

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**“EFECTO DE PROFUNDIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL  
MACOLLAMIENTO DE *Saccharum officinarum* L. “CAÑA DE  
AZUCAR” EN EL VALLE HUAURA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**SMITH MARLOM BARILLAS GARCIA**

**HUACHO-PERU**

**2020**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO  
SÁNCHEZ CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**“EFECTO DE PROFUNDIDAD DE SIEMBRA SOBRE EL  
MACOLLAMIENTO DE *Saccharum officinarum* L. “CAÑA DE  
AZUCAR” EN EL VALLE HUAURA”**

**Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador**



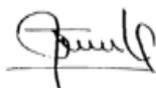
---

**Dr. Dionicio Belisario Luis Olivas**  
**Presidente**



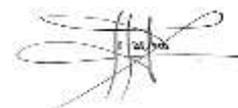
---

**Dra. María del Rosario Utia Pineda**  
**Secretaria**



---

**Mg. Sc. Teodosio Celso Quispe Ojeda**  
**Vocal**



---

**Dr. Edison Goethe Palomares Anselmo**  
**Asesor**

**HUACHO-PERU**

**2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por facilitarme sabiduría, entendimiento y perseverancia en este camino.

A los cañicultores del sector Sta. Inés, Sayán, a quienes dedico esta investigación, donde gesté la idea.

A mis padres quienes me dieron la vida, educación y consejos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por ser mi alma mater y haberme acogido en sus aulas durante el pregrado.

Un agradecimiento muy especial a mi asesor Dr. Edison Palomares Anselmo, por compartir sus conocimientos y dedicación al asesorarme en este trabajo de investigación.

A mi familia que es la razón de mí ser, porque a ellos debo mi formación profesional, gracias por sus consejos y por creer en mí.

Quiero agradecer a todos mis buenos amigos, porque de alguna manera han tomado parte de mi formación profesional.

# ÍNDICE

	Pag.
PORTADA	
CONTRAPORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN.	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	12
2.1 Antecedentes de la investigación	12
2.1.1 Investigaciones en el extranjero.	12
2.1.2 Investigaciones nacionales	13
2.2 Bases teóricas.	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Lugar de ejecución	24
3.2 Equipos, materiales e insumos	24
3.3 Área, Sector y Programa	25
3.4 Tipo de investigación	25
3.5 Población y muestra	25
3.6 Determinación de variables e indicadores	26
3.7 Diseño estadístico	27
3.8 Técnicas e instrumentos para la obtención de datos	28
3.9 Procesamiento y análisis estadístico de datos.	28
3.10 Características de medio ambiente	29
3.11 Conducción del experimento.	31
IV. RESULTADOS	33
4.1. Efecto de profundidad de siembra en porcentaje de emergencia.	33
4.2. Efecto de profundidad de siembra en número de brotes por planta.	35
4.3. Efecto de profundidad de siembra en número de nudos por planta.	37
4.4. Efecto de tratamientos de profundidad de siembra en factores de calidad.	39
4.5 Efecto de profundidad de siembra en rendimiento de caña por ha.	40

V. DISCUSION.	42
VI. CONCLUSIONES	44
VII. RECOMENDACIONES	45
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
ANEXOS	49
ANEXO 1 INTERPRETACIÓN DE UN ANÁLISIS DE MADURACIÓN.	50
ANEXO 2 DATOS DE CAMPO.	51
ANEXO 3 INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO EN CAÑA DE AZÚCAR	52
ANEXO 4 SIEMBRA Y EVALUACION DEL EXPERIMENTO DE CAÑA.	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Tratamientos utilizados.	26
Tabla 2.	Prueba de Análisis de Varianza (anva)	28
Tabla 3.	Información meteorológica durante el experimento.	29
Tabla 4.	Análisis de varianza del porcentaje de germinación de la caña	33
Tabla 5.	Prueba Tukey de promedios de porcentaje de emergencia.	34
Tabla 6.	Análisis de varianza del promedio de brotes emergidos	35
Tabla 7.	Prueba Tukey del comparativo de promedios de brotes emergidos	36
Tabla 8.	Análisis de la variancia del promedio de N° de nudos por planta	37
Tabla 9.	Prueba Tukey comparativos promedios de N° de nudos por planta.	38
Tabla 10.	Análisis de maduración. Fecha final: abril del 2019	39
Tabla 11.	Análisis de variancia del promedio de rendimiento abril 2019	40
Tabla 12.	Prueba Tukey del comparativo de promedios de rendimiento	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Porcentaje de emergencia de la caña de azúcar	34
Figura 2.	Promedio del N° de brotes por planta.	36
Figura 3.	Promedio del N° de nudos por planta	38
Figura 4.	Promedio del rendimiento por tratamiento a la cosecha.	41

Efecto de profundidad de siembra sobre el macollamiento de *saccharum officinarum l.*  
“caña de azúcar” en el valle Huaura

Effect of sowing depth on the tillering of *saccharum officinarum l.* "Sugar cane" in the  
valley Huaura

Smith Barillas<sup>1</sup>, Edison Palomares<sup>1</sup>, Dionicio Luis<sup>1</sup>, María del Rosario Útia<sup>1</sup>, Celso Quispe<sup>1</sup>

**RESUMEN**

**Objetivo:** determinar el efecto de la profundidad de siembra sobre el macollamiento y el comportamiento agronómico de *Saccharum officinarum L.* “Caña de azúcar”, en el valle Huaura. **Métodos:** La investigación se realizó en el potrero San Tolentino, sector Santa Inés, distrito Sayán, se empleó el diseño de bloques completo al azar, el análisis de varianza y la prueba de Tukey con  $\alpha = 0.05$ , con cuatro bloques y seis tratamientos consistente en 3, 4, 6, 8, 10 y 12 cm de profundidad de siembra, las variables evaluadas fueron: porcentaje de emergencia, número de brotes, número de nudos por tallo, factores de calidad y rendimiento/ha.

**Resultados:** El tratamiento de 06 cm de profundidad (T3) superó estadísticamente en porcentaje de emergencia, número de brotes, número de nudos, factores de calidad y rendimiento. El tratamiento T3 permitió el mayor número de brotes, mayor promedio de número de nudos 14.15, El comportamiento de los factores de calidad favoreció en valores de calidad al tratamiento T3, El incremento debido al efecto de la profundidad de siembra en el rendimiento indica que el primer lugar lo ocupó el tratamiento T3 con un rendimiento de 180.82 t/ha<sup>-1</sup>. **Conclusión:** En relación al efecto de profundidad de siembra sobre el número de brotes o macollamiento, el tratamiento T3 con 6 cm de profundidad permitió el mayor número de brotes con promedio de 13.53 brotes por metro lineal, referente al rendimiento indica que la profundidad de siembra de 6 cm incrementa la producción por encima del testigo en 11.09 t/ha<sup>-1</sup>.

Palabras clave: profundidad de siembra, macollamiento, factores de calidad, rendimiento

---

<sup>1</sup> Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión Huacho, Perú.

Efecto de profundidad de siembra sobre el macollamiento de *saccharum officinarum* L.

Caña de azúcar en el valle de Huaura.

Effect of sowing depth on the tillering of *saccharum officinarum* L. "Sugar cane" in the valley of Huaura.

Smith Barillas <sup>1</sup>, Edison Palomares <sup>1</sup>, Dionicio Luis<sup>1</sup> María del Rosario Útia<sup>1</sup>, Celso Quispe <sup>1</sup>

#### ABSTRAC

**Objective:** to determine the effect of planting depth on the clumping and agronomic behavior of *Saccharum officinarum* L. "Sugarcane", in the Huaura valley. **Methods:** The investigation was carried out in the San Tolentino pasture, Santa Inés sector, Sayán district, the randomized complete block design, the analysis of variance and the Tukey test with  $\alpha = 0.05$ , with four blocks and six consistent treatments were used In 3, 4, 6, 8, 10 and 12 cm planting depth, the variables evaluated were: emergency percentage, number of shoots, number of knots per stem, quality and yield / ha factors. **Results:** The treatment of 06 cm depth (T3) statistically exceeded in emergency percentage, number of outbreaks, number of nodes, quality and performance factors. The T3 treatment allowed the highest number of outbreaks, the highest average number of nodes 14.15, The behavior of the quality factors favored the T3 treatment in quality values. The increase due to the effect of the planting depth on the yield indicates that the The T3 treatment was first occupied with a yield of 180.82 t / ha-1. **Conclusion:** In relation to the effect of planting depth on the number of shoots or clumping, the T3 treatment with 6 cm depth allowed the highest number of shoots with an average of 13.53 shoots per linear meter, referring to the yield indicates that the planting depth 6 cm increases production above the control by 11.09 t / ha-1. **Key words:** depth of sowing, tillering, quality factors, yield.

---

<sup>1</sup> José Faustino Sánchez National University Carrión Huacho, Perú.

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país la caña de azúcar es cultivada en costa, valles interandinos y selva, siendo el porcentaje más significativo en cuanto a siembras la costa, por su condiciones adecuadas de clima edáfica lo que garantiza el cultivo desde siembra a cosecha a lo largo de todo el año, con rendimientos bastantes aceptables, incluso excelentes rendimientos. En relación de la producción de la caña de azúcar del total de las hectáreas sembradas y su uso industrial el 65% están en manos de 10 ingenios azucareros y el 35% en manos de los agricultores cañeros particulares. (Minagri, 2010).

Una de las problemáticas que se presenta en el cultivo de *Saccharum officinarum* L “caña de azúcar” en la zona de producción del sector Santa Inés perteneciente al distrito de Sayan, es la brotación tardía de las plantas de caña y su bajo macollamiento, incluso muchas de las veces las estacas no brotan, a opinión de los productores mucho tiene que ver con la profundidad de siembra, la falta de información actualizada y la divulgación de las mismas en el valle son de importancia para la solución del problema planteado, los mismos que inciden directamente en rendimiento perjudicando su rentabilidad.

Por el problema expuesto se espera, contribuir a esclarecer mediante este estudio el efecto de la profundidad de siembra sobre el macollamiento de “Caña de azúcar” en el valle Huaura, cuál sería la profundidad ideal para su óptima brotación y su efecto sobre el macollamiento de la planta de *Saccharum officinarum* L “caña de azúcar”.

Identificar el efecto de profundidad de siembra sobre el número de brotes de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar” en el valle de Huaura. Precisar el efecto de profundidad de siembra sobre el periodo de brotación de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar” en el valle de Huaura. Identificar el efecto de profundidad de siembra sobre el porcentaje de germinación de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar” en el valle de Huaura.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA.**

### **2.1 Antecedentes de la investigación**

#### **2.1.1 Investigaciones en el extranjero**

En una investigación realizada en Venezuela con el objeto de determinar los efectos de la profundidad de siembra sobre la germinación y el encepamiento de la caña de azúcar, y otros parámetros como: grosor, longitud, peso, números de entrenudos y número de chupones, en la variedad PR 61632, se montó este experimento con seis profundidades diferentes de 2, 5, 7, 15 y 20 cm., respectivamente, entre replicaciones. El experimento se llevó a cabo en la Hacienda La Esperanza, propiedad de los señores Juan H. Pérez y Rafael Pérez, situada en el caserío Las Veras, Carora, Estado Lara. Los datos obtenidos en los distintos parámetros medidos, fueron analizados para obtener un estimado de los efectos ocasionados por la profundidad de siembra y la interacción de dichos parámetros entre sí; y para ser comparados posteriormente con la productividad del cultivo. Los datos de porcentaje de germinación evidenciaron diferencias significativas al nivel del 5% entre tratamientos; determinando un rango de profundidad de siembra satisfactorio entre 5 cm. y 15 cm., al ser aplicada la prueba de rango múltiple de Duncan. En cambio los resultados obtenidos en el encepamiento no registran diferencias significativas al nivel del 10% entre tratamientos, pero al ser aplicada la prueba de rango múltiple de Duncan, se observa que, a medida que el porcentaje de germinación es mayor, el encepamiento se hace menor y viceversa. En cuanto al grosor de los tallos molibles, existe una relación directa con la profundidad de la siembra, ya que al aumentar o disminuir ésta, también se registra un aumento o disminución en el grosor de los tallos; independientemente de los efectos que ocasionan el porcentaje de germinación y el encepamiento. La longitud de los tallos molibles está influenciada indirectamente con el encepamiento, esto es debido a la competencia registrada entre éstos (Pérez y Ortega, 1982).

Según Flores (1976), en una investigación realizada en Guatemala, se afirma que la brotación es un proceso mediante el cual el estado latente de crecimiento se transforma en estado activo y se da en las zonas meristemáticas no diferenciadas, llamadas yemas, éstas se desarrollan formando paulatinamente una planta, las yemas de la planta de caña de azúcar *Saccharum officinarum L*, no entran en actividad mientras la planta se encuentre enraizada al suelo, es que el meristemo apical ejerce dominancia, produciendo una hormona que hace que se inhiba la brotación lateral (la hormona se produce en la raíz y se transloca hacia el meristemo, a esto se le llama dominancia apical, al cortarse los esquejes o eliminar el cogollo se rompe la dominancia apical y las yemas laterales pueden brotar,

### **2.1.2 Investigaciones nacionales**

En una investigación realizada en la Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ciencias Agrarias Trujillo, se menciona en sus antecedentes de la investigación, que el cubrimiento de la semilla se realiza de maneras diferentes: de forma manual con la utilización de una lampa, con la tracción animal o también se puede realizar mecánicamente. En relación a la profundidad de siembra puede hacerse entre 20 a 25cm, con una separación entre surco de 1.30 m a 1.50 m. Las estacas semilla debe de taparse con 5 cm de suelo, el grosor de la tierra que se utiliza para tapar la semilla influye en la germinación y el establecimiento de la población, así también el desarrollo precoz de las plantas. Se ha reportado que semillas cubiertas con 2.5, 5.0 y 7.5 cm respectivamente de tierra, resultaban en porcentajes de germinación de 96, 93 y 51 respectivamente (Borden 1943, citado por Vera 2013).

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Taxonomía de la caña de azúcar

Osorio (2007) indica que la caña de azúcar botánicamente se clasifica de la forma siguiente:

Reino: Vegetal

Tipo: fanerógamas

Subtipo: Angiospermas

Clase: Monocotiledóneas

Orden: Glumales

Familia: Poáceas

Tribu: Andropogoneas

Género: *Saccharum*

Especie: *Spontaneum* y *robustum*,

*(silvestre)*, *edule*, *barberi*,

*sinense* y *officinarum*

### 2.2.2 Morfología de la caña de azúcar

Investigando sobre morfología señala que de acuerdo a la literatura científica del Perú, la descripción morfológica externa de variedades de caña de azúcar es muy escasa, afirmando que la falta de información crea confusión y duda sobre la identificación de las variedades (Helfgott, 1997).

#### 2.2.2.1 La raíz

Estudios realizados por Sánchez (1972), ha comprobado que la caña de azúcar dispone de dos tipos de raíces, las cuales son: raíces primordiales que nacen de los meristemos radiculares, son delgadas y ramificadas y las raíces permanentes las cuales brotan cuando se desarrollan los tallos nuevos, como consecuencia del macollamiento siendo de mayor diámetro, menos

fibrosas con crecimiento rápido, protegido por la cofia que le permite penetrar entre las partículas del suelo.

#### **2.2.2.2 El tallo**

Uno de los órganos de mayor importancia en la planta, donde el total de azúcares son almacenadas, la aglomeración de los tallos forma cepas, originadas de yemas de nuevos brotes subterráneos, dependiendo de las variedades el número, el diámetro, el color y el hábito de crecimiento del tallo (Amaya et al., 1995).

#### **2.2.2.3 La hoja**

De los nudos se origina la hoja y su distribución es alterna a lo largo del tallo a medida que va creciendo, la hoja está formada de una lámina foliar y la vaina; siendo la unión denominada lígula y en el extremo de ella hay una aurícula con pubescencia variable. Para el proceso de la fotosíntesis la lámina foliar es la parte más importante y su con las variedades difiere su disposición siendo las más conocidas la pendulosa y la erecta. Los bordes tienen prominencias continuas aserradas cuya longitud y número fluctúan con la variedad (Amaya et al., 1995; Bull, 2000).

#### **2.2.2.4 El nudo**

El nudo es fibroso y la parte más dura que tiene como finalidad separar dos entrenudos colindantes o continuos en el tallo. El nudo lo conforma el anillo de crecimiento, la franja o banda de raíces, la cicatriz de la hoja, la yema, el anillo ceroso, pero en cada variedad la forma de la yema y su pubescencia son diferentes y por eso son usualmente usadas para su reconocimiento (López, 2015).

### **2.2.2.5 El entrenudo**

El entrenudo se ubica entre dos nudos, es parte del tallo cuyo grosor, color, su aspecto y la extensión varía con la variedad. Por otro lado es de carácter genético su color, pudiéndose dar por condiciones ambientales. Su forma por lo regular es cilíndrica abarrilada, constreñida, coneiforme y curvada (López, 2015)

### **2.2.2.6 Flor**

La caña de azúcar posee flores bisexuales de un óvulo en una inflorescencia sedosa en panícula formando una especie de espiga. Estas espiguillas se ubican a lo largo de un raquis que contienen las flores hermafroditas con tres anteras y ovario con dos estigmas. Cada una de las flores está rodeada de unas pubescencias largas, que le dan un aspecto sedoso a la inflorescencia. Para que se dé la floración tienen que ocurrir ciertas condiciones ambientales favorables tanto en temperatura, fotoperiodo, agua y niveles de nutrientes en el suelo (Cenicaña, 1994).

### **2.2.2.7 Inflorescencia**

La caña de azúcar tiene una inflorescencia en panícula tipo sedosa que tiene la forma de una espiga, constituida por un eje central con ciertas articulaciones, donde se insertan las espiguillas una frente a la otra; estas a la vez contienen un flor hermafrodita con tres anteras y dos estigmas en un solo ovario, la flor está rodeada por pubescencias largas que le dan a la inflorescencia una apariencia sedosa, cada ovario tiene un solo óvulo, el mismo que al ser fertilizado da origen al fruto llamado cariósido, Por lo que generalmente se conoce como semilla sin embargo es una cariósido. El fruto es ovalado de 0.5 mm de largo aproximadamente (Cassalett et al., 1995).

### **2.2.2.8 Fruto**

El fruto de la caña de azúcar es un cariósipide que de largo mide cerca de 1.5 mm y tiene un diámetro transversal de 0.5 mm, por lo general estéril, la semilla de todos los géneros excepto el género *Saccharum edule* son fértiles, muy pequeña, teniendo una polinización anemófila. (Dillewijn, 1952).

### **2.2.2.9 Semilla Botánica**

La semilla de todos los géneros excepto el género *Saccharum edule* son fértiles, muy pequeña, teniendo una polinización anemófila (Dillewijn 1952).

### **2.2.2.10 Semilla Vegetativa**

La semilla vegetativa se utiliza en la siembra de la caña de azúcar, a los cuales que se le conoce como esquejes, los mismos que son pedazos de tallos de 50 a 60 cm de longitud, consistiendo la siembra en colocar los esquejes en forma traslapada de acuerdo a la densidad de siembra en el surco, teniendo en cuenta que cada material vegetativo posee entre 3 a 4 yemas (Infoagro, 2008).

## **2.2.3 Aspectos climáticos que requiere el cultivo de caña**

### **2.2.3.1 Precipitación**

En la producción de caña de azúcar el agua es un factor indispensable para poder formarse los carbohidratos o azúcares, la necesidad hídrica de la caña de azúcar es de 8 a 9 mm de agua por hectárea al día durante el verano y en la época de invierno entre 3 a 4 mm por hectárea por día (García et al., 2007).

### **2.2.3.2 Temperatura**

El proceso de germinación y desarrollo de la caña de azúcar tiene como factores relevantes los efectos de humedad y temperatura. Las temperaturas óptimas tanto para germinación de yemas o para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar están entre los 27 a 33 °C. Empieza a ver dificultad en crecimiento cuando la temperatura está en 20 °C y si esta baja más el

crecimiento tiende a paralizar, por otro lado si la temperatura sobrepasa los 35 °C empieza a aumentar la respiración y por lo tanto disminuye la tasa de fotosíntesis lo cual incide en reducir crecimiento y se traduce en una menor acumulación de materia seca. Además con temperaturas superiores a 36 °C las plantas de caña de azúcar pueden mostrar señales de marchitez, aunque exista buena reserva de agua en el suelo. El macollamiento está influenciado por las variaciones de temperatura nocturna y diurna, cuando esta fluctuación llegan a 26 °C se favorece esta característica y puede reducirse si los valores promedios es menor a 21 °C (Subíros, 2013).

### **2.2.3.3 La radiación**

Arias (2008) en un estudio sobre radiación afirma que es la principal fuente de energía de las plantas. Siendo la caña de azúcar una planta que pertenece al tipo de plantas C4 por lo que tiene capacidad de poder fijar más eficientemente la radiación solar. La formación clorofílica es proporcional a la duración e intensidad de las radiaciones luminosas. Así también la absorción de agua, absorción de nutrientes y la transpiración es afectada por la cantidad de radiación solar.

### **2.2.4 Etapas fenológicas del cultivo**

En su texto sobre fisiología de la caña de azúcar se muestra en forma clara y precisa el comportamiento fisiológico en sus diferentes etapas de su desarrollo, remarcando en los factores que influyen en ellas, referenciando otras experiencias se señalan que en la fenología de la caña de azúcar es importante distinguir y conocer las siguientes etapas: germinación, macollaje, crecimiento y maduración, factores que influyen en hacer un mejor manejo de las variedades en el cultivo comercial, así también como permiten generar tecnologías que hagan más eficientes estas etapas (Camargo, 1976).

#### **2.2.4.1 Germinación y emergencia.**

La germinación y la emergencia normalmente empieza entre la tercera y cuarta semana de realizada la siembra o plantación. En relación a la velocidad de germinación y su respectivo desarrollo de las yemas estas disminuyen cuando la temperatura del suelo es inferior a 18 °C y cuando la temperatura del suelo baja a 6 °C el desarrollo se paraliza, la germinación finaliza cuando los meristemas radicales ubicados en la banda de raíces en los entrenudos del tallo y la semilla, emiten las raíces primordiales. (Cabrera, 1944; Sánchez, 1972).

#### **2.2.4.2 Desarrollo vegetativo**

El termino desarrollo corresponde a una serie de transformaciones de tipo morfológico y fisiológico que ocurre en la planta en forma continua. El clima y los factores que en el intervienen tales como la temperatura, luminosidad, humedad relativa y capacidad de campo del suelo cultivado, determina el desarrollo y producción de cosecha. El gran periodo de desarrollo se basa en que durante las primeras fases, los órganos de asimilación y absorción están constituidos por hojas y raíces muy pequeñas que desempeñan sus funciones en forma limitada produciendo materia también limitada. A medida que estos órganos aumentan en número, tamaño y área, las funciones metabólicas de la planta crecen correspondiéndole un aumento en materia, tamaño y peso (Sánchez, 1972).

#### **2.2.4.3 Fisiología de la brotación**

La caña de azúcar cuando es cortada comienza un proceso de inversión de la azúcar sacarosa a otros productos no cristalizados como son los azúcares: la glucosa y la fructosa y todo este trabajo realizado exclusivamente por la bacteria *Leuconostae* y debido a la enzima invertasa. La brotación de yemas en la caña de azúcar está directamente influenciada por el contenido de glucosa, es por esta razón que la planta necesita invertir parte de su sacarosa para poder bloquear el estímulo de la dominancia apical. En cambio cuando la planta de caña de azúcar florece empieza a consumir los azúcares reductores del cogollo y si no hacemos nada por evitar

esto entonces la planta comienza a invertir sacarosa para el desarrollo de yemas superiores, por lo mismo que aumenta el porcentaje de glucosa al momento del corte de la caña de azúcar (Buenaventura, 1990).

Es importante distinguir que existen auxinas que retrasan la germinación de la semilla de caña de azúcar inhibiéndola o debilitándolo sobre todo en semillas mayores de 10 meses que poseen yemas corchosas. Así también se puede decir que corresponden a entre nudos con alto porcentaje de sacarosa que no alcanzan a invertir para poder acelerar la brotación hay que tener en cuenta que mientras más longitud tenga el trozo de semilla más retarda la brotación de las yemas por el efecto de la dominancia apical (Buenaventura, 1990).

#### **2.2.4.4 Periodo de macollamiento**

Proceso de crecimiento de los nuevos brotes que formarán la cepa. La plantía que nació de la yema original empieza formando nudos y entrenudos, los cuales a su vez tienen yemas y primordios radicales, debido a las condiciones favorables de temperatura y humedad se promueve la brotación de dichas yemas, las que dan lugar a nuevos tallos y así sucesivamente va incrementando gran número de plantías, hasta que se forma la cepa (Flores, 1976).

#### **2.2.4.5 Rápido crecimiento**

El cultivo de la caña de azúcar tiene una etapa donde la formación de sus tallos y elongación de los mismos se da con mayor velocidad o rapidez, así también adquiere su máxima área foliar debido a la gran acumulación de materia seca en esta fase. Esta fase puede prolongarse debido a la variedad utilizada, a la temperatura medio ambiental y la humedad del lugar, pero como referencia se puede afirmar que empieza a los 120 días después de la siembra y aproximadamente a los 180 días queda la población de tallos definida teniendo en cuenta que la sobrevivencia es del 40 % al 50 % de los retoños. En esta etapa la caña de azúcar requiere temperaturas arriba de los 30 °C, buena retentividad de humedad y también buena disponibilidad de nutrientes (FIRA, 2010).

#### **2.2.4.6 Maduración**

La maduración es una fase de desarrollo de la caña de azúcar en donde se da la síntesis y acumulación del azúcar sacarosa en sus tallos. La maduración de la caña de azúcar se realiza de la base hacia el ápice de la planta. Esta etapa tiene una duración de 2 a 3 meses. Dentro de los factores que favorecen la acumulación de sacarosa son la presencia de noches frescas con temperaturas alrededor de 18 °C, días con mucho calor y secos, estos factores inhiben el crecimiento de las plantas, mientras que aplicaciones elevadas o a destiempo de nitrógeno, tienen efecto negativo porque la maduración se ve retardada (FIRA, 2010).

Un factor de mucha importancia como factor intrínseco son los llamados cultivares o variedades de caña de azúcar, denotándose entre variedades diferencia en modalidad y producción de azúcares por hectárea (Romero et al., 2012).

#### **2.2.4.7 Cosecha**

El trabajo de la recolección se realiza entre los once meses y dieciséis meses o sea hasta cuando los tallos paralizan su crecimiento, las hojas marchitan y caen, volviéndose quebradiza la corteza de la capa, quemándose luego el cañaveral con el fin de eliminar malezas que dificultan el corte de caña, así también plagas, ratas, víboras que pudieran originar algún peligro para los cortadores. La mayor parte de la zafra o recolección sigue haciéndose manualmente y se lo realiza con un machete grande de acero que tiene una hoja de 50 cm de longitud y 13 de ancho, además posee un pequeño gancho y una empuñadura de madera. Es necesario cortar la caña cerca del suelo y por el extremo superior cerca del último nudo maduro, una vez cortada se apilan a lo largo del campo, donde después es recogido a máquina para su transporte a la fábrica (Conadesuca, 2015).

#### **2.2.5 Materia orgánica del suelo**

Refiriéndose a la materia orgánica afirman que pueden clasificarse en dos categorías, siendo la primera conformada por material relativamente estable, llamado humus, resistente a una

rápida descomposición ulterior y la segunda categoría está constituida por aquellos materiales de rápida descomposición como son los residuos frescos de cosechas recientes o aquellos que por descomposición se acercan a un grado de estabilidad (Tisdale, 1987; Duchaufour, 1984).

### **2.2.6 Abonos orgánicos aplicados al suelo**

Cuando son aplicados al suelo los abonos orgánicos entonces la actividad biológica es activada, esto involucra actividad a nivel de intercambio de nutrientes, contenido de materia orgánica, el balance hídrico, así también la estructura del suelo. Por lo que debido a este cambio los suelos están menos expuestos a la erosión, poseen mayor capacidad de retención de nutrientes y un suelo suelto para un mejor desarrollo radicular, lo que implicará mejor eficiencia de los fertilizantes minerales, contribuyendo a una mayor producción y un uso del suelo más económico (Guerrero, 1993).

### **2.2.7 Tipos de fertilizantes minerales**

La urea fertilizante de mayor riqueza cuya ley es 46 % de nitrógeno en forma amídica el cual tiene que pasar a ion nitrato para que el cultivo pueda absorberla. Su presentación generalmente es en forma granulada, El superfostato triple de calcio se presenta en forma granulada conteniendo 46 % de  $P_2O_5$ , no se utiliza en fertirriego por su baja solubilidad y El cloruro de potasio con alta riqueza en potasio su presentación es en forma de cristales colores blanco, gris o rosado, con 60% de  $K_2O$  (Villagarcia, 1994).

### **2.2.8 Descomposición de materia orgánica**

Cuando los tejidos orgánicos son frescos y son agregados al suelo entonces la acción microbiana empieza a descomponer simultáneamente todos los tejidos orgánicos. Los compuestos como azúcares y proteínas su descomposición es más sencilla, mientras que los compuestos complejos como ligninas es un poco más resistente (Brady, 1990).

### **2.2.9 Estiércoles**

Las deyecciones líquidas y sólidas son compuestos que muchas veces son desechos del proceso de digestión de animales, pero tienen su importancia porque con la incorporación del estiércol hay aporte de nutrientes, incremento de la retención de humedad y también hace que mejore la actividad microbiológica del suelo. Los más comunes son los de ovinos, vacunos, porcino, gallinaza, entre otros (Salazar, 2001).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de ejecución**

El ensayo experimental, se realizó en el potrero agrícola San Tolentino, sector Santa Inés, perteneciente a la empresa Azucarera Andahuasi S.A., ubicado cerca al centro poblado de Andahuasí, en el distrito de Sayán, provincia de Huaura, departamento de Lima, geográficamente el área se localiza en las coordenadas: UTM: Este 250328.39205265572 m, 8768064.51955999 m, 18, Sur y a una altura de 700 msnm.

#### **3.2 Equipos, materiales e insumos**

##### **3.2.1 Equipos**

- Refractómetro.
- Polarímetro.
- Balanza de plataforma.
- Bomba de mochila.

##### **3.2.2 Materiales**

- Vernier.
- balanza
- Letreros
- Wincha.
- baldes
- lampa
- estacas
- machete
- rafia

##### **3.2.3 Insumos**

- Tercios de caña semilla
- Fertilizantes
- Cal
- Abono orgánico.

### **3.3 Área Sector y Programa**

Código: 0101 0105

Área: Producción y Competitividad

Sector: Agricultura, agroindustria y Agro Exportación.

Subsector Agrícola: 0101 01 Agrícola.

Programa: Estudios de fenología para mejorar el manejo agronómico de los cultivos.

### **3.4 Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación desde el punto de vista de su finalidad responde a un tipo de investigación llamada investigación aplicada por que toma lo que en materia de conocimiento, ha logrado la investigación pura a efecto de hacer un serio esfuerzo por convertirlo en tecnologías. Según el carácter de medida esta investigación a la vez es del tipo de investigación cuantitativa porque se centra fundamentalmente en los aspectos observables y susceptibles de cuantificación, para ello utiliza metodología empírico-analítica y se sirve de pruebas estadísticas para el análisis de datos, para alcanzar los objetivos del presente trabajo y comprobar las hipótesis planteadas.

### **3.5 Población y muestra**

#### **3.5.1 Población**

Está conformado por los cañaverales de los potreros del sector Santa Inés, perteneciente a la empresa azucarera Andahuasi.

#### **3.5.2 Muestra**

Se considerará 240 plantas de caña de azúcar en total (10 plantas por 6 tratamientos por 4 repeticiones).

### 3.6 Determinación de variables e indicadores

En el presente trabajo de investigación se evaluó los siguientes factores:

#### 3.6.1 Variables independientes

Los factores a estudiar fueron los siguientes:

X<sub>1</sub>: profundidades de siembra

Tabla 1

*Tratamientos utilizados*

Tratamientos	Profundidades de siembra
T1	3 cm.
T2	4 cm.
T3	6 cm.
T4 (testigo)	8 cm.
T5	10 cm.
T6	12 cm.

Fuente: elaboración propia del autor

#### 3.6.2 Variables dependientes (Y)

Se realizó las siguientes evaluaciones en diez plantas del surco central de cada unidad experimental.

##### 3.6.2.1 Porcentaje de emergencia.

Se evaluó diario el porcentaje de emergencia de *Saccharum officinarum* L. “caña de azúcar” en los tres surcos de cada unidad experimental, hasta los 35 días después de la siembra.

##### 3.6.2.2 Número de brotes/planta.

Se cuantificó el número de brotes por tratamiento, desde los 45 días hasta los 4 meses después de la siembra, las evaluaciones se realizaron semanalmente.

##### 3.6.2.3 Número de nudos

Se evaluó semanalmente el número de entrenudos de *Saccharum officinarum* L. “caña

de azúcar”

#### **3.6.2.4 Grados brix (%).**

Porcentaje de sólidos solubles totales en el jugo de caña y se lo determinó empleando un refractómetro. Se tomó 1 muestra por cada unidad experimental.

#### **3.6.2.5 El pol (%) en caña,**

Azucres solubles existentes en el jugo de la caña que ocasionan una determinada rotación de la luz polarizada, hacia la derecha (dextrógiro) o hacia la izquierda (levógiro) se determinó usando el polarímetro. Se tomó 1 muestra por unidad experimental.

#### **3.6.2.6 La sacarosa (%)**

Se determinó según los resultados y comparándolos con los valores promedios:

Menos del 12 % ..... Bajo

12.0 – 13.0 % ..... Bueno

Mayor de 13.0 % ..... Excelente

Se tomó 1 muestra por unidad experimental.

#### **3.6.2.7 Rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>)**

Para determinar esta variable se procedió a la pesada de una caña promedio por unidad experimental proyectándose luego por ha.

### **3.7 Diseño estadístico**

Al tratarse de una investigación de tipo experimental; el diseño estadístico fue de bloques completamente al azar DBCA el cual constará de 6 tratamientos con 4 repeticiones, para la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey a un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

Modelo aditivo lineal: 
$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  : Medición de la variable respuesta.

- $\mu$  : Efecto de la media general.
- $\alpha_i$  : Efecto de la i-ésimo block o repetición.
- $\beta_j$  : Efecto de la j-ésimo tratamiento.
- $\varepsilon_{ij}$  : Efecto del error experimental.

Tabla 2

*Prueba de Análisis de Varianza (ANVA)*

Fuente de Variabilidad	SC	Gl	CM	Fcal	Fcal		Signif.
					0.05	0.01	
Bloques	SCB	3	SCB/3	CMB/CME	-	-	-
Tratamientos	SCTrat	5	SCTrat/5	CMTrat/CME	-	-	-
Error	SCE	15	SCE/15	-	-	-	-
TOTAL	SCT	23					

Fuente: elaboración propia del autor

**3.8 Técnicas e instrumentos para la obtención de datos**

Referente al registro de la información de evaluaciones biométricas en campo, se realizó con un formato cartilla, donde se registró todas las variables dependientes.

**3.9 Procesamiento y análisis estadístico de datos**

El procesamiento y análisis se ejecutó con el software estadístico InfoStat desarrollado por docentes – investigadores de estadística, biometría y de diseño de experimentos de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina), versión estudiantil. Se aplicó el Análisis de la variancia y para hacer las comparaciones entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey con un margen de error de  $\alpha = 0.05$ .

**3.10 Características de medio ambiente.**

Como se puede apreciar en la Tabla 3, se observa que se presentaron temperaturas promedio mínimo de 16 °C y máximo de 30 °C entre enero y diciembre respectivamente, siendo estas condiciones favorables para el buen desarrollo vegetativo, para luego en la madurez realizar el

agoste de la caña de azúcar para que pueda concentrar sacarosa en pleno verano siendo esto lo más adecuado, ya que le es favorable altas temperaturas y bajas humedades relativas a la maduración.

Tabla 3

*Información meteorológica durante el experimento*

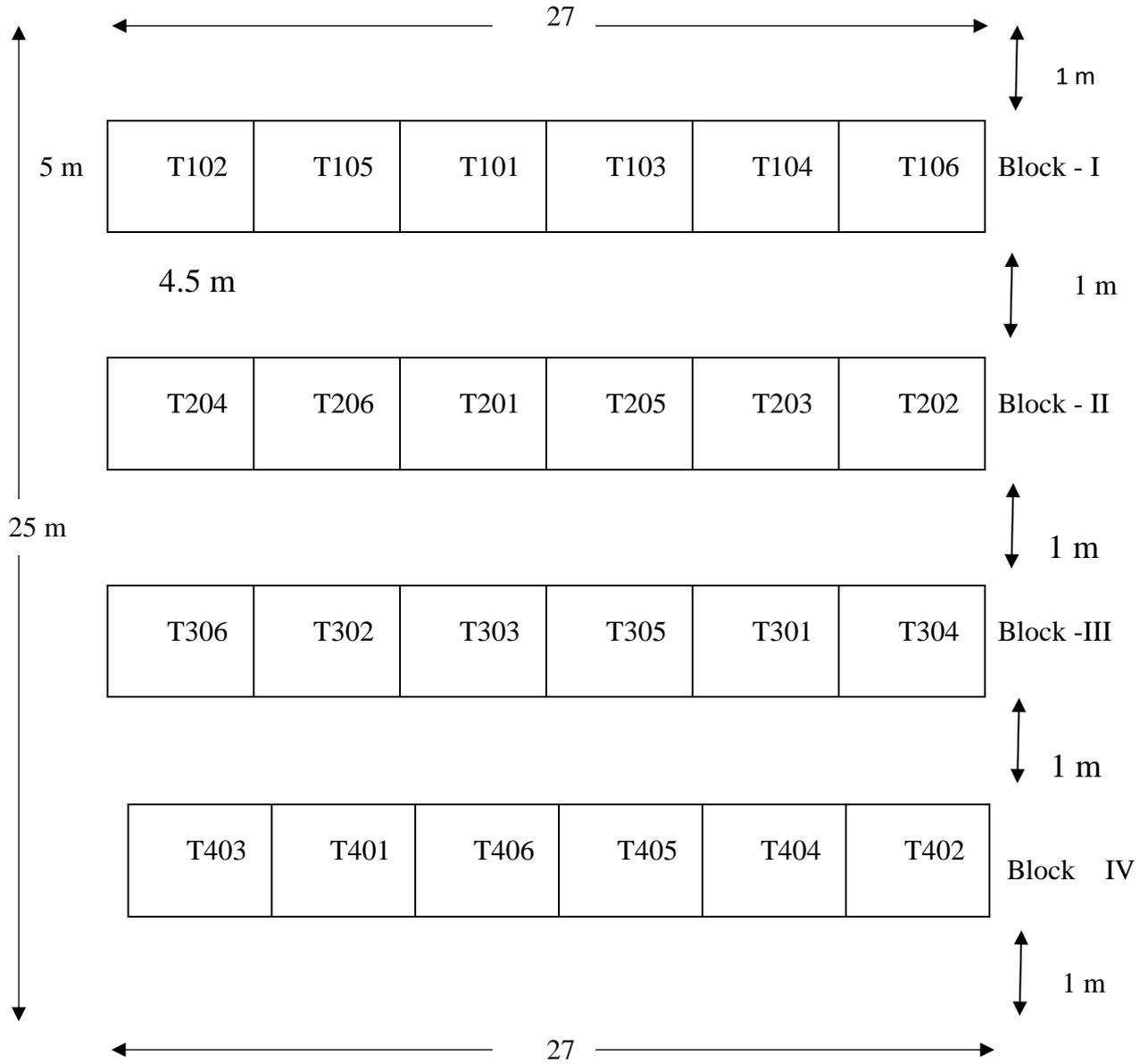
Meses	Temperaturas °C		Humedad relativa
	Mínima	Máxima	(%)
Enero	21.0	28.0	68
Febrero	23.0	29.0	67
Marzo	23.0	30.0	66
Abril	18.0	24.0	69
mayo	16.0	20.0	85
Junio	16.1	19.8	89
Setiembre	16.5	22.5	89
Octubre	17.2	22.9	88
Noviembre	18.5	23.3	87
Diciembre	21.0	24.8	73
Promedio	19.0	24.4	78
Mínimo	16.0	19.8	66
Máximo	23.0	30.0	89

Fuente: Estación Acaray 2018.

**CROQUIS DEL CAMPO DE ENSAYO.**

Área total: 675 m<sup>2</sup>

Área Unidad experimental: 22.5 m<sup>2</sup>



### **3.11 Conducción del experimento**

#### **3.11.1 Preparación del terreno**

Se realizó con la pasada de una grada de 18 discos de 35 pulgadas jalado por un tractor de ruedas de 160 HP con el propósito de airear el suelo lo cual es beneficioso para la flora microbiana, la fauna benéfica del suelo y la nutrición de las plantas; en consecuencia se proporcionó las condiciones favorables para el brotamiento de las yemas de la semilla vegetativa. Seguido se dio dos pasadas de subsolado a 50 cm de profundidad luego se dio una pasada de grada de 24 discos de 32 pulgadas y finalmente se realizó el surcado a 1.5 m entre surco, delimitando el terreno experimental con cordel y yeso, ubicando todos los tratamientos y los bloques a utilizar.

#### **3.11.2 Manejo del cultivo de la caña de azúcar**

Después de realizar las labores preliminares se implementó la investigación instalando cada uno de los tratamientos en los cuatro bloques respectivos, luego se sembró colocando al fondo de los surcos tres estacas por metro lineal de surco, uno a continuación de otro y con una ligera superposición cubriéndolo con tierra cuidadosamente y midiendo con wincha las profundidades consideradas para cada tratamiento T1 3 cm, T1 4 cm, T1 6 cm, T1 8 cm, T1 10 cm, T1 12 cm, realizándose el riego de enseño, antes del siguiente riego se hizo un chequeo de la profundidad corrigiendo desperfectos por el paso del agua de riego, quedando en marcha dicho proyecto.

#### **3.11.3 Riegos**

Los suministros de riego fueron ligeros y frecuentes cada 7 días, teniendo en cuenta el turno de agua, la temperatura medio ambiental y de la humedad del suelo.

#### **3.11.4 Fertilización**

La fórmula utilizada en el experimento fue de 271 kg/ha de N, 46 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 90 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Ejecutándose la primera fertilización al mes con 6 bolsas de urea, 3 bolsas de fosfato di amónico y 2 bolsas de cloruro de potasio por hectárea, incorporándolo al fondo del surco localizándolo con lampa a 10 cm de la planta. La segunda aplicación del fertilizante se realizó a los 75 días, con 6 bolsas de urea en forma localizada a lampa.

#### **3.11.5 Control de maleza**

El control de maleza se realizó después de la siembra con el herbicida ametrina 2.5 lt/200 lt y 2,4 D 1.5 lt/ 200 lt, la siguiente aplicación fue a los 15 días, con glifosato a razón de 3 lt/ 200 lt, se repitió una segunda vez, siendo suficiente para el control de malezas, manteniéndose limpio el campo durante el experimento.

#### **3.11.6 Establecimiento del experimento.**

El campo experimental se estableció con las dosis establecidas en los tratamientos, aplicándose cada una de ellas antes de la siembra.

#### **3.11.7 Cosecha**

Se quemó el campo experimental, previo corte en forma manual y después de 2 meses de agoste de la caña de azúcar, procediéndose al pesado de las cañas por parcela.

## IV. RESULTADOS

Los resultados de los análisis estadísticos de todas las evaluaciones de las variables se realizaron según su planteamiento.

### 4.1 Porcentaje de emergencia.

En la tabla 4 se muestran los cuadrados medios, la significación estadística, el coeficiente de variabilidad y el coeficiente de determinación de las evaluaciones del porcentaje de emergencia. Se observa que para la fuente de variación entre bloques no se encontró significación estadística. En cuanto a los tratamientos se encontró alta significación estadística. el coeficiente de variabilidad muestra que la emergencia tuvo una variabilidad de 2.57 % durante su evaluación; evidenciándose que el coeficiente es adecuado ya que está dentro del rango permitido y que es un indicador confiable de la conducción experimental y toma de datos, que los datos proporcionan una buena información y son poco variables como lo indica calzada (1982), siendo por lo tanto el diseño experimental utilizado el apropiado para este estudio.

Tabla 4

*Anva del Porcentaje de emergencia de la caña de azúcar*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>significación</b>
Bloques	5.71	3	1.90	0.46	0.7113	ns.
Tratamientos	1872.10	5	374.42	91.39	<0.0001	**
Error	61.45	15	4.10			
Total	1939.26	23				

Fuente: elaboración propia del autor

C.V: 2.57 % R<sup>2</sup>: 0.97

Al efectuar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ( $p < 0.01$ ), para porcentaje de emergencia según la tabla 5, se observa que el primer lugar lo ocupó la profundidad de siembra de 6 cm y el segundo lugar lo ocupan los tratamientos T4 y T2, con profundidades de 8 y 4 cm respectivamente.

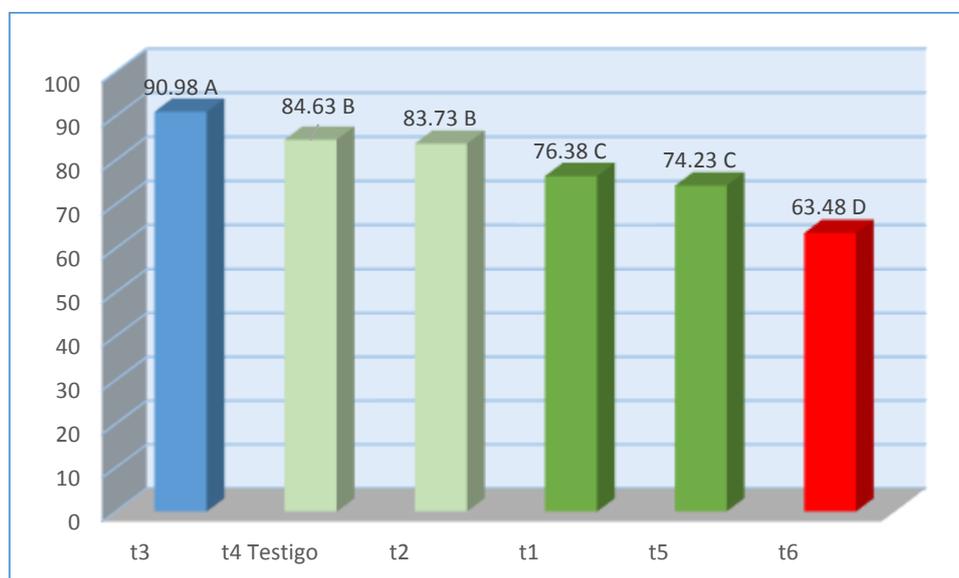
Tabla 5

*Prueba Tukey del comparativo de promedios de porcentaje de emergencia*

Tratamientos	Medias	Prueba de Tukey
t3: 6 cm.	90.98	A
t4: 8 cm.	84.63	B
t2: 4 cm.	83.73	B
t1: 3 cm.	76.38	C
t5: 10 cm.	74.23	C
t6: 12 cm.	63.48	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

En relación a la figura 1, se observa que la característica porcentaje de emergencia, debido al efecto de profundidad de siembra, fluctúa entre 63.48 y 90.98 %, entre el menor tratamiento T6 y el mayor tratamiento T3, visualizándose que los tratamientos utilizados muestran cuatro grupos bien definidos, obteniendo el último lugar el tratamiento T6.



*Figura 1. Porcentaje de emergencia de la caña de azúcar (tukey)*

Fuente: elaboración propia del autor

## 4.2 brotes por planta

En la tabla 6, se observan los resultados del análisis de varianza respecto al número de brotes por planta, emergidos en los tratamientos en estudio durante el desarrollo vegetativo del cultivo, donde se aprecia que hay diferencia altamente significativa entre tratamientos, que el coeficiente de variabilidad es de 2.33 % lo cual indica que el experimento presenta una buena precisión experimental (Vanderlei, 1996).

En la misma tabla 6 se observa el valor del  $R^2 = 0.96$  (coeficiente de determinación), que nos indica que el 89 % de la variabilidad en el número promedio de brotes por planta, se debe al efecto de la variabilidad de los tratamientos en profundidades de siembra utilizados en las unidades experimentales.

Tabla 6

*Análisis de la variancia del número promedio de brotes por planta emergidos*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>significación</b>
Bloques	0.19	3	0.06	0.82	0.5035	**
Tratamientos	24.48	5	4.90	64.96	<0.0001	**
Error	1.13	15	0.08			
Total	25.80	23				

ns. = no significativo.

\*\* = altamente significativo

Fuente: elaboración propia del autor

CV. = 2.33 %

$R^2 = 0.96$

En el análisis de la prueba de Tukey, tabla 7, se observa respecto al comparativo de medias de brotes por planta, emergidos durante el desarrollo vegetativo del cultivo, que los tratamientos dieron resultados por que muestran notorias respuestas, dando como resultado 4 grupos respuesta.

Tabla 7

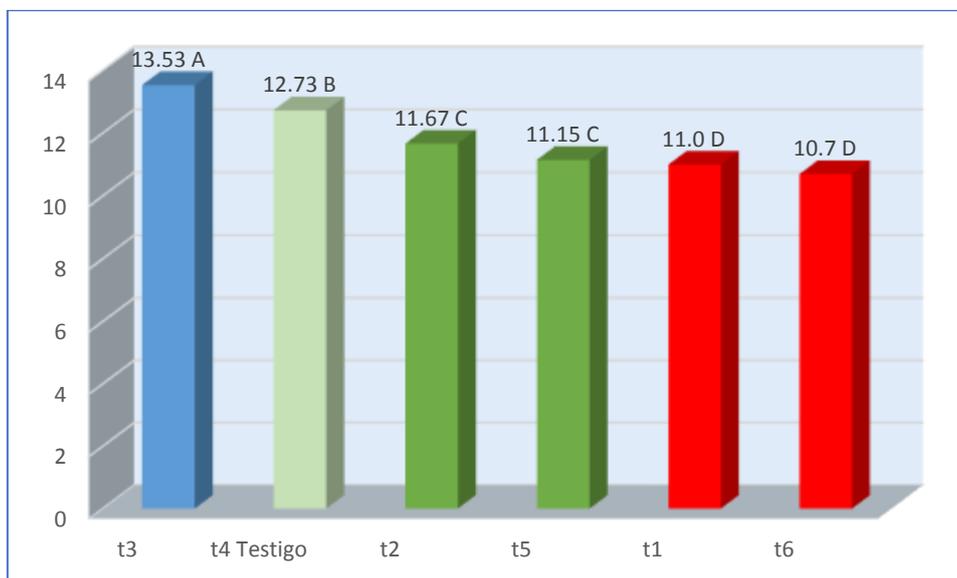
*Prueba Tukey del comparativo de número promedio de brotes por planta emergidos*

Tratamientos	N° de brotes	Prueba de Tukey	
t3: 6 cm.	13.53	A	
t4: 8 cm.	12.73	B	
t2: 4 cm.	11.67	C	
t5: 10 cm.	11.15	C	D
t1: 3 cm.	11.0	D	
t6: 12 cm.	10.7	D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Fuente: elaboración propia del autor

Respecto a la figura 2, se observa que la característica número de brotes por planta, fluctúa entre 10.7 y 13.53 brotes, entre los tratamientos de menor brote T6 y el tratamiento de mayor brote T3, visualizándose cuatro grupos o niveles definidos durante el desarrollo vegetativo del cultivo.



*Figura 2.* Promedio del N° de brotes por planta.

Fuente: elaboración propia del autor

### 4.3 Nudos por planta

El número de nudos se evaluó contando el total de nudos de cada una de las diez plantas elegidas del surco central en cada unidad experimental. La tabla 8 muestra los resultados del análisis de varianza respecto al número de nudos por planta de los tratamientos en estudio, donde se puede observar que no presento diferencia significativa entre bloques, pero si diferencia altamente significativa entre tratamientos, el coeficiente de variabilidad es de 1.32 % lo cual indica que el experimento presenta una buena precisión experimental (Calzada, 1982).

En la parte inferior de la misma tabla 8 se observa el valor del  $R^2 = 0.98$  (coeficiente de determinación), que nos indica que el 98 % de la variabilidad en el número promedio de nudos por planta, se debe a la variabilidad de los efectos de los tratamientos en profundidad de siembra utilizados en las unidades experimentales.

Tabla 8

*Análisis de la variancia del promedio de N° de nudos por planta*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>significación</b>
Bloques	0.04	3	0.01	0.48	0.7005	ns
Tratamientos	20.64	5	4.13	142.92	< 0.0001	**
Error	0.43	15	0.03			
Total	21.12	23				

ns. = no significativo.

\*\* = altamente significativo

Fuente: elaboración propia del autor

CV. = 1.32 %

$R^2 = 0.98$

Realizado el análisis de la prueba de Tukey, tabla 9, se observa respecto al comparativo de medias de número de nudos por planta durante el desarrollo vegetativo del cultivo, una distribución notoria de niveles de respuesta, ocupando el primer lugar el tratamiento T3.

Tabla 9

*Prueba Tukey del comparativo de promedio de N° de nudos por planta*

Tratamientos	N° de nudos	Prueba de Tukey
t3: 6 cm.	14.15	A
t4: 8 cm.	13.43	B
t2: 4 cm.	13.15	B
t1: 3 cm.	13.10	B
t5: 10 cm.	12.33	C
t6: 12 cm.	11.20	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Fuente: elaboración propia del autor

En relación a la figura 3, se observa que la característica número de nudos por planta fluctúa entre 11.2 y 14.15 nudos, entre el menor tratamiento T6 y el mayor tratamiento T3, observándose que los tratamientos de profundidad de siembra muestran respuesta al promedio de números de nudos por planta.



*Figura 3.* Promedio del N° de nudos por planta

Fuente: elaboración propia del autor

#### 4.4 Efecto de tratamiento de profundidad de siembra en factores de calidad de Caña

Carión (2006) indica los rangos de los parámetros en su manual de caña de azúcar, por lo que se puede afirmar que en el resultado de muestreo promedio tabla 10, de raíz, medio, cogollo, para Brix, el tratamiento T3, califica según escala como excelente, los tratamientos T4, y T2 califican de bueno y los otros tratamientos califican de bajos. Respecto al Pol. Su comportamiento indica que los tratamientos T3 y T4 califican buenos, los otros tratamiento califican bajo. En relación a la Pureza sus valores promedios de los tratamientos se ubican entre la escala de bueno T6, T1, T5 a excelente T2, T4 y T3. En cuanto a Reductores el tratamiento T3 se ubica igual a 0.4 según escala es óptimo. Respecto a la sacarosa se puede observar que el tratamiento T3 fue favorecido con el calificativo de excelente, los tratamientos T2 y T4 con el calificativo de bueno y T5, T1 y T6 calificaron con baja sacarosa, En Relación al contenido de humedad todos los tratamientos calificaron como óptimo por ser menor a 65 %.

Tabla 10

*Análisis de maduración. (Promedio de análisis). Fecha final: abril del 2019*

Tratamiento	BRIX	POL.	PUREZA	REDUCT.	SAC. %	Humedad
T3: 6 cm.	18.08	17.63	87.01	0.40	13.16	63.98
T4: 8 cm.	17.91	16.31	86.45	0.57	12.56	64.33
T2: 4 cm.	16.85	15.63	85.47	0.66	12.33	62.82
T5: 10 cm.	15.36	14.28	84.56	0.68	11.38	63.48
T1: 3 cm.	13.84	14.24	83.78	0.70	11.34	61.75
T6: 12 cm.	13.50	13.90	83.69	0.74	11.33	61.24

#### 4.5 Rendimiento de caña de azúcar (t.ha<sup>-1</sup>).

En la tabla 11, se observan los resultados del análisis de varianza respecto al rendimiento de caña de azúcar en los tratamientos en estudio a la cosecha, observándose que hay diferencia significativa entre bloques y diferencia altamente significativa entre tratamientos, el coeficiente de variabilidad es de 0.47 % lo cual indica que el experimento presenta una buena precisión experimental (Vanderlei, 1996).

En la misma tabla 11 se observa el valor del  $R^2 = 1.00$  (coeficiente de determinación), que nos indica que el 100 % de la variabilidad en el rendimiento promedio de caña de azúcar, se debe a la variabilidad de los tratamientos de efecto de la profundidad de siembra, utilizados en las unidades experimentales.

Tabla 11

*Análisis de variancia del promedio de rendimiento en caña de azúcar a abril 2019*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	significación
Bloques	18.40	3	6.13	11.11	0.0004	*
Tratamientos	4462.32	5	892.46	1616.93	<0.0001	**
Error	8.28	15	0.55			
Total	4489.00	23				

ns. = no significativo.

\* = significativo

Fuente: elaboración propia del autor

CV. = 0.47 %

$R^2 = 1.00$

En el análisis de la prueba de Tukey, tabla 12, se observa respecto al comparativo de medias de rendimiento de caña de azúcar a la cosecha, una distribución notoria de 6 grupos de respuesta, en esta etapa se podría afirmar que es una respuesta final del experimento y muestra sus respuestas específicas en cada uno de los tratamientos, observando que diferencia a los tratamientos en 6 grupos.

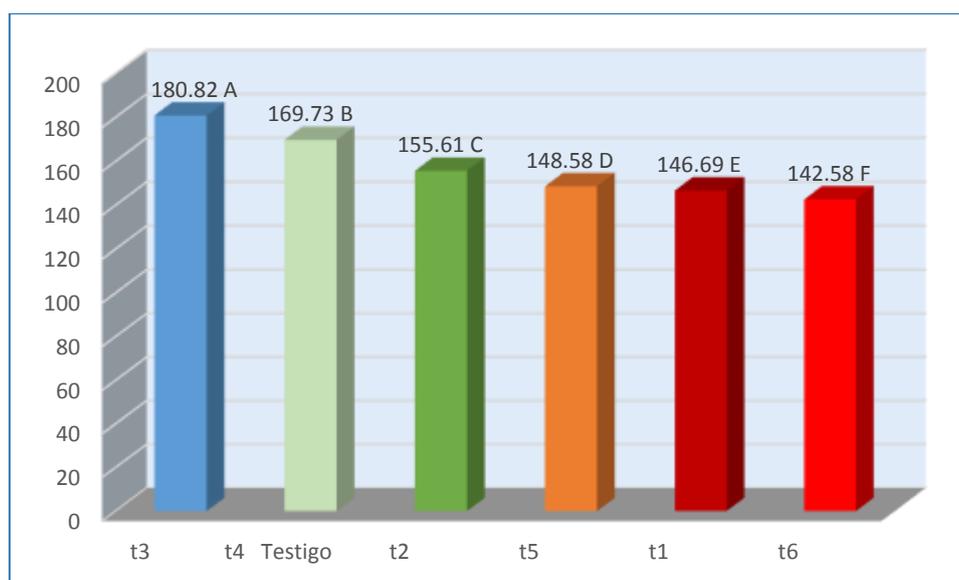
Tabla 12

*Prueba Tukey del comparativo de promedios de rendimiento a abril 2019*

Tratamientos	T.ha <sup>-1</sup>	Prueba de Tukey
t3: 6 cm.	180.82	A
t4: 8 cm.	169.73	B
t2: 4 cm.	155.61	C
t5: 10 cm.	148.58	D
t1: 3 cm.	146.69	E
t6: 12 cm.	142.58	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Respecto a la figura 4, se observa que la característica rendimiento de caña de azúcar fluctúa en 38.24 t/ha<sup>-1</sup>, entre el menor tratamiento T6 y el mayor tratamiento T3, visualizándose cuatro grupos o niveles definidos.



*Figura 4. Promedio del rendimiento por tratamiento a la cosecha*

Fuente: elaboración propia del autor

## V. DISCUSIÓN

### 5.1 Porcentaje de emergencia

Respecto al efecto de profundidad de siembra sobre el porcentaje de emergencia de la planta de caña de azúcar según el análisis de varianza hubo diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, según la prueba estadística de tukey agrupó en el primer lugar el tratamiento T3 con 90.98 % de emergencia, sembrado a una profundidad de 6 cm y en segundo lugar T4 con 84.63 % sembrado a 8 cm de profundidad y T2 con 83.73 % sembrado a una profundidad de 4 cm. respectivamente, evidenciando que hubo efecto de la profundidad de siembra respecto a la emergencia de planta, lo que coincide con Perez y Ortega (1982), los cuales sostienen en una investigación realizada que los porcentajes de emergencia en caña de azúcar evidencian diferencias significativas respecto a la profundidad de siembra, determinando un rango satisfactorio de profundidad de siembra entre 5 cm y 15 cm.

### 5.2 Efecto de profundidad de siembra sobre número de brotes

En relación al efecto de profundidad de siembra sobre el número promedio de brotes por planta según el análisis de varianza hubo diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, según tukey indica que el primer lugar lo ocupa el tratamiento T3 con 13.53 brotes, el segundo lugar lo ocupa el tratamiento T4 con 12.73, indicando que hubo efecto de la profundidad de siembra con el número de brotes por planta lo que coincide con Perez y Ortega (1982), en una investigación realizada sostiene que a medida que varía la profundidad de siembra, varía el número de brotes o encepamiento.

### 5.4 Efecto de la profundidad de siembra en los factores de calidad

En relación del efecto de la profundidad de siembra sobre los factores de calidad se tuvo en cuenta lo recomendado por Carrión (2006), el cual indica la ubicación de la zona de muestreo, así como también el establecimiento del punto de muestreo, indicando los rangos de los

parámetros en su manual de caña de azúcar, por lo que se puede afirmar que en el resultado de muestreo promedio tabla 10, de tercio inferior, tercio medio y tercio superior, para Brix, el tratamiento T3, califica según escala como excelente, los tratamientos T4, y T2 califican de bueno y los otros tratamientos califican de bajos. Respecto al Pol. Su comportamiento indica que los tratamientos T3 y T4 califican buenos, los otros tratamiento califican bajo. En relación a la Pureza sus valores promedios de los tratamientos se ubican entre la escala de bueno T6, T1, T5 a excelente T2, T4 y T3. En cuanto a Reductores el tratamiento T3 se ubica igual a 0.4 según escala es óptimo. Respecto a la sacarosa se puede observar que el tratamiento T3 fue favorecido con el calificativo de excelente, los tratamientos T2 y T4 con el calificativo de bueno y T5, T1 y T6 calificaron con baja sacarosa, En Relación al contenido de humedad todos los tratamientos calificaron como óptimo por ser menor a 65 %.

### **5.5 Sobre el rendimiento**

En cuanto al efecto de profundidad de siembra sobre el rendimiento se puede afirmar que el análisis de varianza indica que si hubo respuestas altamente significativas entre tratamientos y que la prueba de tukey indica el agrupamiento de los tratamientos en 6 grupos, indicando dentro de los más destacados en primer lugar el tratamiento T3 con un rendimiento de 180.82 t.ha<sup>-1</sup>, en segundo lugar el tratamiento T4 con 169.73 t.ha<sup>-1</sup>, en tercer lugar el tratamiento T2 con 155.61 t.ha<sup>-1</sup>, en cuarto lugar el tratamiento T5 con un rendimiento de 148,54 t.ha<sup>-1</sup>, el quinto lugar el tratamiento T1 con 146, 69 t.ha<sup>-1</sup> y finalmente en el último tratamiento el T6 con 142.58 t.ha<sup>-1</sup>, lo que coincide con Pérez & Ortega, 2019. en un ensayo realizado el 2008, el cual afirma que el peso del número de tallos molibles por metro lineal está influenciado directamente con el encepamiento o número de brotes el mismo que varía con la profundidad de siembra, lo cual incide finalmente en el rendimiento.

## VI. CONCLUSIONES

- Respecto al efecto de profundidad de siembra de la semilla vegetativa (estaca) de caña de azúcar sobre el porcentaje de su emergencia, el tratamiento que presentó el mayor porcentaje de emergencia fue la del tratamiento T3 con 6 cm de profundidad, profundidades menores o mayores disminuye su germinación.

- En relación al efecto de profundidad de siembra sobre el número de brotes, el tratamiento T3 con 6 cm de profundidad permitió el mayor número de brotes que fue en promedio de 13.53 brotes por metro lineal, profundidades menores o mayores disminuye el número de brotes.

- Respecto al efecto de profundidad de siembra de la semilla vegetativa (estaca) de caña de azúcar sobre el número de nudos, el tratamiento que presentó el mayor promedio de número de nudos fue la tratamiento T3 con 14.15 en promedio, profundidades menores o mayores disminuye su promedio de nudos por tallo.

- El incremento debido al efecto de la profundidad de siembra en el comportamiento de los factores de calidad favoreció en valores de calidad al tratamiento T3, siguiéndole el testigo en segundo lugar, lo que indica profundidades menores o mayores disminuyen su promedio de los factores de calidad de caña de azúcar.

- El incremento debido al efecto de la profundidad de siembra en el rendimiento indica, 6 grupos respuesta ocupando el primer lugar el tratamiento T3 con rendimiento de 180.82 t.ha<sup>-1</sup>, en segundo lugar el tratamiento T4 (testigo) con 169.73 t.ha<sup>-1</sup>, lo que indica de poner en práctica la profundidad de siembra de 6 cm incrementa la producción por encima del testigo en 11.09 t.ha<sup>-1</sup> de incremento.

## VII. RECOMENDACIONES

Repetir el experimento en el mismo lugar para obtener resultados eficientes con los mismos tratamientos, criterios y metodología de la investigación.

Se recomienda que se realice la siembra de caña a 6 cm de profundidad, bajo las condiciones de Sta. Inés, Sayán.

Realizar investigaciones bajo condiciones de otras localidades para observar los comportamientos de los tratamientos.

Realizar otras Investigaciones con diferentes profundidades de siembra, para ver su respuesta en el cultivo de caña de azúcar.

## VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA

### 8.1 Fuentes bibliográficas

- Amaya, E., Cook, J., Hernandez, A., y Irvine, J. (1995). *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cali, Colombia: Editorial CENICAÑA.
- Arias, E. (2008). *Diagnóstico de rendimientos de caña de azúcar utilizando factores climatológicos múltiples*. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5697/1/AGN-2008-T001.pdf>
- Buenaventura, C. (1990). *Semilleros y siembra de la caña de azúcar*. Cali, Colombia: Editorial CENICAÑA.
- Brady, N. (1990). *Naturaleza y propiedades del suelo*. Nueva York. Estados Unidos: Editorial Mac Millan.
- Bull, T. (2000). *La Planta de caña de azúcar*. En. Hogarth, M, y Allsopp (Ed.), *Manual de cultivo de caña* (pp. 71-83). Indooroopilly, Australia: Editorial Brisbane.
- Cabrera, F. (1944). *Monografía del estado de Morelos relacionada en el cultivo de la caña de azúcar en el distrito Zacatepec* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma De Chihuahua, Zacatepec, México.
- Camargo, P. (1976). *Fisiología de la caña de azúcar*. México, México: Divulgación técnica. IMPA.
- Calzada, J. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. Lima, Perú: Editorial Milagros.
- Cassalett, D., Torres, A., y Isaacs, E. (1995). *El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia*. Cali, Colombia: Editorial CENICAÑA.
- Carrión, Z. (2006). *Manual del sembrador de caña de azúcar*. Lima, Perú: Editorial Juan Gutemberg.
- CENICAÑA. (1994). *Morfología de la caña de azúcar*. Guatemala, Guatemala: Editorial Artemis Edinter.

- CONADESUCA, (2015). *Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.)*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha\\_Tecnica\\_Ca\\_a\\_de\\_Azucar.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tecnica_Ca_a_de_Azucar.pdf)
- Dillewijn, V. (1952). *Botánica de la caña de azúcar*. Massachusetts. EEUU: Editorial La Chronica Botánica Co.
- Duchaufour, P. (1984). *Edafogénesis y Clasificación de la caña de azúcar*. Barcelona, España: Editorial Masson, S. A.
- FIRA. (2010). *Producción Sostenible de Caña de Azúcar en México*. México, México: Editorial Nueva Época.
- Flores, S. (1976). *Manual de caña de azúcar*. Guatemala, Guatemala: Instituto Técnico de Capacitación y Productividad.
- García, H., Albarracín, L., y Toscano, A. (2007). *Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de caña panelera*. Recuperado de [http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Guia\\_panelera.pdf](http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Guia_panelera.pdf)
- Guerrero, J. (1993). *Abonos orgánicos: Tecnología para el manejo ecológico de los suelos*. Lima, Perú: Ed. RAAA.
- Helfgott, S. (1997). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en la Costa Peruana*. Lima, Perú: Editorial Español.
- Infoagro, (2008). *El cultivo de la caña de azúcar*. Recuperado de [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_cana\\_azucar.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp)
- Lopez, J. (2015). *La caña de azúcar (Saccharum officinarum) para la producción de panela caso: Nordeste del departamento de Antioquia. Escuela de ciencias agrícolas pecuarias y del medio ambiente (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Unad. Medellín, Colombia.

- MINAGRI, (2010). *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, Ministerio de Agricultura y Ganadería, seccional San José.
- Osorio, G. (2007). *Manual Buenas Prácticas Agrícolas –BPA- Y Buenas Prácticas de manufactura –BPM- en la producción de Caña y Panela*. Antioquia, Colombia: Editorial CTP Print Ltda.
- Pérez, J., y Ortega, D. (1982). *Efectos de la profundidad de siembra sobre la germinación y el encepamiento de la caña de azúcar (Saccharum officinarum) variedad PR 61632* (tesis de pregrado). Universidad central de Venezuela, Maracay, Venezuela.
- Romero, E., Scandaliaris, P., Digonzelli, M., Leggio, J., Giardina, J., Fernández, S., Casen, M., Tonatto, M., y Alonso, L. (2012). *Manual del cañero*. Tucuman, Argentina: Editorial EEAOC Recuperado de [file:///C:/Users/MASTER/Downloads/Manual\\_Caniero\\_EEAOC%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/MASTER/Downloads/Manual_Caniero_EEAOC%20(2).pdf)
- Salazar, E., Trejo, H., Vázquez, C., López, J., Fortis, M., Zuñiga, R., y Amado, J. (2001). Distribución de nitrógeno en el suelo abonado con estiércol de bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 373-382.
- Sánchez, N. (1972). *Materia prima: caña de azúcar*. México, México: Editorial Porrúa.
- Sarmiento, M. (2013). *Manejo agronómico de semilleros del cultivo de la caña de azúcar (Sacharum spp.) en el valle de Chicama para la obtención de semilla de óptima calidad* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Subirós, F. (2013). *El cultivo de la caña de azúcar*. San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED).
- Tisdale, N. (1987). *Fertilidad de los suelos y fertilizantes*. Barcelona, España: Editorial Montaner y Simón S.A.

- Vanderlei, F. (1996). *Estadística Experimental aplicada a Agronomía (2 ed.)*. Alagoas, Brasil: 2da. ed. Universidad Federal de Alagoas Centro de Ciencias Agrarias.
- Vera, M. (2013). *Manejo agronómico de semilleros del cultivo de la caña de azúcar (Saccharum spp.) en el valle chicama para la obtención de semilla de óptima calidad* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Villagarcia, S. (1994). *Manual de uso de fertilizantes*. Lima, Perú: Departamento de Suelos y Fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina.

## ANEXOS

### Anexo 1. Interpretación de un análisis de maduración en Caña de azúcar.

#### INTERPRETACIÓN DE UN ANÁLISIS DE MADURACIÓN

##### 1).- POL

Valores promedios

Menos de 16%	Bajo
16.0 - 18%	Bueno
Mayor de 18%	Excelente

##### 2).- SACAROSA

Valores promedios

Menos de 12.0%	Bajo
12.0 - 13.0%	Bueno
Mayor de 13.0%	Excelente

##### 3). REDUCTORES

Valores promedios

Menos o igual a 0.4%	Óptimo
0.41 – 0.5%	Bueno
Mayor de 0.5 %	Alto (negativo)

##### 4). BRIX

Valores promedios

Menos de 16.0%	Bajo
16.0 -18.0%	Bueno
Mayor de 18%	Excelente

##### 5). PUREZA.

Valores promedios

Menos de 80.0 %	Bajo
80.0 – 85 %	Bueno
Mayor de 85.0 %	Excelente

##### 6). Humedad

Valores promedios

Menos o igual a 65.0 %	Óptimo
65.01 – 68.0 %	Bueno
Mayor de 68.0 %	Alto (negativo)

Fuente: Carrión Ordoñez, Zózimo 2006

## Anexo 2. Datos de campo

Tabla 13

*Porcentaje de emergencia*

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1: Prof. de siembra 3 cm.	78.20	76.90	74.70	75.70
T2: Prof. de siembra 4 cm.	84.10	83.60	80.90	86.30
T3: Prof. de siembra 6 cm.	92.60	90.80	91.30	82.20
T4: Prof. de siembra 8 cm.	86.70	83.90	85.80	82.10
T5: Prof. de siembra 10 cm.	74.20	76.30	71.50	74.90
T6: Prof. de siembra 12 cm.	60.30	64.80	65.20	63.60

Tabla 14

*Brotos por planta*

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1: Prof. de siembra 3 cm.	11.2	10.8	11.4	10.6
T2: Prof. de siembra 4 cm.	11.58	11.4	11.8	11.9
T3: Prof. de siembra 6 cm.	13.8	13.2	13.7	13.4
T4: Prof. de siembra 8 cm.	12.8	12.6	12.4	13.1
T5: Prof. de siembra 10 cm.	11.2	10.9	11.4	11.1
T6: Prof. de siembra 12 cm.	10.6	11	10.5	10.7

Tabla 15

*Nudos por planta*

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1: Prof. de siembra 3 cm.	12.8	13.2	13.1	13.3
T2: Prof. de siembra 4 cm.	13.2	13	13.1	13.3
T3: Prof. de siembra 6 cm.	14	14.3	14.2	14.1
T4: Prof. de siembra 8 cm.	13.5	13.2	13.4	13.6
T5: Prof. de siembra 10 cm.	12.5	12.3	12.2	12.3
T6: Prof. de siembra 12 cm.	11.3	11	11.4	11.1

Tabla 16

*Rendimiento de caña de azúcar (t.ha<sup>-1</sup>)*

Tratamientos	Bloques			
	I	II	III	IV
T1: Prof. de siembra 3 cm.	147.67	145.74	147.22	146.12
T2: Prof. de siembra 4 cm.	157.59	153.98	155.62	155.26
T3: Prof. de siembra 6 cm.	183.48	178.96	181.22	179.6
T4: Prof. de siembra 8 cm.	170.56	168.73	169.98	169.64
T5: Prof. de siembra 10 cm.	148.67	147.34	149.67	148.64
T6: Prof. de siembra 12 cm.	142.63	141.98	143.25	142.46

## ANEXO 3: INSTALACION DEL EXPERIMENTO EN CAÑA DE AZÚCAR



ANEXO 4. SIEMBRA Y EVALUACION DEL EXPERIMENTO EN CAÑA DE AZÚCAR

