedad Relativa promedio fue de 79.43%. En relación a la precipitación pluvial, presenta un promedio de 9.08mm. En el anexo 03 Datos de Precipitación Estación Cueva Blanca, periodo Enero de 2018 a Junio de 2019 presenta un promedio de 82.38 mm. El clima es característico de una zona desértica, semicálida, con escasas lluvias en los meses de enero a abril, vientos moderados; condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar.

6.2. Análisis de suelo

En la Tabla 12, se muestra los resultados obtenidos en el análisis realizado a la muestra de suelo. El análisis de caracterización de los componentes minerales nos indica que pertenece a la clase textural “Franco Arcilloso Arenoso”. El valor de la conductividad eléctrica medida en suspensión suelo/agua 1:1 en el extracto de saturación fue de 0.65 miliMhos/cm, clasifica a este suelo dentro de la categoría no salino (Tabla 4). El pH fue de 6.40, señala que es un suelo ligeramente ácido (Tabla 3). El contenido de carbonato de calcio fue de 0.18%, es considerado como nivel bajo (Tabla 6). El contenido de materia orgánica fue de 2.39%, clasificado como nivel medio (Tabla 5); el contenido de fósforo fue de 5.80 ppm; clasificado como nivel bajo (Tabla 5). El contenido de potasio fue de 293 ppm, clasificado como nivel alto (Tabla 5). La CIC fue de 8.61 meq/100 g de suelo es calificada de nivel bajo (Tabla 7).

Resultados que nos indican que se trata de un suelo cuyas características físicas y químicas son adecuadas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de caña de azúcar, concordando con lo reportado **Pinna (1977)**.

Tabla 11**Características químicas del suelo, campo del productor Eloy De La Cruz Quispe**

| | |
|---------------------------|--|
| Solicitud de análisis N° | : 04-2017 |
| Proyecto | : Tesis de Caña de Azúcar |
| Solicitante | : Janeth Bustamante Bustamante |
| Tipo de análisis | : Análisis de fertilidad |
| Procedencia de la muestra | : Caserío La Succha Alta-Distrito/Salas-Provincia/Lambayeque-Región/Lambayeque |
| Parcela | : Propiedad del agricultor Eloy De La Cruz Quispe |
| Fecha de ingreso | : 15/12/2017 |
| Fecha de reporte | : 22/12/2017 |

| Código de Muestra | pH (1:1) | CE (milimhos/cm) | CaCO ₃ % | M.O . % | P pp m | K pp m | Distribución de Partículas | | | Clase textura l | CIC Meq/100 g | Cationes intercambiables Meq/100 g | | | | | PS B | Suma de cationes intercamb . |
|--------------------------|----------|------------------|---------------------|---------|--------|--------|----------------------------|-------|-------|-----------------|---------------|------------------------------------|------------------------------|----------------|-----------------|--|------|------------------------------|
| | | | | | | | A o % | L o % | A r % | | | Ca ⁺ ₂ | Mg ⁺ ₂ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ +Al ⁺ ₃ | | |
| Muestra Compuesta -suelo | 6.40 | 0.65 | 0.18 | 2.39 | 5.80 | 293 | 47 | 28 | 25 | Fr.Ar A | 8.61 | 5.48 | 2.10 | 0.94 | 1.12 | 0.00 | 100 | 9.64 |

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Agraria Vista Florida

A=Arena; A.Fr.=Arena Franca; Fr.A.=Franco Arenoso; Fr.=Franco; Fr.L.=Franco Limoso; L.=Limoso; Fr.Ar.A.=Franco Arcillo Arenoso; Fr.Ar.=Franco Arcilloso; Fr.Ar.L.=Franco Arcillo Limoso; Ar.A.=Arcillo Arenoso; Ar.L.=Arcillo Limoso; Ar.=Arcilloso.

Nota: Los cálculos para la formulación de dosis de fertilización, se ha realizado estimando un rendimiento promedio de caña planta de 200 t/ha/18 meses, y una extracción de 1 kg N, 0.5 kg P₂O₅ y 2.5 kg K₂O / t de caña. La fertilización depende de la variedad, del grado de fertilidad de los suelos, y la estimación de los rendimientos de caña entre otros factores.

INTERPRETACIÓN DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS: Campo experimental de textura Franco Arcilloso Arenoso, suelo no salino, sin restricción de uso; pH es ligeramente ácido, nivel medio de materia orgánica, CIC es baja indicando una baja fertilidad edáfica. Presenta deficiencia de nitrógeno, con niveles bajos de fósforo y niveles altos de potasio, y contenido bajo de carbonato de calcio.

FORMULACIÓN DE DOSIS DE NUTRIENTES PARA EL CULTIVO DE CAÑA: Para este campo experimental, de acuerdo a los análisis de suelos la fórmula de abonamiento programado fue **NPK: 267:272:00** expresada en unidades por hectárea; sin embargo la fórmula de abonamiento orgánico aplicado fue **267:272:53 de NPK**, debido al aporte del potasio del 2% en el Guano de las Islas.

FUENTES DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y EQUIVALENTES POR HECTÁREA: Se aplicó una mezcla de 2,670 kilogramos de Guano de las Islas más 281 kilogramos de Roca Fosfórica. La aplicación fue en mezcla al 100 % enterrada en el fondo del surco en una sola aplicación previo a la siembra. Dichos fertilizantes cubren todo el ciclo del cultivo hasta la cosecha.

6.3. Germinación de yemas de caña de azúcar (%)

En la Tabla 12, se presentan los resultados promedios de la variable % de germinación de las variedades en estudio.

El análisis de varianza para la variable % de germinación (Tabla 13), nos indica que se encontró alta significación estadística para la fuente de variación tratamientos en estudio, es decir alta variabilidad genética de las variedades, y para la fuente de variación bloques no se encontró significación estadística, mostrando que el suelo fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 4.80%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos, dando una muy buena precisión, cuyos datos del porcentaje de germinación son homogéneos.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 14), nos muestra que los tratamientos T3 (PVF03-115) y T1 (H32-8560) presentan valores promedios de 88.90 y 87.83% respectivamente calificadas como buena germinación, superando estadísticamente a las demás variedades en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio de porcentaje de germinación más bajo con 74.83%, siendo la media general 81.52% de germinación a los 45 d.d.s. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 8.

El alto porcentaje de germinación calificada como muy buena, se debe principalmente al efecto de la constitución genética de la variedad, el estado nutricional de la semilla, el gradiente de germinación, longitud de las estacas, posición de las yemas al sembrarse, demora entre el corte y la siembra, etc., y factores externos como la temperatura, el espesor de la cubierta de tierra, la aereación y humedad del suelo, conforme lo señala **González (1983)**.

La precocidad es un término decisivo varietal y tiene un origen en la predominancia de la especie generatriz ya que los primeros brotes son los futuros tallos a cosechar por los posteriores fenecen por competencia interespecífica o no llegan a cosecha o están verdes o brotes no cosechables por el bajo tenor azucarero acumulado.

Es importante señalar que en este caso específico la siembra fue por yemas de caña individuales de 5 a 8 cm de longitud, sembradas en forma horizontal con la yema hacia arriba y con una delgada cubierta de tierra, lo cual ha facilitado la germinación de las variedades en general.

Tabla 12

Resultados promedios de la variable, % de germinación de yemas de caña de azúcar a los 45 d.d.s.

| GERMINACIÓN DE YEMAS DE CAÑA DE AZÚCAR (%) | | | | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|----------|---------|---------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 86.78 | 78.64 | 82.34 | 76.54 | 78.56 | 402.86 | 80.57 |
| II | 88.67 | 79.43 | 94.56 | 72.65 | 75.21 | 410.52 | 82.10 |
| III | 90.23 | 80.12 | 88.37 | 78.65 | 73.35 | 410.72 | 82.14 |
| IV | 85.65 | 74.56 | 90.34 | 83.45 | 72.21 | 406.21 | 81.24 |
| TOTAL | 351.33 | 312.75 | 355.61 | 311.29 | 299.33 | 1630.31 | 326.06 |
| PROMEDIO | 87.83 | 78.19 | 88.90 | 77.82 | 74.83 | 407.58 | 81.52 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13

Análisis de varianza para la variable, % germinación de yemas de caña de azúcar a los 45 días después de la siembra.

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|-----------------|----|----------------|-------------------|------|
| GERMINACIÓN (%) | 20 | 0,78 | 0,66 | 4,80 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Sig |
|---------|--------|----|--------|-------|---------|-----|
| Modelo. | 663,93 | 7 | 94,85 | 6,20 | 0,0031 | |
| REP | 8,53 | 3 | 2,84 | 0,19 | 0,9040 | |
| TRAT | 655,39 | 4 | 163,85 | 10,70 | 0,0006 | |
| Error | 183,72 | 12 | 15,31 | | | |
| Total | 847,65 | 19 | | | | |

Cv: 4.80%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) de la variable, % germinación de yemas de caña de azúcar a los 45 días después de la siembra.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=8,81887

Error: 15,3100 gl: 12

| TRATAMIENTOS | Medias | Sig |
|--------------|--------|-----|
| PVF03-115 | 88,90 | A |
| H32-8560 | 87,83 | A |
| PCG12-745 | 78,19 | B |
| PVF03-93 | 77,82 | B |
| CRIOLLA | 74,83 | B |

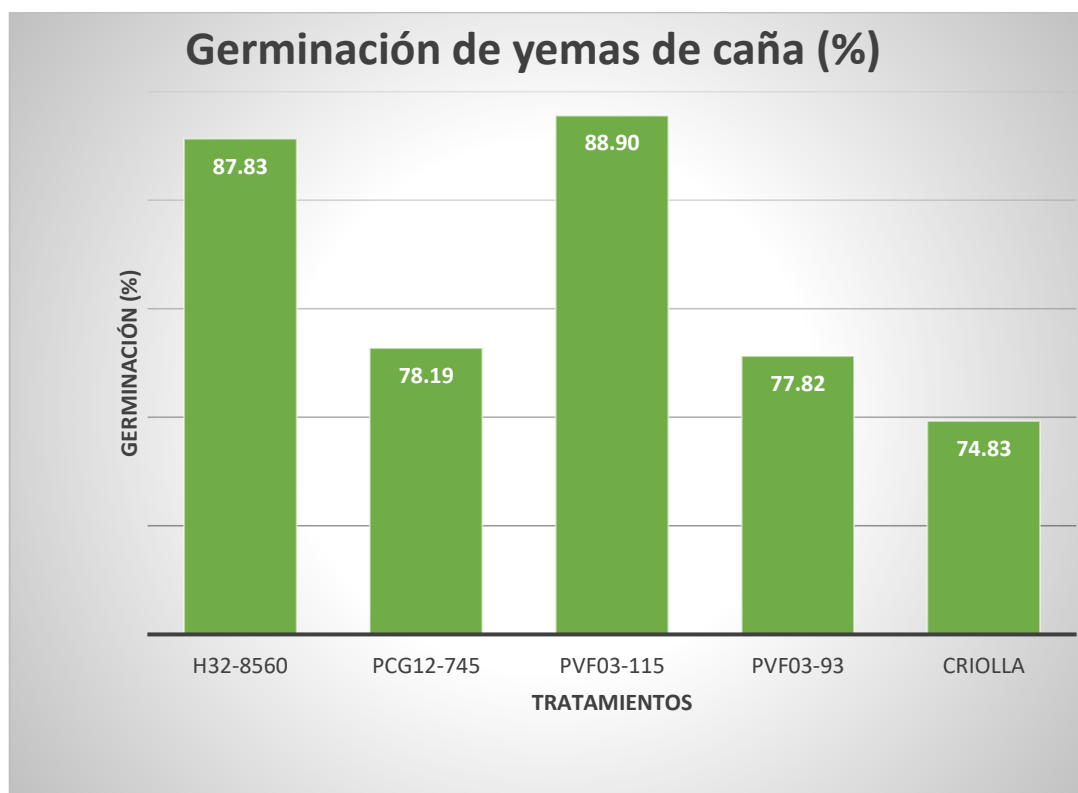
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PROMEDIO: 81.52%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8

Variable % Germinación de caña de azúcar a los 45 días después de la siembra.



Fuente: Elaboración propia

6.4. Longitud de tallo de caña de azúcar (m)

En la Tabla 15, se presentan los resultados promedios de la variable longitud de tallo expresado en (m) de los tratamientos en estudio.

El análisis de varianza para la variable longitud de tallo de la caña de azúcar (Tabla 16), nos indica que la fuente de variación tratamientos es altamente significativo, es decir existe variabilidad genética de las variedades en estudio, y para la fuente de variación bloques no es significativa, mostrando que el terreno en experimentación fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 7.48%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una buena precisión, cuyos datos son homogéneos; a medida que su valor disminuye la confiabilidad es mayor.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 17), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) presenta un valor promedio de 3.64m de longitud de tallos, superando estadísticamente a las demás

variedades en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio de longitud de tallos más bajo con 2.66m, siendo la media general 3.05m. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 9.

La mayor longitud de tallos, se atribuye al efecto de la constitución genética de la variedad de caña y a su alta capacidad de adaptación a la zona de estudio, que ha permitido una mayor elongación y grosor de los tallos. Resultados que concuerdan con lo señalado por el **Poehlman (2003)**.

La mayor longitud de tallos, también se le atribuye a la calidad de la semilla de caña usada en el experimento, y a los factores externos como temperatura, humedad, radiación solar, fertilización etc., que han permitido un buen crecimiento de los tallos en campo definitivo, concordando con lo señalado por **González (1983)**.

Tabla 15

Resultados promedios de la variable, longitud de tallo de caña de azúcar (m).

| LONGITUD DE TALLOS DE CAÑA DE AZÚCAR (m) | | | | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|----------|---------|-------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 2.83 | 2.76 | 3.70 | 2.92 | 2.83 | 15.04 | 3.01 |
| II | 3.00 | 2.98 | 3.58 | 3.00 | 2.85 | 15.41 | 3.08 |
| III | 3.10 | 3.36 | 3.65 | 2.94 | 2.60 | 15.65 | 3.13 |
| IV | 3.34 | 3.12 | 3.63 | 2.45 | 2.34 | 14.88 | 2.98 |
| TOTAL | 12.27 | 12.22 | 14.56 | 11.31 | 10.62 | 60.98 | 12.20 |
| PROMEDIO | 3.07 | 3.06 | 3.64 | 2.83 | 2.66 | 15.25 | 3.05 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Análisis de varianza para la variable, longitud de tallo de caña de azúcar (m).

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|---------------------|----|----------------|-------------------|------|
| LONGITUD TALLOS (m) | 20 | 0,79 | 0,66 | 7,48 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo. | 2,29 | 7 | 0,33 | 6,28 | 0,0029 |
| REP | 0,07 | 3 | 0,02 | 0,47 | 0,7092 |
| TRAT | 2,22 | 4 | 0,55 | 10,64 | 0,0006 |
| Error | 0,62 | 12 | 0,05 | | |
| Total | 2,91 | 19 | | | |

CV: 7.48%)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio de la variable, longitud de tallo de caña de azúcar (m).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51423

Error: 0,0521 gl: 12

| TRAT | Medias | n | E.E. | |
|-----------|--------|---|------|---|
| PVF03-115 | 3,64 | 4 | 0,11 | A |
| H32-8560 | 3,07 | 4 | 0,11 | B |
| PCG12-745 | 3,06 | 4 | 0,11 | B |
| PVF03-93 | 2,83 | 4 | 0,11 | B |
| CRIOLLA | 2,66 | 4 | 0,11 | B |

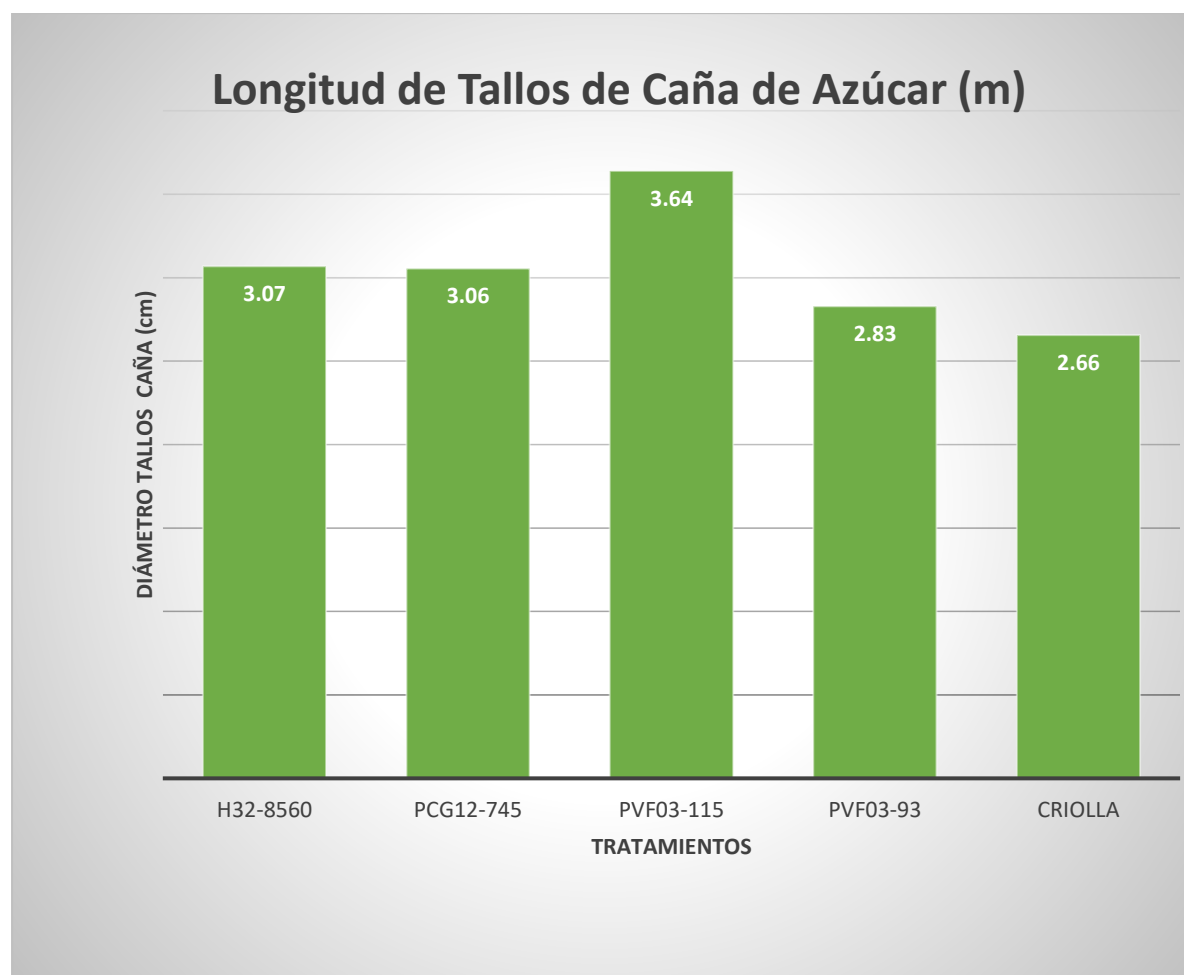
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PROMEDIO: 3.05m

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 09

Promedios de la variable longitud de tallos de caña de azúcar expresada en (m).



Fuente: Elaboración propia.

6.5. Diámetro de tallo de caña de azúcar (cm)

En la Tabla 18, se presentan los resultados promedios de la variable, diámetro de tallo expresado en (cm) de los tratamientos en estudio.

El análisis de varianza para la variable, diámetro de tallo (Tabla 19), nos indica que la fuente de variación tratamientos, presenta alta significación estadística, es decir existe variabilidad genética entre las variedades, no siendo así para la fuente de variación de bloques que no presentó significancia, mostrando que el terreno fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 5.46%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una buena precisión del diámetro de tallo, cuyos datos son homogéneos.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 20), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) presenta un valor promedio de 3.59cm de diámetro de tallos, superando estadísticamente a las demás variedades en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio de diámetro de tallo más bajo con 2.90cm, siendo la media general 3.14cm. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 10.

Los mayores diámetros de tallos obtenidos, se atribuye al efecto de la constitución genética de la variedad de caña y a su alta capacidad de adaptación a la zona de estudio, que ha permitido una mayor elongación y grosor de los tallos. Resultados que concuerdan con lo señalado por el **Poehlman (2003)**.

Tabla 18

Resultados promedios de la variable, diámetro de tallo de caña de azúcar (cm).

| DIÁMETRO DE TALLOS DE CAÑA DE AZÚCAR (cm) | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|----------|---------|-------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 2.75 | 2.79 | 3.74 | 3.03 | 2.79 | 15.10 | 3.02 |
| II | 3.29 | 3.25 | 3.54 | 2.93 | 3.13 | 16.14 | 3.23 |
| III | 3.16 | 3.24 | 3.65 | 3.01 | 2.86 | 15.92 | 3.18 |
| IV | 3.27 | 3.03 | 3.41 | 3.07 | 2.83 | 15.61 | 3.12 |
| TOTAL | 12.47 | 12.31 | 14.34 | 12.04 | 11.61 | 62.77 | 12.55 |
| PROMEDIO | 3.12 | 3.08 | 3.59 | 3.01 | 2.90 | 15.69 | 3.14 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

Análisis de varianza para la variable, diámetro de tallo de caña de azúcar (cm).

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------------|----|----------------|-------------------|------|
| DIÁMETRO TALLOS (cm) | 20 | 0,78 | 0,65 | 5,46 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 1,22 | 7 | 0,17 | 5,97 | 0,0036 |
| REP | 0,12 | 3 | 0,04 | 1,39 | 0,2942 |
| TRAT | 1,10 | 4 | 0,28 | 9,41 | 0,0011 |
| Error | 0,35 | 12 | 0,03 | | |
| Total | 1,58 | 19 | | | |

CV: 5.46%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio de la variable, diámetro de tallo (cm).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,38588

Error: 0,0293 gl: 12

| TRAT | Medias | n | E.E. | |
|-----------|--------|---|------|---|
| PVF03-115 | 3,59 | 4 | 0,09 | A |
| H32-8560 | 3,12 | 4 | 0,09 | B |
| PCG12-745 | 3,08 | 4 | 0,09 | B |
| PVF03-93 | 3,01 | 4 | 0,09 | B |
| CRIOLLA | 2,90 | 4 | 0,09 | B |

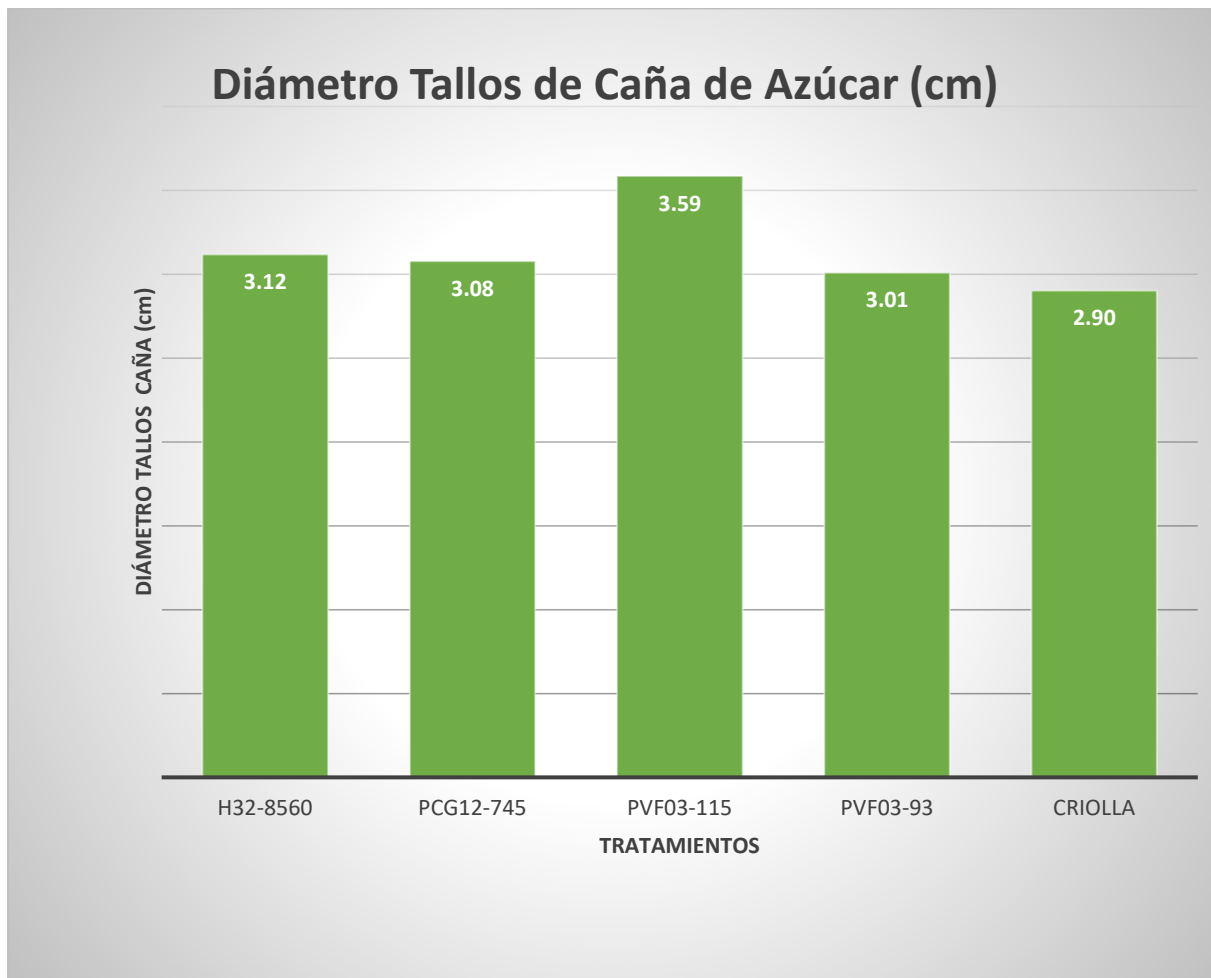
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PROMEDIO: 3.14 cm

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10

Promedios de la variable, diámetro de tallo de caña de azúcar (cm).



Fuente: Elaboración propia

6.6. Número de hojas activas por tallo de caña de azúcar

En la Tabla 21, se presentan los resultados promedios de la variable, número de hojas activas por tallo de caña de azúcar de los tratamientos en estudio.

El análisis de varianza para la variable, número de hojas activas por tallo (Tabla 22), nos indica que la fuente de variación tratamientos y bloques, no presentan significación estadística, mostrando un comportamiento homogéneo del número de hojas activas por tallo.

El coeficiente de variabilidad fue de 3.00%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una buena precisión, cuyos datos son homogéneos; a medida que su valor disminuye la confiabilidad es mayor.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 23), nos muestra que todos los tratamientos en estudio son estadísticamente iguales; sin embargo los tratamientos T3 (PVF03-115) y T1 (H32-8560) con valores promedios de 9.49 y 9.48 hojas activas por tallo respectivamente, superan numéricamente a los demás tratamientos en estudio. El Tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio más bajo con 9.31 hojas activas por tallo de caña de azúcar; siendo la media general de 9.41 hojas activas por tallo, a la edad de 12 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 11.

El máximo número de hojas activas por tallo, se atribuye a la variedad y a las condiciones del medio donde se desarrolla el cultivo.

El número de hojas verdes presentes en el tallo de caña está regido por el ritmo a que se producen las hojas y la longevidad individual de las hojas; las variedades tempranas se caracterizan por un número de hojas verdes mayor que las variedades tardías, lo cual concuerda con lo señalado por **González (1983)**.

Tabla 21

Resultados promedio de la variable, número de hojas activas por tallo de caña de azúcar.

| NÚMERO HOJAS ACTIVAS POR TALLO DE CAÑA DE AZÚCAR (N° Hojas/Tallo) | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|----------|---------|--------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 9.78 | 9.25 | 9.28 | 9.25 | 9.22 | 46.78 | 9.36 |
| II | 9.33 | 9.00 | 9.50 | 9.42 | 9.42 | 46.67 | 9.33 |
| III | 9.58 | 9.83 | 9.29 | 9.92 | 9.36 | 47.98 | 9.60 |
| IV | 9.24 | 9.33 | 9.89 | 9.12 | 9.24 | 46.82 | 9.36 |
| TOTAL | 37.93 | 37.41 | 37.96 | 37.71 | 37.24 | 188.25 | 37.65 |
| PROMEDIO | 9.48 | 9.35 | 9.49 | 9.43 | 9.31 | 47.06 | 9.41 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Análisis de varianza para la variable, número de hojas activas por tallo de caña de azúcar.

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| NÚMERO HOJAS ACTIVAS POR T.. | 20 | 0,26 | 0,00 | 3,00 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|------|---------|
| Modelo. | 0,33 | 7 | 0,05 | 0,59 | 0,7547 |
| REP | 0,23 | 3 | 0,08 | 0,95 | 0,4481 |
| TRAT | 0,10 | 4 | 0,03 | 0,32 | 0,8615 |
| Error | 0,96 | 12 | 0,08 | | |
| Total | 1,28 | 19 | | | |

CV: 3.00%

Tabla 23

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio de la variable, número de hojas activas por tallo de caña de azúcar.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,63647

Error: 0,0797 gl: 12

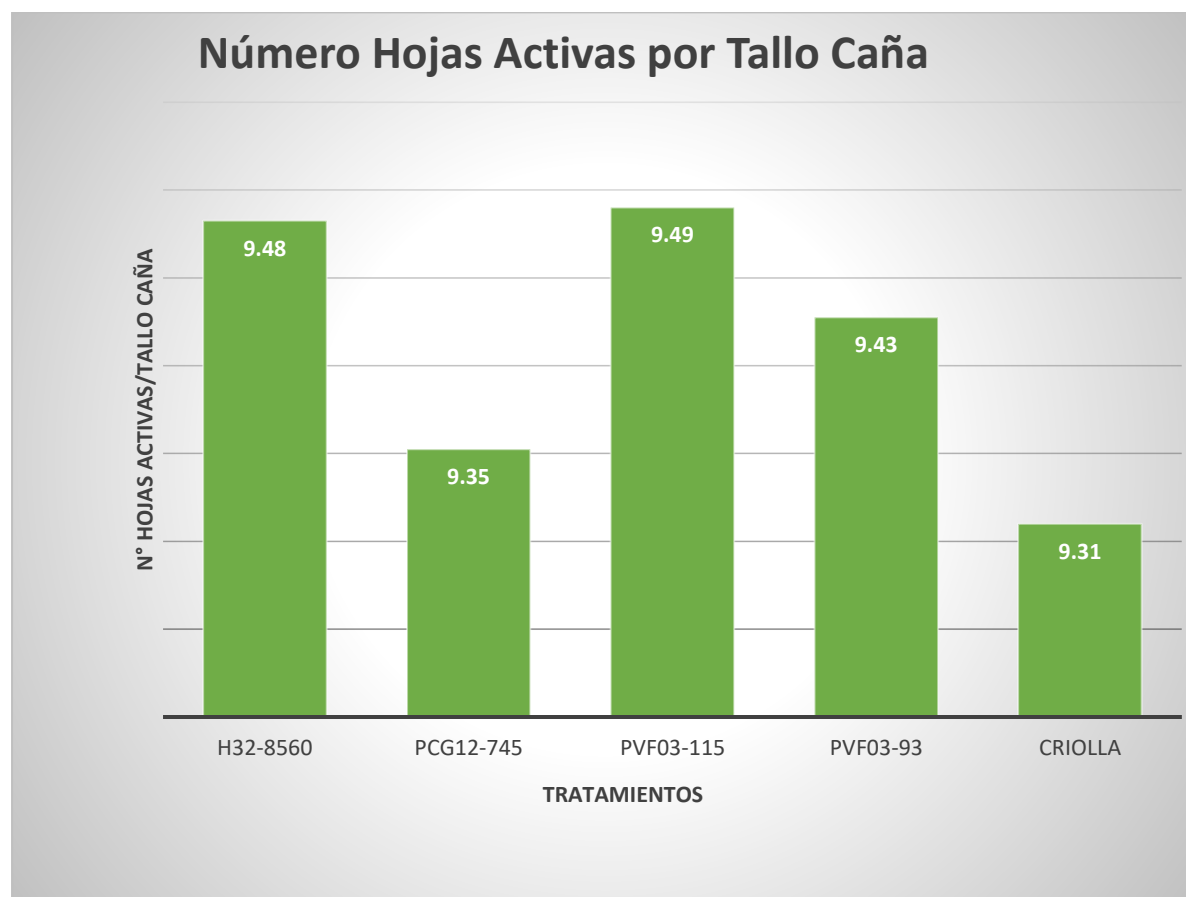
| TRAT | Medias | n | E.E. | |
|-----------|--------|---|------|---|
| PVF03-115 | 9,49 | 4 | 0,14 | A |
| H32-8560 | 9,48 | 4 | 0,14 | A |
| PVF03-93 | 9,43 | 4 | 0,14 | A |
| PCG12-745 | 9,35 | 4 | 0,14 | A |
| CRIOLLA | 9,31 | 4 | 0,14 | A |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Promedio: 9.41 hojas/tallo

Gráfico 11

Promedios de la variable, Número de Hojas Activas por tallo de caña de azúcar.



Fuente: Elaboración propia

6.7. Número de tallos de caña de azúcar por hectárea

En la Tabla 24, se presentan los resultados promedios de la variable, número de tallos de caña de azúcar por hectárea de los tratamientos en estudio.

El análisis de varianza para la variable, número de tallos por hectárea (Tabla 25), nos indica que la fuente de variación tratamientos presenta alta significación estadística, indicando que existe variabilidad genética, no siendo así para la fuente de variación bloques del modelo que no presentó significancia, mostrando que el terreno fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 7.83%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una buena precisión, cuyos datos del número de tallos por hectárea son homogéneos.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 26), nos muestra que los tratamientos T5 (PVF03-115), con un valor promedio de número de tallos de caña por hectárea de 76,975 tallos por hectárea, supera estadísticamente a los demás tratamientos en estudio. El Tratamiento T5 (CRIOLLA), presentó el valor promedio más bajo con 53,750 tallos de caña por hectárea; siendo la media general de 65,825 tallos por hectárea a los 12 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 12.

El mayor número de tallos por hectárea, se atribuyen a la calidad de la semilla usada de 9 meses de edad, y a la densidad de siembra adecuada, que ha permitido a las yemas de caña viables sembradas en surcos de 1.5m entre ellos, y a 0.50 m entre golpes en el mismo surco, dispongan, de un amplio espacio para desarrollarse normalmente y dar origen a varios miles de tallos molederos para fábrica. La alta población de tallos molederos también se le puede atribuir a los factores como la luz (intensidad y duración), con temperaturas crecientes el ahijamiento aumenta gradualmente, aplicación temprana de nitrógeno aumentan el número de tallos por hectárea, la humedad, etc. Lo cual concuerda con lo señalado por **González (1983)**.

Tabla 24

Resultados promedio de la variable, número de tallos de caña de azúcar por hectárea.

| NÚMERO TALLOS DE CAÑA DE AZÚCAR POR HECTÁREA | | | | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|----------|---------|---------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| L | 68700 | 66500 | 76800 | 68800 | 53300 | 334100 | 66820 |
| LI | 68300 | 68000 | 79200 | 63300 | 65000 | 343800 | 68760 |
| LII | 73300 | 58700 | 78600 | 68000 | 55000 | 333600 | 66720 |
| IV | 66700 | 53300 | 73300 | 70000 | 41700 | 305000 | 61000 |
| TOTAL | 277000 | 246500 | 307900 | 270100 | 215000 | 1316500 | 263300 |
| PROMEDIO | 69250 | 61625 | 76975 | 67525 | 53750 | 329125 | 65825 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Análisis de varianza para la variable, número de tallos de caña de azúcar por hectárea.

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| NÚMERO TALLOS POR HECTÁREA.. | 20 | 0,81 | 0,70 | 7,83 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|---------------|----|--------------|-------|---------|
| Modelo. | 1377984500,00 | 7 | 196854928,57 | 7,42 | 0,0014 |
| REP | 168429500,00 | 3 | 56143166,67 | 2,12 | 0,1516 |
| TRAT | 1209555000,00 | 4 | 302388750,00 | 11,40 | 0,0005 |
| Error | 318433000,00 | 12 | 26536083,33 | | |
| Total | 1696417500,00 | 19 | | | |

CV: 7.83%

Tabla 26

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio de la variable, número de tallos de caña de azúcar por hectárea.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11610,32498

Error: 26536083,3333 gl: 12

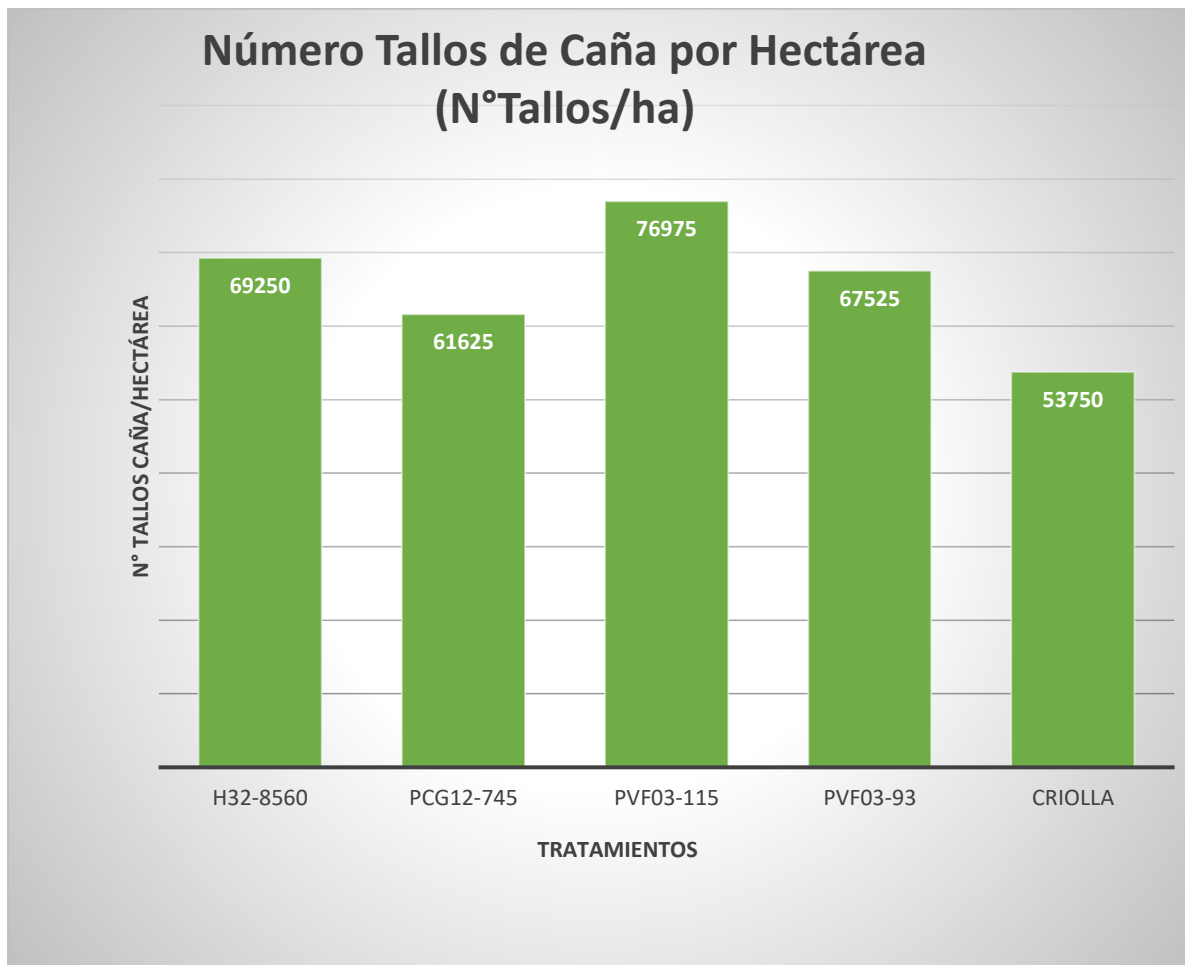
| TRAT | Medias | n | E.E. | | | |
|-----------|----------|---|---------|---|---|---|
| PVF03-115 | 76975,00 | 4 | 2575,66 | A | | |
| H32-8560 | 69250,00 | 4 | 2575,66 | A | B | |
| PVF03-93 | 67525,00 | 4 | 2575,66 | A | B | |
| PCG12-745 | 61625,00 | 4 | 2575,66 | | B | C |
| CRIOLLA | 53750,00 | 4 | 2575,66 | | | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Promedio: 65,825 tallos/ha

Gráfico 12

Promedios de la variable, número tallos de caña de azúcar por hectárea (N°Tallos/ha)



Fuente: Elaboración propia

6.8. Porcentaje de intensidad de infestación de tallos de caña por *Diatraea saccharalis*

En la Tabla 27, se presentan los resultados promedios de la variable, % Intensidad de Infestación de tallos de caña de azúcar por el barrenador de los tallos *Diatraea saccharalis* F., o conocido también como Borer, de los tratamientos en estudio.

El análisis de varianza para la variable, porcentaje de intensidad de infestación de tallos de caña por *Diatraea saccharalis* F. (Tabla 28), nos indica que la fuente de variación tratamientos, presenta alta significación estadística, no siendo así para la fuente de variación bloques del modelo que no presentó significancia, indicando que el terreno fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 6.06%; valor bajo que denota la confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una buena precisión, cuyos datos son homogéneos; a medida que su valor disminuye la confiabilidad es mayor.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 29), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) presenta un valor promedio de 9.09% calificada como un porcentaje de intensidad de infestación de tallos de caña de azúcar moderado, superando estadísticamente a las demás variedades en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio de porcentaje de intensidad de infestación de tallos de caña más alto con 17.79%, calificada como un porcentaje de intensidad de daño elevado, siendo la media general 13.16% de intensidad de infestación de tallos de caña provocado por *Diatraea saccharalis* F. a los 18 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 13.

El bajo porcentaje de intensidad de infestación de los tallos de caña de azúcar por el insecto plaga *Diatraea saccharalis* F., de 9.09%, se le atribuye a la constitución genética de la variedad que se caracteriza por poseer una epidermis dura, poco apetecible para las plagas lo cual concuerda con lo señalado por **González (1983)**.

En un estudio realizado en Casa Grande por **Pollack (1991)**, estimó una pérdida total de 1,709 toneladas de azúcar, por un valor US\$ 297,180 dólares americanos, en un área cosechada de 46,356 hectáreas para el período de 1972-1977, ello representó una pérdida de 0.74 bolsas de azúcar por hectárea. El daño promedio fue de 8.1%.

Tabla 27

Resultados promedio de la variable, % intensidad de infestación de los tallos de caña de azúcar por el Borer.

| INTENSIDAD DE INFESTACIÓN DE TALLOS POR BORER (%) | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------|--------------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 12.56 | 14.34 | 8.62 | 11.45 | 16.25 | 63.22 | 12.64 |
| II | 11.34 | 13.32 | 9.51 | 12.65 | 18.89 | 65.71 | 13.14 |
| III | 13.23 | 15.36 | 8.89 | 11.69 | 18.45 | 67.62 | 13.52 |
| IV | 12.43 | 14.58 | 9.32 | 12.68 | 17.56 | 66.57 | 13.31 |
| TOTAL | 49.56 | 57.60 | 36.34 | 48.47 | 71.15 | 263.12 | 52.62 |
| PROMEDIO | 12.39 | 14.40 | 9.09 | 12.12 | 17.79 | 65.78 | 13.16 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

Análisis de Varianza para la variable, % intensidad de infestación de los tallos de caña de azúcar por el Borer.

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------------------|----|----------------|-------------------|------|
| INTENSIDAD DE INFESTACIÓN .. | 20 | 0,96 | 0,93 | 6,06 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|--------|----|-------|-------|---------|
| Modelo. | 167,06 | 7 | 23,87 | 37,50 | <0,0001 |
| REP | 2,11 | 3 | 0,70 | 1,11 | 0,3844 |
| TRAT | 164,95 | 4 | 41,24 | 64,79 | <0,0001 |
| Error | 7,64 | 12 | 0,64 | | |
| Total | 174,70 | 19 | | | |

CV=6.06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio, de la variable, % intensidad de infestación de los tallos de caña de azúcar por el Borer.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,79808

Error: 0,6365 gl: 12

| TRAT | Medias | n | E.E. | |
|-----------|--------|---|------|---|
| PVF03-115 | 9,09 | 4 | 0,40 | A |
| PVF03-93 | 12,12 | 4 | 0,40 | B |
| H32-8560 | 12,39 | 4 | 0,40 | B |
| PCG12-745 | 14,40 | 4 | 0,40 | C |
| CRIOLLA | 17,79 | 4 | 0,40 | D |

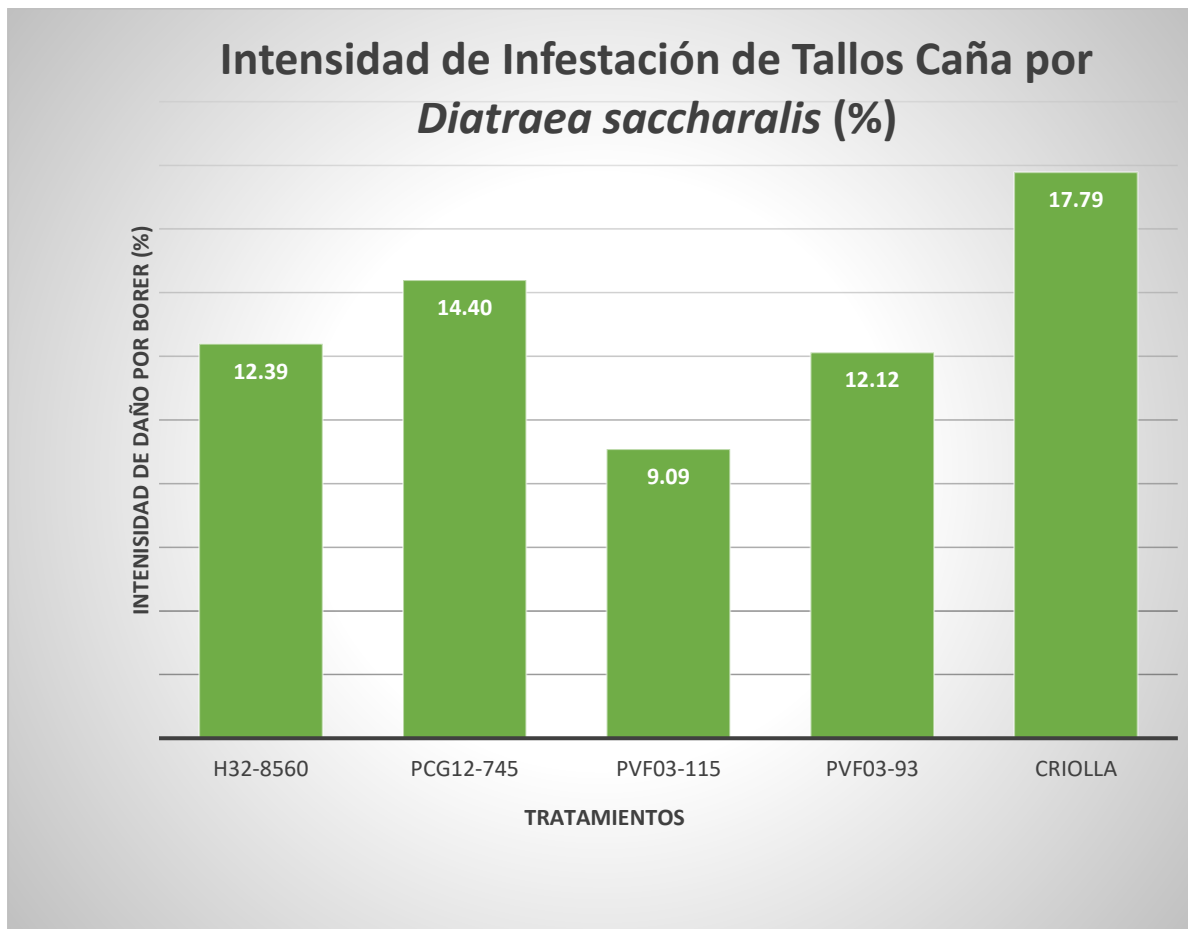
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PROMEDIO: 13.16%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13

Promedios de la variable, % intensidad de infestación de la caña de azúcar por *Diatraea saccharalis*.



Fuente: Elaboración propia

6.9. Porcentaje de sacarosa en jugo de caña a los 17 meses de edad

En la Tabla 30, se presentan los resultados promedios de la variable % sacarosa en jugo de caña de los tratamientos en estudio a los 17 meses de edad, primer muestreo de cañas para análisis de calidad.

El análisis de varianza para la variable, porcentaje de sacarosa en jugo de caña (Tabla 31), a los 17 meses de edad, nos indica que las fuente de variación tratamientos es altamente significativo, indicando que existe variabilidad genética, no siendo así para la fuente de variación bloques del modelo, que no presentó significancia, indicando que el terreno fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 1.36%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una muy buena precisión, cuyos datos son homogéneos; a medida que su valor disminuye la confiabilidad es mayor.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 32), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) presenta un valor promedio alto de 13.50% calificada como un porcentaje de sacarosa en jugos de caña de azúcar regular, superando estadísticamente a las demás variedades en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio de porcentaje de sacarosa más bajo con 12.19%, calificada como porcentaje de sacarosa bajo, siendo la media general 12.74% de sacarosa en jugos de caña a los 17 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 14.

Los valores altos de sacarosa se le atribuyen a la maduración del cultivo de caña por la edad de 17 meses, que se tomaron las muestras de caña para sus análisis de maduración, también se le atribuye a la constitución genética de las variedades de caña en estudio, a la fertilización nitrogenada adecuada que se realizó al inicio del cultivo, evitando el crecimiento vegetativo en su fase de maduración y favoreciendo la concentración de la sacarosa, y a factores ambientales como la temperatura, y la humedad., que para este caso específico los análisis de maduración y cosecha de la caña, tocó en una estación seca sin lluvias y con temperaturas bajas, que reducen la absorción de nutrientes y agua por la planta, favoreciendo una mayor acumulación de sacarosa, lo cual coincide con lo señalado, por **Glover (1973)**, **Humbert (1968)** y **Clement (1959 y 1962)**.

Tabla 30

Resultados promedio de la variable, % Sacarosa en caña a los 17 meses de edad

| % SACAROSA EN CAÑA A LOS 17 MESES DE EDAD | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|----------|---------|--------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 12.47 | 12.27 | 13.60 | 12.66 | 12.20 | 63.21 | 12.64 |
| II | 12.76 | 13.00 | 13.30 | 12.89 | 12.21 | 64.16 | 12.83 |
| III | 12.73 | 12.47 | 13.63 | 12.80 | 12.11 | 63.73 | 12.75 |
| IV | 12.63 | 12.49 | 13.48 | 12.88 | 12.24 | 63.72 | 12.74 |
| TOTAL | 50.60 | 50.23 | 54.00 | 51.23 | 48.76 | 254.82 | 50.96 |
| PROMEDIO | 12.65 | 12.56 | 13.50 | 12.81 | 12.19 | 63.70 | 12.74 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Análisis de varianza para la variable, % sacarosa a los 17 meses de edad.

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------------|----|----------------|-------------------|------|
| SACAROSA EN CAÑA (%) | 20 | 0,91 | 0,86 | 1,36 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo. | 3,81 | 7 | 0,54 | 18,17 | <0,0001 |
| REP | 0,09 | 3 | 0,03 | 1,03 | 0,4138 |
| TRAT | 3,72 | 4 | 0,93 | 31,03 | <0,0001 |
| Error | 0,36 | 12 | 0,03 | | |
| Total | 4,17 | 19 | | | |

CV.=1.36%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio de la variable, % sacarosa a los 17 meses de edad.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39027

Error: 0,0300 gl: 12

| TRAT | Medias | n | E.E. | |
|-----------|--------|---|------|---|
| PVF03-115 | 13,50 | 4 | 0,09 | A |
| PVF03-93 | 12,81 | 4 | 0,09 | B |
| H32-8560 | 12,65 | 4 | 0,09 | B |
| PCG12-745 | 12,56 | 4 | 0,09 | B |
| CRIOLLA | 12,19 | 4 | 0,09 | C |

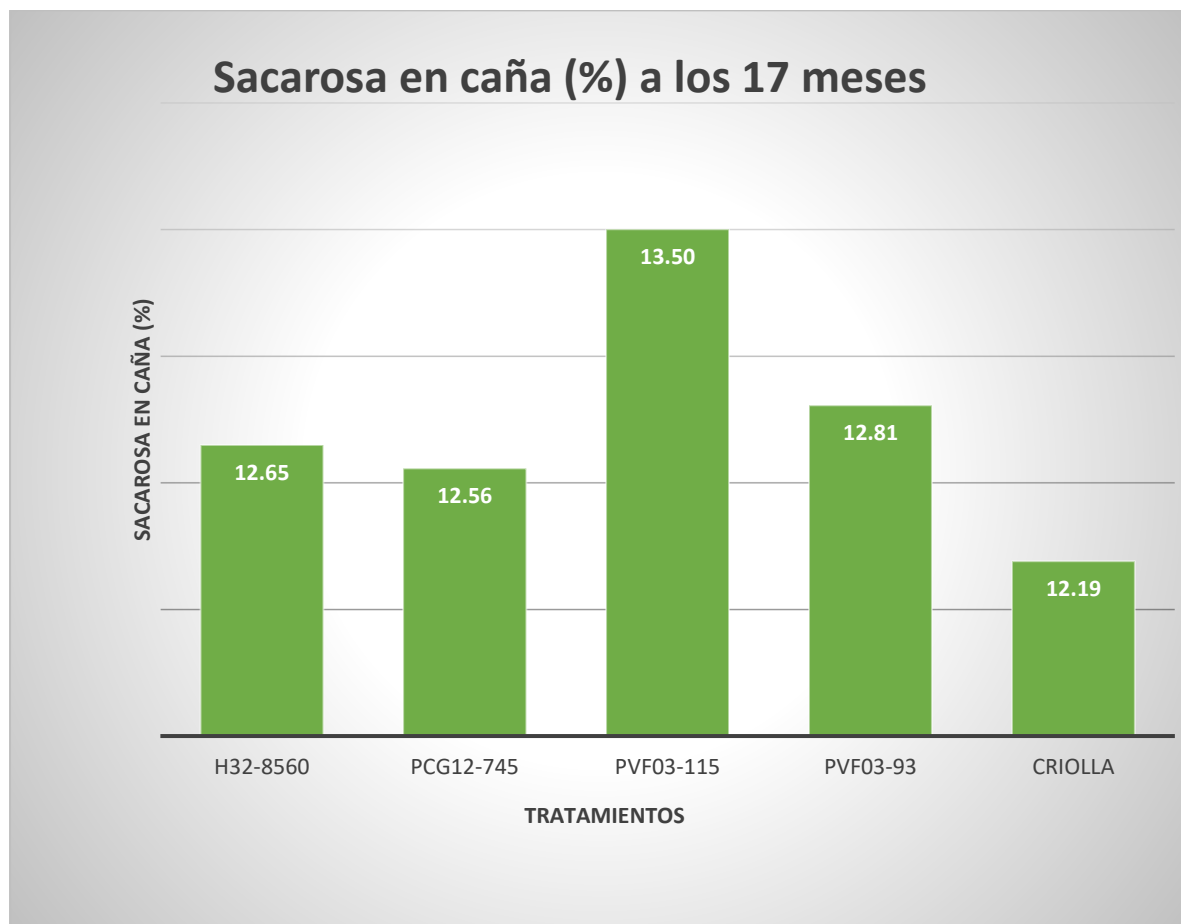
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PROMEDIO: 12.74

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14

Promedios de la variable, % Sacarosa de caña de azúcar, a los 17 meses de edad.



Fuente: Elaboración propia

6.10. Porcentaje de sacarosa en jugos de caña a los 17.50 meses de edad

En la Tabla 33, se presentan los resultados promedios de la variable % sacarosa en jugo de caña de los tratamientos en estudio a los 17.50 meses de edad, segundo muestreo de cañas para análisis de calidad.

El análisis de varianza para la variable, porcentaje de sacarosa en jugo de caña (Tabla 34), a los 17.50 meses de edad, nos indica que las fuente de variación tratamientos es altamente significativo, indicando que hay variabilidad genética, no siendo así para la fuente de variación bloques del modelo que no presentó significancia, indicando que el terreno fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 1.51%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una buena precisión, cuyos datos son muy homogéneos del % de sacarosa en jugos de caña; a medida que su valor disminuye la confiabilidad es mayor.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 35), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) presenta un valor promedio alto de 13.91% calificada como un porcentaje de sacarosa en jugos de caña de azúcar regular, superando estadísticamente a las demás variedades en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio de porcentaje de sacarosa más bajo con 12.24%, calificada como porcentaje de sacarosa bajo, siendo la media general 13.11% de sacarosa en jugos de caña a los 17.50 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 15.

Los valores altos de sacarosa se le atribuyen a la maduración del cultivo de caña por la edad de 17.50 meses, que se tomaron las muestras de caña para sus análisis de maduración, también se le atribuye a la constitución genética de las variedades de caña en estudio, a la fertilización nitrogenada adecuada que se realizó al inicio del cultivo, evitando el crecimiento vegetativo en su fase de maduración y favoreciendo la concentración de la sacarosa, y a factores ambientales como la temperatura, y la humedad., que para este caso específico los análisis de maduración y cosecha de la caña, tocó en una estación seca sin lluvias y con temperaturas bajas, que reducen la absorción de nutrientes y agua por la planta, favoreciendo una mayor acumulación de sacarosa, lo cual coincide con lo señalado, por **Glover (1973)**, **Humbert (1968)** y **Clement (1959 y 1962)**.

Tabla 33

Resultados promedio de la variable, % Sacarosa en caña a los 17.50 meses de edad.

| % SACAROSA EN CAÑA A LOS 17.50 MESES DE EDAD | | | | | | | |
|--|----------|-----------|-----------|----------|---------|--------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 13.22 | 13.04 | 13.77 | 12.85 | 12.46 | 65.35 | 13.07 |
| II | 13.42 | 12.96 | 13.72 | 13.07 | 12.08 | 65.25 | 13.05 |
| III | 13.49 | 12.58 | 14.18 | 13.19 | 12.32 | 65.76 | 13.15 |
| IV | 13.58 | 12.96 | 13.98 | 13.19 | 12.08 | 65.79 | 13.16 |
| TOTAL | 53.71 | 51.54 | 55.64 | 52.30 | 48.94 | 262.14 | 52.43 |
| PROMEDIO | 13.43 | 12.89 | 13.91 | 13.08 | 12.24 | 65.54 | 13.11 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34

Análisis de varianza para la variable, % sacarosa a los 17.50 meses de edad.

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------------|----|----------------|-------------------|------|
| SACAROSA EN CAÑA (%) | 20 | 0,93 | 0,89 | 1,51 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo. | 6,30 | 7 | 0,90 | 23,06 | <0,0001 |
| REP | 0,05 | 3 | 0,02 | 0,40 | 0,7545 |
| TRAT | 6,25 | 4 | 1,56 | 40,05 | <0,0001 |
| Error | 0,47 | 12 | 0,04 | | |
| Total | 6,76 | 19 | | | |

CV.=1.51%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio de la variable, % sacarosa a los 17.50 meses de edad.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,44513

Error: 0,0390 gl: 12

| TRAT | Medias | n | E.E. | |
|-----------|--------|---|------|-----|
| PVF03-115 | 13,91 | 4 | 0,10 | A |
| H32-8560 | 13,43 | 4 | 0,10 | B |
| PVF03-93 | 13,08 | 4 | 0,10 | B C |
| PCG12-745 | 12,89 | 4 | 0,10 | C |
| CRIOLLA | 12,24 | 4 | 0,10 | D |

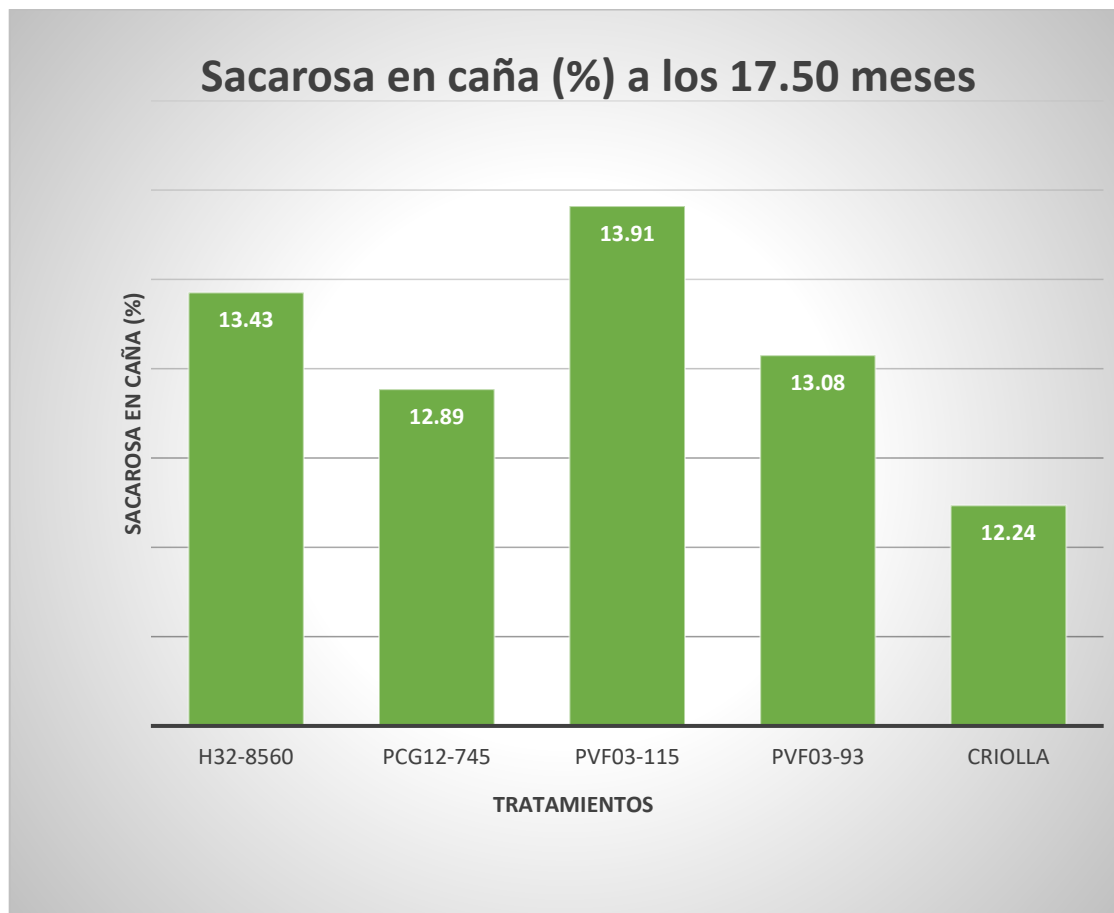
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PROMEDIO: 13.11

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15

Promedios de la variable, % Sacarosa de caña de azúcar, a los 17.50 meses de edad.



Fuente: Elaboración propia

6.11. Porcentaje de sacarosa en jugos de caña a los 18 meses de edad

En la Tabla 36, se presentan los resultados promedios de la variable % sacarosa en jugo de caña de los tratamientos en estudio, a los 18 meses de edad, tercer y último muestreo de cañas para análisis de calidad.

El análisis de varianza para la variable, porcentaje de sacarosa en jugo de caña (Tabla 37), a los 18 meses de edad, nos indica que la fuente de variación tratamientos es altamente significativo, indica que existe variabilidad genética, y la fuente de variación bloques no presentó significación estadística, indicando que el terreno fue homogéneo.

El coeficiente de variabilidad fue de 1.06%; valor bajo que denota confiabilidad en la conducción y toma de datos del experimento, dando una buena precisión, cuyos datos son homogéneos del % de sacarosa en jugos de caña, indicando que el terreno fue homogéneo.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 38), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) presenta un valor promedio alto de 14.46% calificada como un porcentaje de sacarosa en jugos de caña de azúcar bueno, superando estadísticamente a las demás variedades en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA) presentó el valor promedio de porcentaje de sacarosa más bajo con 13.15%, calificada como porcentaje de sacarosa regular, siendo la media general 13.81% de sacarosa en jugos de caña a los 18 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 16.

Los valores altos de sacarosa se le atribuyen a la maduración del cultivo de caña por la edad de 18 meses, que se tomaron las muestras de caña para sus análisis de maduración, también se le atribuye a la constitución genética de las variedades de caña en estudio, a la fertilización nitrogenada adecuada que se realizó al inicio del cultivo, evitando el crecimiento vegetativo en su fase de maduración y favoreciendo la concentración de la sacarosa, y a factores ambientales como la temperatura, y la humedad., que para este caso específico los análisis de maduración y cosecha de la caña, tocó en una estación seca sin lluvias y con temperaturas bajas, que reducen la absorción de nutrientes y agua por la planta, favoreciendo una mayor acumulación de sacarosa, lo cual coincide con lo señalado, por **Glover (1973)**, **Humbert (1968)** y **Clement (1959 y 1962)**.

Tabla 36

Resultados promedio de la variable, % Sacarosa en caña a los 18 meses de edad.

| % SACAROSA EN CAÑA A LOS 18 MESES DE EDAD | | | | | | | |
|---|----------|-----------|-----------|----------|---------|--------|----------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 13.96 | 13.49 | 14.54 | 13.67 | 13.11 | 68.78 | 13.76 |
| II | 13.79 | 13.60 | 14.39 | 13.47 | 13.26 | 68.52 | 13.70 |
| III | 14.16 | 13.66 | 14.29 | 13.97 | 13.06 | 69.15 | 13.83 |
| IV | 14.20 | 13.77 | 14.60 | 14.00 | 13.15 | 69.71 | 13.94 |
| TOTAL | 56.12 | 54.52 | 57.82 | 55.11 | 52.59 | 276.15 | 55.23 |
| PROMEDIO | 14.03 | 13.63 | 14.45 | 13.78 | 13.15 | 69.04 | 13.81 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37

Análisis de varianza para la variable, % sacarosa a los 18 meses de edad.

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|----------------------|----|----------------|-------------------|------|
| SACAROSA EN CAÑA (%) | 20 | 0,94 | 0,90 | 1,06 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor |
|---------|------|----|------|-------|---------|
| Modelo. | 3,92 | 7 | 0,56 | 26,04 | <0,0001 |
| REP | 0,17 | 3 | 0,06 | 2,56 | 0,1038 |
| TRAT | 3,76 | 4 | 0,94 | 43,65 | <0,0001 |
| Error | 0,26 | 12 | 0,02 | | |
| Total | 4,18 | 19 | | | |

CV.=1.53%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Prueba de comparación múltiple de Tukey (0.05) del promedio de la variable, % sacarosa a los 18 meses de edad.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,33056

Error: 0,0215 gl: 12

| TRAT | Medias | n | E.E. | |
|-----------|--------|---|------|-----|
| PVF03-115 | 14,46 | 4 | 0,07 | A |
| H32-8560 | 14,03 | 4 | 0,07 | B |
| PVF03-93 | 13,78 | 4 | 0,07 | B C |
| PCG12-745 | 13,63 | 4 | 0,07 | C |
| CRIOLLA | 13,15 | 4 | 0,07 | D |

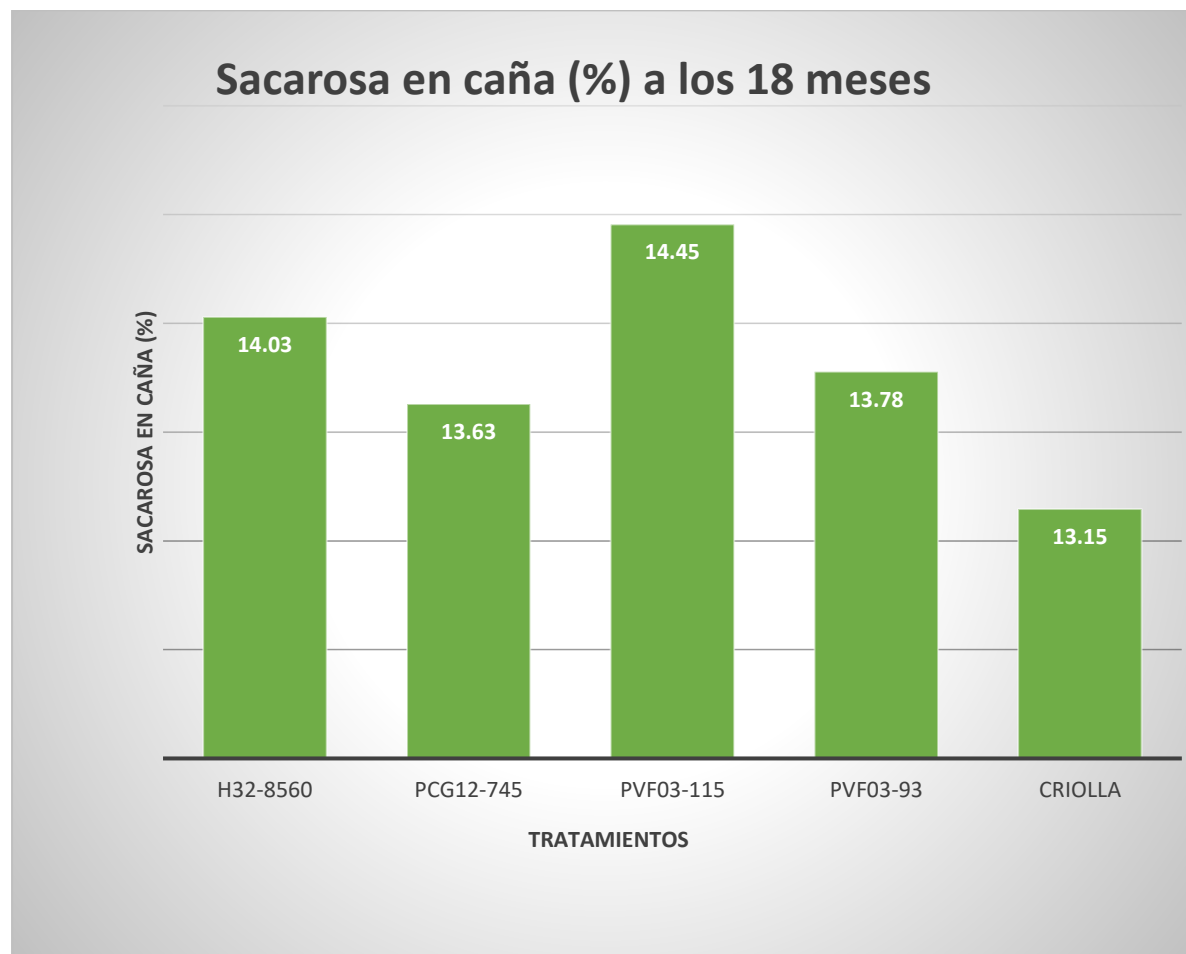
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

PROMEDIO: 13.81

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 16

Promedios de la variable, % Sacarosa de caña de azúcar, a los 18 meses de edad.



Fuente: Elaboración propia

6.12. Rendimiento de caña en toneladas por hectárea (TCH)

En la Tabla 39, se presentan los resultados promedios de la variable, rendimiento de caña expresado en toneladas de caña por hectárea (TCH) de los tratamientos en estudio.

El análisis de varianza para la variable, rendimiento (Tabla 40), nos indica que la fuente de variación tratamientos en estudio, presenta alta significación estadística, no siendo así para la fuente de variación de bloques del modelo.

El coeficiente de variabilidad fue de 2.45%; valor bajo que indica la confiabilidad en la conducción del experimentos y en la toma de los datos, dando una muy buena precisión, cuyos datos de rendimiento de caña son homogéneos.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 41), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) con un valor promedio de 186.51 TCH (toneladas de caña por hectárea), supera estadísticamente a los demás tratamientos en estudio. El Tratamiento T5 (CRIOLLA), obtuvo el valor promedio de rendimiento menor con un valor de 153.81 TCH; siendo la media general de rendimiento de 170.09 TCH a la edad de 18 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 17.

Los altos rendimientos de caña en campo, se atribuyen a una buena adaptación de la variedad PVF03-115 a la zona en estudio, y a la constitución genética propia de la variedad, al presentar muy buena germinación, tallos largos, gruesos, alta población de tallos por hectárea, sin floración, lo cual concuerda con lo señalado por **Poehlman (2003)**.

También se le atribuye a los efectos del abonamiento orgánico con Guano de las Islas y Roca Fosfórica, en dosis adecuadas y oportunas previo a la siembra, enterrada en el fondo del surco, lo cual permitió que el N, P y K estén disponibles para la planta en su etapa de crecimiento del cultivo. Resultados que concuerdan con lo señalado por **Ruesta (2019)**.

Tabla 39

Resultados promedio de la variable, rendimiento de caña por hectárea (TCH).

| RENDIMIENTO DE CAÑA EXPRESADA EN TONELADAS POR HECTÁREA | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------|---------------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 174.67 | 168.34 | 184.31 | 172.73 | 160.42 | 860.47 | 172.09 |
| II | 172.37 | 165.58 | 192.56 | 168.59 | 150.12 | 849.22 | 169.84 |
| III | 170.79 | 162.88 | 180.78 | 162.32 | 155.89 | 832.66 | 166.53 |
| IV | 177.25 | 170.72 | 188.38 | 174.36 | 148.82 | 859.53 | 171.91 |
| TOTAL | 695.08 | 667.52 | 746.03 | 678.00 | 615.25 | 3401.88 | 680.38 |
| PROMEDIO | 173.77 | 166.88 | 186.51 | 169.50 | 153.81 | 850.47 | 170.09 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40

Análisis de varianza para la variable, rendimiento de caña por hectárea (TCH).

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|------------------|----|----------------|-------------------|------|
| RDTO CAÑA (t/ha) | 20 | 0,92 | 0,87 | 2,45 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Sig. |
|---------|---------|----|--------|-------|---------|------|
| Modelo. | 2334,91 | 7 | 333,56 | 19,16 | <0,0001 | |
| REP | 100,17 | 3 | 33,39 | 1,92 | 0,1805 | |
| TRAT | 2234,74 | 4 | 558,69 | 32,09 | <0,0001 | ** |
| Error | 208,90 | 12 | 17,41 | | | |
| Total | 2543,81 | 19 | | | | |
| C.V. | 2.45% | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Prueba de comparación múltiple de Tukey Alfa=0.05 del promedio de la variable rendimiento de caña (TCH).

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=9,40381

Error: 17,4083 gl: 12

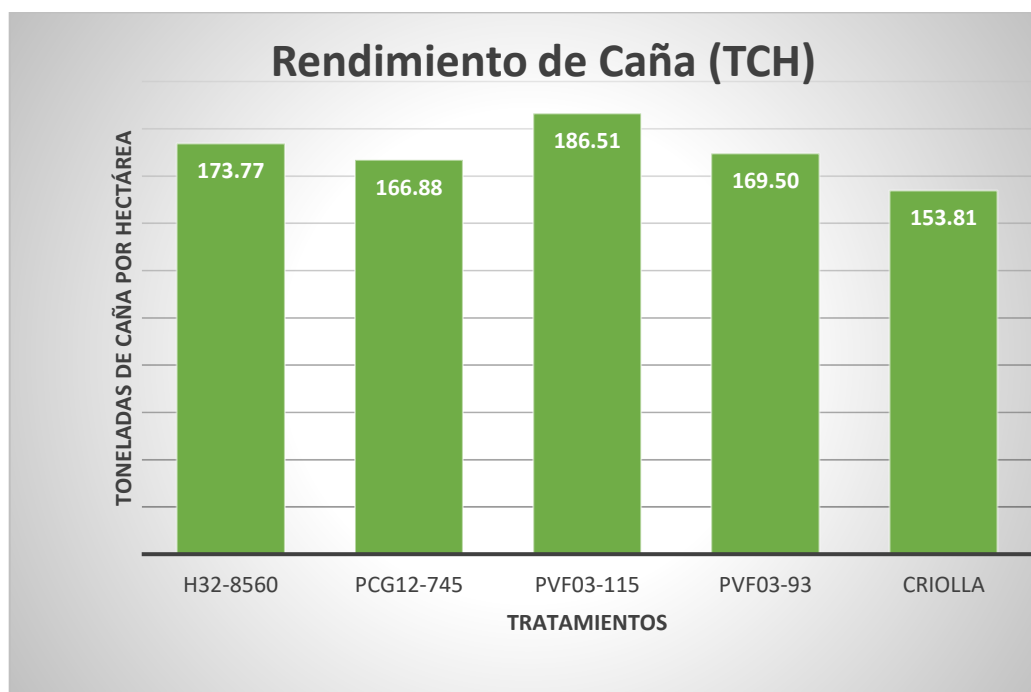
| TRATAMIENTOS | Medias | Significancia |
|--------------|--------|---------------|
| PVF03-115 | 186,51 | A |
| H32-8560 | 173,77 | B |
| PVF03-93 | 169,50 | B |
| PCG12-745 | 166,88 | B |
| CRIOLLA | 153,81 | C |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
Promedio: 170.09

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 17

Promedios de la variable rendimiento de caña (TCH), a los 18 meses de edad.



Fuente: Elaboración propia

6.13. Rendimiento de panela en toneladas por hectárea (TPH)

En la Tabla 42, se presentan los resultados promedios de la variable toneladas de panela por hectárea (TPH) de los tratamientos en estudio.

El análisis de varianza para la variable toneladas de panela por hectárea (TPH) (Tabla 43), nos indica que la fuente de variación tratamientos en estudio presenta alta significación estadística, no siendo así para la fuente de variación bloques del modelo.

El coeficiente de variabilidad fue de 3.80%; indica la confiabilidad en la conducción del experimento y toma de datos, dando una muy buena precisión, cuyos datos de rendimientos de azúcar son homogéneos; a medida que su valor disminuye la confiabilidad es mayor.

Los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de 0.05 para tratamientos (Tabla 44), nos muestra que el tratamiento T3 (PVF03-115) con un valor promedio de 17.37 TPH (toneladas de panela por hectárea), supera estadísticamente a los demás tratamientos en estudio. El tratamiento T5 (CRIOLLA), presentó el valor promedio menor con 13.98 TPH; siendo la media general 15.40 TPH a la edad de 18 meses de edad. Resultados que se visualizan mejor en el gráfico 18.

Los rendimientos altos de panela en toneladas por hectárea, se atribuye al efecto de la constitución genética de la variedad de caña, a su alta capacidad de conversión de caña a azúcar que permitió obtener una mayor cantidad de jugos y contenido de sacarosa, los cuales determinan el rendimiento de azúcar. Resultados que concuerdan con lo señalado por el **Poehlman (2003)**.

También se atribuye a la fertilización temprana de nitrógeno. El nitrógeno aumenta el promedio de asimilación, aumenta el contenido de clorofila de las hojas e influye sobre el rendimiento, sobre la calidad del jugo y sobre la formación de azúcares. Resultados que concuerdan con lo reportado por **Gonzalez (1983)**.

Tabla 42

Resultados promedios de la variable, toneladas de panela por hectárea (TPH).

| RENDIMIENTO DE PANELA EXPRESADA EN TONELADAS POR HECTÁREA | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------|--------------|
| BLOQUES | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | TOTAL | PROMEDIO |
| | H32-8560 | PCG12-745 | PVF03-115 | PVF03-93 | CRIOLLA | | |
| I | 15.68 | 14.93 | 16.86 | 16.38 | 14.52 | 78.37 | 15.67 |
| II | 16.18 | 14.10 | 17.87 | 15.21 | 14.25 | 77.61 | 15.52 |
| III | 16.00 | 13.96 | 17.56 | 14.50 | 13.88 | 75.90 | 15.18 |
| IV | 15.32 | 15.26 | 17.20 | 15.12 | 13.25 | 76.15 | 15.23 |
| TOTAL | 63.18 | 58.25 | 69.49 | 61.21 | 55.90 | 308.03 | 61.61 |
| PROMEDIO | 15.80 | 14.56 | 17.37 | 15.30 | 13.98 | 77.01 | 15.40 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43

Análisis de varianza para la variable, rendimiento de panela en tonelada por hectárea (TPH).

Análisis de la varianza

| Variable | N | R ² | R ² Aj | CV |
|--------------------|----|----------------|-------------------|------|
| RDTO PANELA (t/ha) | 20 | 0,87 | 0,80 | 3,80 |

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

| F.V. | SC | gl | CM | F | p-valor | Sig |
|---------|-------|----|------|-------|---------|-----|
| Modelo. | 27,99 | 7 | 4,00 | 11,64 | 0,0002 | |
| REP | 0,84 | 3 | 0,28 | 0,81 | 0,5115 | |
| TRAT | 27,15 | 4 | 6,79 | 19,77 | <0,0001 | |
| Error | 4,12 | 12 | 0,34 | | | |
| Total | 32,11 | 19 | | | | |

CV. 3.80%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Prueba de comparación múltiple de Tukey Alfa=0.05 del promedio de la variable Rendimiento Panela en Toneladas por Hectárea.

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,32073

Error: 0,3434 gl: 12

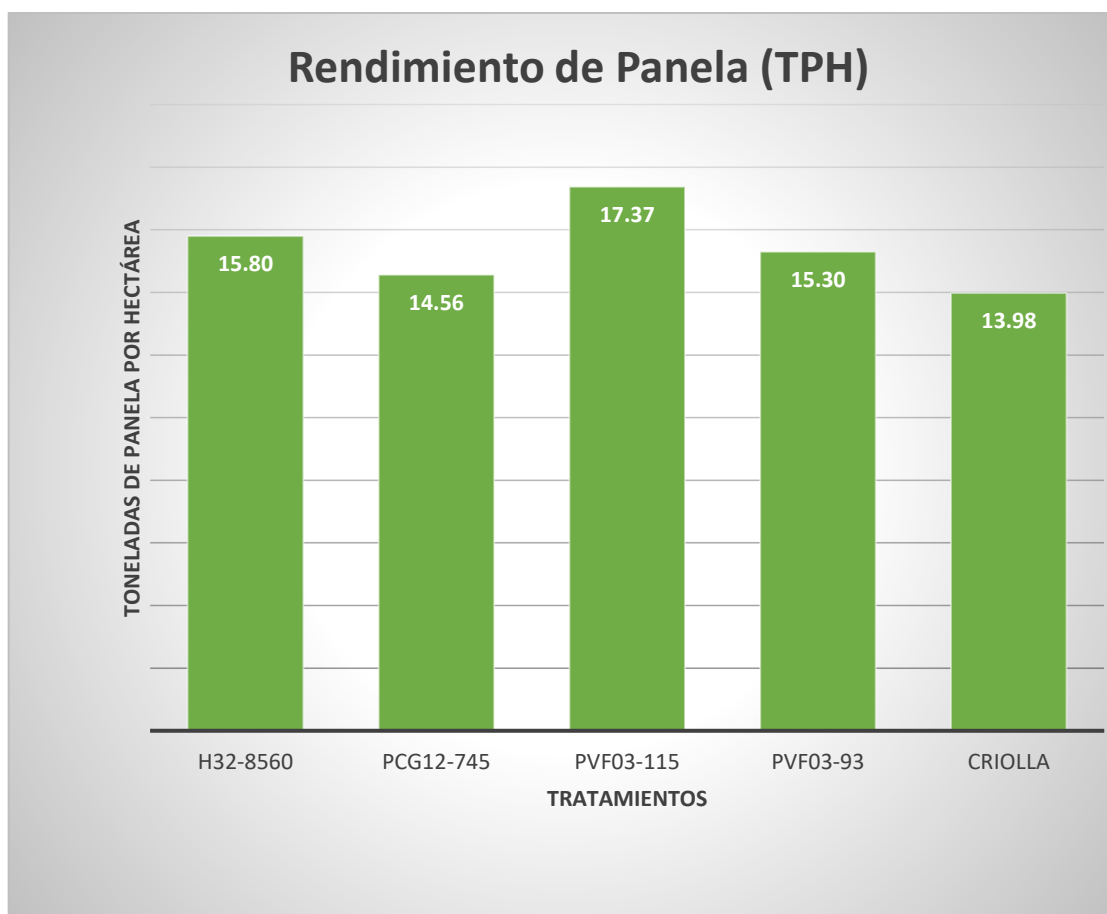
| TRATAMIENTOS | Medias | Significancia | |
|--------------|--------|---------------|---|
| PVF03-115 | 17,37 | A | |
| H32-8560 | 15,80 | B | |
| PVF03-93 | 15,30 | B | |
| PCG12-745 | 14,56 | B | C |
| CRIOLLA | 13,98 | C | |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
 PROMEDIO: 15.40

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 18

Promedios de la variable toneladas de panela por hectárea (TPH).



Fuente: Elaboración propia

6.14. Análisis económico

De acuerdo a las evaluaciones realizadas a nivel de campo para la producción de caña, y a nivel de planta de proceso para la producción de panela granulada, y después de haber realizado el análisis económico, podemos decir que de las 5 variedades en estudio, las mejores variedades PVF03-115 y H32-8560 con rendimientos promedios de 17.37 y 15.80 toneladas de panela por hectárea al precio de venta de 3,200 soles la tonelada en la zona de producción, nos permite obtener las mayores ganancias con 8,699.59 y 4,548 soles respectivamente, respecto a la variedad criolla de la zona, cuyos costos de producción por hectárea fueron de 27,967.22 soles para la variedad PVF03-115 y 27,094.81 soles para la variedad H32-8560.

En la Tabla 45, se señalan los costos de producción del cultivo de caña desde la preparación del terreno hasta la obtención de la panela granulada de exportación, los rendimientos promedios de caña y panela por hectárea, y el precio de venta de 1 tonelada de panela en la zona de producción que asciende a 3,200 soles, lo que permite calcular el número de veces en que se recupera la inversión, se observa que los mayores beneficios se obtienen con los tratamientos T3 (PVF03-115) y T1 (H32-8560); lo que representa los mayores retornos de la inversión con 0.99 y 0.87 veces por cada sol invertido, respectivamente.

Tabla 45

Análisis económico de la producción de caña y panela en el caserío La Succha Alta del Distrito de Salas de la Región Lambayeque.

| Tratamientos | COSTO PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR A NIVEL DE CAMPO Y PROCESO DE PANELA EN PLANTA | | | | | | | | | | | Costo Total/ha | Rendimiento/ha | | PRECIO DE VENTA DE PANELA/t | Ingreso total | Beneficio | Ganancias o pérdidas en función al testigo. | Retorno a la inversión |
|---------------|---|-----------------|------------------------|-----------------|--------|-----------------------|----------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|-------|-----------------------------|---------------|-----------|---|------------------------|
| | | | | | | | | | | | | CT | | | | IT | IT-CT | | |
| | Preparación terreno | Labores siembra | Fertilización Orgánica | Control Malezas | Riegos | Control Fitosanitario | Cosecha | Transporte de caña a planta | Servicio proceso de panela | Gastos de Certificación orgánica | Gastos Administrativos (10%) | (S/) | TCH | TPH | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. |
| | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. | S/. | | | | | | | | |
| T1(H32-8560) | 1780 | 4540 | 4200 | 720 | 700 | 660 | 4,344.25 | 3,475.40 | 2,212.00 | 2,000 | 2,463.16 | 27,094.81 | 173.77 | 15.80 | 3,200 | 50,560.00 | 23,465.19 | 4,548.00 | 0.87 |
| T2(PCG12-745) | 1780 | 4540 | 4200 | 720 | 700 | 660 | 4,172.00 | 3,337.60 | 2,038.40 | 2,000 | 2,414.80 | 26,562.80 | 166.88 | 14.56 | 3,200 | 46,592.00 | 20,029.20 | 1,112.01 | 0.75 |
| T3(PVF03-115) | 1780 | 4540 | 4200 | 720 | 700 | 660 | 4,662.75 | 3,730.20 | 2,431.80 | 2,000 | 2,542.47 | 27,967.22 | 186.51 | 17.37 | 3,200 | 55,584.00 | 27,616.78 | 8,699.59 | 0.99 |
| T4 (PVF03-93) | 1780 | 4540 | 4200 | 720 | 700 | 660 | 4,237.50 | 3,390.00 | 2,142.00 | 2,000 | 2,436.95 | 26,806.45 | 169.50 | 15.30 | 3,200 | 48,960.00 | 22,153.55 | 3,236.36 | 0.83 |
| T5 (CRIOLLA) | 1780 | 4540 | 4200 | 720 | 700 | 660 | 3,845.25 | 3,076.20 | 1,950.20 | 2,000 | 2,347.16 | 25,818.81 | 153.81 | 13.98 | 3,200 | 44,736.00 | 18,917.19 | 0.00 | 0.73 |

Fuente: Elaboración propia

Nota:

- 1 tonelada de panela granulada se comercializa en 3,200 soles en la zona de producción (CEPRESA, 2019).
- El servicio de proceso tiene un costo de 140 soles por tonelada de panela. (CEPRESA, 2019).
- La fertilización orgánica incluye 2,5 t de guano de islas y 1 t de roca fosfórica, más mano de obra.
- Las labores de siembra incluye la adquisición de 600 tercios de caña por hectárea.
- En Control de malezas fue manual con ayuda de palanas, sin químicos.
- 1 jornal está valorizado en 40 soles en la zona de producción.

VI. CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo de investigación realizado bajo las condiciones agroecológicas del caserío La Succha Alta del distrito de Salas de la sierra de Lambayeque, se evaluaron los caracteres morfológicos, agronómicos e industriales de cinco variedades de caña de azúcar (H32-8560, PCG12-745, PVF03-115, PVF03-93 y la Criolla de la zona), siendo las variables de respuesta más importantes: la germinación de yemas, número de tallos por hectárea, longitud y diámetro de tallos, número de hojas activas por tallo, porcentaje de intensidad de daño de cañas por *Diatraea saccharalis*, porcentaje de sacarosa, rendimiento de caña y panela por hectárea.
2. Se determinó que los mejores cultivares de caña adaptados a la zona de estudio son la PVF03-115 y H32-8560, y que expresó los mejores rendimientos de caña y panela granulada por unidad de superficie; convirtiendo el cultivo de caña en atractivo y muy rentable para el pequeño productor de caña de la Succha Alta, que le está permitiendo mejorar su nivel de vida, al obtener mayores ingresos por la venta de la panela con calidad de exportación.
3. A nivel experimental se concluye que la mejor variedad de caña para la Succha Alta del distrito de Salas de la Región Lambayeque, a 1,300 msnm, fue la PVF03-115, al presentar una germinación de 88.90%, a los 45 días después de la siembra, longitud de tallo de 3.64m, diámetro tallo 3.59cm, 9.49 hojas activas por tallo, 76,975 tallos por hectárea, a los 12 meses de edad. Además los resultados indican 9.09% de intensidad de infestación de daños del barrenador de los tallos, y rendimientos promedios experimentales de 186.51 t caña ha⁻¹, 17.37 t panela ha⁻¹, y 14.45% de sacarosa en caña a los 18 meses de edad, en comparación con la variedad criolla que alcanzó un rendimiento promedio de 153.81 t caña ha⁻¹, 13.98 t panela ha⁻¹ y 13.15% de sacarosa a la misma edad.
4. La segunda variedad o cultivar que destacó fue la H 32-8560, al presentar una germinación de 87.83%, calificada como muy buena, a los 45 días después de la siembra, longitud de tallo de 3.07m, diámetro tallo 3.12cm, 9.48 hojas activas por tallo, 69,250 tallos por hectárea, a los 12 meses de edad. Además los resultados indican 12.39% de intensidad de infestación de daños del barrenador de los tallos, y rendimientos promedios experimentales de 173.77 t caña ha⁻¹, 15.80 t panela ha⁻¹, y 14.03% de sacarosa en caña, a los 18 meses de edad.

5. En el análisis comparativo se determinó que la variedad criolla como testigo presenta una germinación de 74.83%, longitud de tallo de 2.66 m, diámetro tallo 2.90 cm, 9.31 hojas activas por tallo, 53,750 tallos por hectárea, a los 12 meses de edad. Además los resultados indican 17.79% de intensidad de infestación de daños del barrenador de los tallos, esta variedad que se cultiva en la zona alcanzó un rendimiento promedio de 153.81 t caña ha⁻¹, 13.98 t panela ha⁻¹ y 13.15% de sacarosa, a los 18 meses de edad.
6. Respecto a la variable porcentaje de intensidad de infestación de la caña por *Diatraea saccharalis* F. la variedad que destacó fue PVF03-115 con un valor promedio de 9.09%, calificado de moderado, seguido de las variedades PVF03-93, H32-8560 y PCG12-745 con valores promedios de 12.12, 12.39 y 14.40% respectivamente, calificadas de % intensidad de infestación de daño mediano; y la variedad criolla como testigo presentó los valores promedios más altos de intensidad de infestación de daño con 17.79%, calificado como elevado, a los 18 meses de edad.
7. Al realizar el análisis económico de rentabilidad en la producción de caña y panela granulada por hectárea; de las 5 variedades de caña en estudio, se observa que los mejores beneficios se obtienen con las variedades de los tratamientos **T3 (PVF03-115)** y **T1 (H32-8560)**, teniendo rendimientos promedios de 17.37 y 15.80 toneladas de panela por hectárea al precio de venta de 3,200 soles la tonelada; se obtuvo retornos de la inversión de **0.99** y **0.87** veces por cada sol invertido, lo que significa mayores ganancias en función de la variedad criolla con valores de **8,700** y **4,548** soles; siendo los costos de producción incluyendo el proceso de panela en planta de 27,967 y 27,095 soles respectivamente.
8. La panela contribuye a un beneficio económico al ser una fuente de ingresos para los productores de caña en zonas altoandinas. Además se presenta como sustituto del azúcar refinado y es un alimento básico que contiene un alto porcentaje de nutrientes, vitaminas y minerales. Esta compuesta de carbohidratos, vitaminas, proteínas, grasas, agua y minerales que, como el calcio, el fósforo; como pilar importante de huesos y dientes, así como el hierro, el sodio y el potasio y magnesio, son esenciales en la alimentación, en especial en la población infantil proporcionando energía y beneficios para la salud.

VII. RECOMENDACIONES

1. Difundir los resultados de la presente investigación a las empresas, institutos, universidades y asociación de productores de panela orgánica del país.
2. A nivel de valles interandinos de la sierra, con altitudes de 1,300 msnm, usar la variedad de caña PVF03-115, por haber presentado una excelente adaptación a la zona de estudio, al presentar los mejores rendimientos de caña, panela por unidad de superficie y alta rentabilidad económica, superando a la variedad criolla de la zona.
3. Seguir analizando los suelos, para conocer el grado de fertilidad, y hacer un correcto programa de fertilización orgánica, asimismo hacer una evaluación del manejo del cultivo para el procesado de la caña en la obtención de la panela y sus derivados, estableciendo un balance adecuado de los nutrientes, que garantice altos rendimientos de caña y panela.
4. Realizar otras investigaciones específicas de plagas y enfermedades que se presentan en el cultivo de caña para la producción de panela a nivel de sierra y selva del país.
5. Dentro de las Buenas Prácticas Agrícolas, incidir en el uso de controladores biológicos como las avispas *Trichogramma* spp. y *Billaea claripalpis* para control de *Diatraea saccharalis* F.
6. Repetir el experimento en otras zonas de la sierra con diferentes pisos altitudinales, clima y suelo, que permita evaluar la adaptación y el potencial de rendimiento de las mejores variedades del presente estudio.
7. Promover el consumo de panela granulada, por ser un producto orgánico, que, no realiza ningún tipo de proceso químico ni de refinamiento, al ser un azúcar orgánico es muy rica en vitaminas y minerales.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación peruana de agroindustriales del azúcar y derivados-PERUCANÑA. (2019). Informe Anual. Lima, Perú. 21 p.
- Artschwager, E. y Brandes, E. W. (1958). Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.): Origin, classification, characteristics and descriptions of representative clones. U. S. Dept. Agr. Handbook 122. 307 p.
- Ayalde, G. (1973). *Caña de azúcar*. Palmira, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario-ICA.
- Box, H. (1951). Informe preliminar sobre los barrenadores o "borers" de la caña de azúcar (*Diatraea-Chilo*) en México. Bol. Azuc. Mex; UNPASA. México.93 p. Rev. App.Ent.431 p.
- Cassalett, C., Torres, J. y C. Isaacs (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. CENICANÑA. Cali, Colombia. 412 p.
- Central de Productores Ecológicos Solidarios por el Agro-CEPRESA (2019). Informe Anual. Lambayeque-Perú. 26 p.
- CEPICAFE (2011). Informe periodístico. Piura-Perú.
- CEPICAFÉ (2015). Informe periodísticos. Piura, Perú.
- Clements, H. (1959). Quality in sugar production field aspects. Rept. HSTA, 18th Ann. Meet.:17-24.
- Clements, H. (1962). The ripening of sugarf cane. Sugar y Azúcar 57: 29-78.
- Cuellar, I., Villegas, R., De león, M. y Pérez, H. (2002). Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba. Editorial Publicina. La Habana, Cuba. 127 p.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA-CIMPA (2003). Catálogo de variedades de caña para la producción de panela en la Hoya del Río Suarez. Barbosa, Colombia.56 p.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA-SENA (1998). Manual de caña de azúcar para la producción de panela. Bucaramanga. Colombia. 145 p.
- Dirección General de Políticas Agrarias. (2019). *Perspectivas de la producción, comercio y precios de los COMMODITIES*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego.

- Flores, S. (2001). Las variedades de caña de azúcar en México (Primera ed.). México. 308 p.
- Gómez, F., y Senties, H. (2015). Manual para la identificación varietal de caña de azúcar. Primera Edición. Colegio de Postgraduados de México. p. 40.
- González, J. (1983). Fitotecnia de la caña de azúcar. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación. 144 p.
- Glover, J. (1973). The dark respiration of sugarcane and the loss of photosynthate during the growth of a crop. *Annals of Botany* 37: 845-852.
- Humbert, R. P. (1968). The Growing of Sugar Cane. Elsevier Pub. Co. Amsterdam, Holanda. 779 p.
- Humbert, R. P. (1974). El cultivo de la caña de azúcar . Compañía Editorial Continental S.A., México.
- Laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la Estación Experimental Agraria del INIA. (2017). *Análisis de caracterización*. Lambayeque, Perú.
- Moore, P. H. e Irvine, J.E. (1987). Anatomy and morphology. In: Heinz , D. (ed.). Sugarcane improvement through breeding. Developments in crop science. Elsevier, Nueva York. USA. p. 85-142.
- MINAGRI (2017). Boletín Producción de caña de azúcar en el Perú, perspectivas. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego. 7 p.
- MINAGRI (2019). Informe anual de estadísticas de la Oficina de Información Agraria. Lima Perú. 36 p.
- Pollack, M. (1991). *Rattus norvegicus* (Erxleben) en caña de azúcar del norte peruano. *Rev. per. Ent.* 33:137-138.
- Programa Nacional de Innovación de Caña de Azúcar - INIA. (2004). *Memoria anual*. Chiclayo, Perú: EEA Vista Florida-INIA.
- Programa Nacional de Innovación de Caña de Azúcar - EEA Vista Florida. (2014). *Variedades de caña de azúcar*. Chiclayo, Perú: INIA-MINAGRI.
- Poehlman, J., y Sleper, D. (2003). Mejoramiento genético de cosechas. Segunda Edición. Editorial Limusa, S.A. de C.V. México. p. 451-466.

- Pinna, J. (1977). Tecnología de la aplicación de la úrea a la caña de azúcar. *Saccharum*, VI (1 y 2), 15-29.
- Quezada, W. (2007). Guía técnica de agroindustria panelera. Ecuador. 158 p.
- Rosenfeld, A. H. (1955). Sugarcane Around the World, sugar Public. N. York. 8-38 p.
- Ruesta, N. A (2010). Descriptor de variedades de caña de azúcar. Chiclayo, Perú: PNI Caña de Azúcar-INIA.
- Ruesta, N. A. (2018). *Manual técnico del cultivo de caña panelera en valles interandinos de la región Cajamarca*. Cajamarca, Perú. 35 p.
- Ruesta, N. A. (2019). *Fertilización orgánica del cultivo de caña para la producción de panela en valles interandinos de las regiones de Cajamarca y Amazonas*, Perú. 67 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú . (2017-2019). *Estación Meteorológica de Lambayeque del SENAMHI*. Obtenido de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú : <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Tello, H., & Valdivia, S. (1976). Efecto de la aplicación tardía del nitrógeno en el cultivar de caña H32-8560: I. Acción de la misma, con relación a la aplicación temprana, en el rendimiento. *Saccharum*, IV(2), 1-18.
- Vejarano, J. (1974). *Caña de Azúcar* (Primera ed.). Lima, Perú: Servicio de Copias S.C.R.L.

ANEXOS

ANEXO 01: Memoria Fotografica



Foto N° 1: Caserío La Succha Alta del Distrito de Salas, Región de Lambayeque.



Foto N° 2: Trazado de terreno con el AGRONIVEL para la construcción de surcos a nivel en el caserío La Succha Alta.



Foto N° 3: Muestreo del suelo para análisis, en la parcela del agricultor Eloy De La Cruz Quispe.



Foto N° 4: Construcción de surcos a nivel para la siembra de caña en laderas junto a agricultores



Foto N° 5: Construcción de surcos a nivel para la siembra de caña Junto a agricultores de la Succha Alta.



Foto N° 6: Fertilización orgánica en el fondo del surco con Guano de las Islas y Roca Fosfórica a la dosis 267:272:53 kg de NPK antes de la siembra de caña.



Foto N° 7: Fertilización orgánica con Guano de las Islas y Roca Fosfórica a la dosis de 267:272:53 kg de NPK antes de la siembra de caña en la Succha Alta.



Foto N° 8: Selección de tallos de caña para la extracción de las yemas de caña de los semilleros del INIA-Lambayeque.



Foto N° 9: Selección de yemas de las variedades de caña de azúcar de los semilleros del INIA-Lambayeque.



Foto N° 10: Yemas de caña viables en envases en campo definitivo listas para la siembra.



Foto N° 11: Vista de las 5 variedades de caña en estudio para la instalación del experimento en la Succha Alta, distrito de Salas de la Región Lambayeque.



Foto N° 12: Distribución de las semillas de caña de las 5 variedades según tratamientos en estudio en el caserío la Succha Alta.



Foto N° 13: Trazado del campo experiemntal para instalación del experimento en el caserío La Succha Alta, distrito de Salas de la Región Lambayeque.



Foto N° 14: Siembra de yemas de caña en surcos de 1.5 m de distancia entre ellos y a 0.50 m entre golpes en el mismo surco.



Foto N° 15: Vista de la germinación de las yemas de caña en campo definitivo en el caserío La Succha Alta, distrito de Salas de la Región Lambayeque.



Foto N° 16: Evaluación del crecimiento de los tallos en la parcela experimental ubicado en el caserío La Succha Alta, distrito de Salas de la Región de Lambayeque.



Foto N° 17: Vista General del Experimento de caña en buen estado de crecimiento, en el caserío La Succha Alta del distrito de Salas de la Región Lambayeque.



Foto N° 18: Vista del Experimento de caña en buen estado de crecimiento, sembrado en surcos con buena densidad de tallos por hectárea.



Foto N° 19: Vista del Experimento de caña en buen estado de crecimiento, tallos vigoroso y fuertes.



Foto N° 20: Pesado de la caña en campo definitivo, en el caserío La Succha Alta, del Distrito de Salas de la Región Lambayeque.



Foto N° 21: Proceso de cocimiento de los jugos de caña para la producción de panela granulada de exportación en el caserío La Succha Alta, del Distrito de Salas de la Región Lambayeque.



Foto N° 22: Zarandeo y pesado de la panela granulada de exportación en el caserío La Succha Alta del Distrito de Salas de la Región Lambayeque.

ANEXO 02:

Datos climatológicos Estación Jayanca, periodo Enero de 2018 a Junio de 2019.

Departamento : LAMBAYEQUE Provincia : LAMBAYEQUE Distrito : JAYANCA

Latitud : 6°19'53.73" S Longitud : 79°46'7.29" W Altitud : 78 msnm.

| MES | AÑO | TEMPERATURA °C | | | Precipit. (mm) | Humedad relativa (%) |
|-----------------|------|----------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------------|
| | | Máx. | Min. | Media | | |
| Enero | 2018 | 33.35 | 18.48 | 25.92 | 2.5 | 77.69 |
| Febrero | 2018 | 33.95 | 20.45 | 27.20 | 0 | 77.67 |
| Marzo | 2018 | 34.03 | 19.05 | 26.54 | 1 | 78.38 |
| Abril | 2018 | 33.21 | 18.44 | 25.83 | 4 | 80.71 |
| Mayo | 2018 | 30.10 | 16.38 | 23.24 | 4.3 | 80.15 |
| Junio | 2018 | 26.20 | 15.08 | 20.64 | 0 | 79.08 |
| Julio | 2018 | 26.49 | 14.81 | 20.65 | 0 | 79.20 |
| Agosto | 2018 | 28.01 | 14.59 | 21.30 | 0 | 78.62 |
| Setiembre | 2018 | 29.12 | 14.70 | 21.91 | 0 | 81.70 |
| Octubre | 2018 | 29.79 | 15.33 | 22.56 | 0 | 78.91 |
| Noviembre | 2018 | 30.21 | 17.17 | 23.69 | 5.1 | 79.95 |
| Diciembre | 2018 | 31.99 | 18.23 | 25.11 | 1.5 | 79.59 |
| Enero | 2019 | 33.60 | 20.90 | 27.25 | 0.2 | 78.80 |
| Febrero | 2019 | 33.30 | 21.85 | 27.57 | 106.7 | 79.57 |
| Marzo | 2019 | 33.95 | 20.52 | 27.23 | 16.9 | 80.30 |
| Abril | 2019 | 32.76 | 19.40 | 26.08 | 21.3 | 80.57 |
| Mayo | 2019 | 31.33 | 17.48 | 24.41 | 0 | 80.34 |
| Junio | 2019 | 28.91 | 14.95 | 21.93 | 0 | 78.55 |
| Promedio | | 31.13 | 17.66 | 24.39 | 79.43 | 9.08 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, (2018-2019).

ANEXO 03:

Datos de Precipitación Estación Cueva Blanca, periodo Enero de 2018 a Junio de 2019.

Departamento : LAMBAYEQUE Provincia : FERREÑAFE Distrito : INCAHUASI
Latitud : 6°7'52.68" S Longitud : 79°24'16.2" W Altitud : 3300 msnm.

| MES | AÑO | Precipit. (mm) |
|-----------------|------|----------------|
| Enero | 2018 | 134.40 |
| Febrero | 2018 | 59.30 |
| Marzo | 2018 | 98.20 |
| Abril | 2018 | 115.80 |
| Mayo | 2018 | 221.60 |
| Junio | 2018 | 14.10 |
| Julio | 2018 | 8.40 |
| Agosto | 2018 | 2.90 |
| Setiembre | 2018 | 8.90 |
| Octubre | 2018 | 40.80 |
| Noviembre | 2018 | 100.20 |
| Diciembre | 2018 | 59.20 |
| Enero | 2019 | 66.00 |
| Febrero | 2019 | 169.80 |
| Marzo | 2019 | 118.40 |
| Abril | 2019 | 208.20 |
| Mayo | 2019 | 50.60 |
| Junio | 2019 | 6.00 |
| Promedio | | 82.38 |

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, (2018-2019).