



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

COMPORTAMIENTO DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR  
(SACCHARUM OFFICINARUM SP.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL  
SANTA INÉS.

SANDOYA SANCHEZ ALVARO AMABLE  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

COMPORTAMIENTO DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE  
AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARUM* SP.) EN LA GRANJA  
EXPERIMENTAL SANTA INÉS.

SANDOYA SANCHEZ ALVARO AMABLE  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2020



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

TRABAJO TITULACIÓN  
TRABAJO EXPERIMENTAL

COMPORTAMIENTO DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR  
(SACCHARUM OFFICINARUM SP.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SANTA  
INÉS.

SANDOYA SANCHEZ ALVARO AMABLE  
INGENIERO AGRÓNOMO

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL

MACHALA, 16 DE MARZO DE 2020

MACHALA  
2020

# Tesis-2

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

0%

FUENTES DE  
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

< 50 words

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, SANDOYA SANCHEZ ALVARO AMABLE, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado COMPORTAMIENTO DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR (SACCHARUM OFFICINARUM SP.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SANTA INÉS., otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

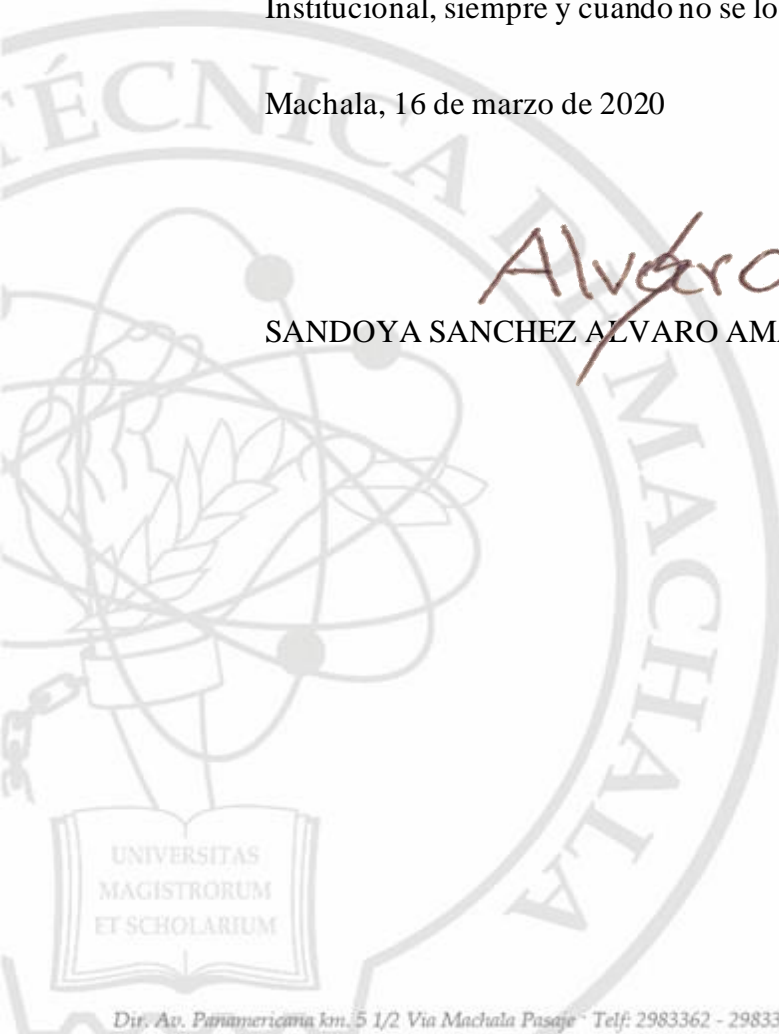
El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 16 de marzo de 2020

*Alvaro*

SANDOYA SANCHEZ ALVARO AMABLE 0705389229



## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, a la memoria de mi madre María Sánchez quien me enseñó que incluso la tarea más grande se puede lograr si se hace un paso a la vez.

A mi padre Vicente Sandoya quien me enseñó que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo, mis hermanos Carolina Sandoya y Juan Pablo Sandoya que me apoyaron a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida.

A mi abuela Luz Valarezo por su paciencia e inmenso amor nos ha sabido impulsar para que sigamos adelante, y buscar el sendero del camino deseado por ella.

A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Alvaro Amable Sandoya Sánchez

## **AGRADECIMIENTO**

Terminar este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo profesional de mi tutor el Dr. Hipólito Pérez, más que un profesor, un gran amigo, los docentes son un pilar fundamental para tu aprendizaje. Quien, con sus conocimientos y su gran trayectoria, ha logrado en mí culminar mis estudios con éxito. A los docentes miembros de mi Tribunal Dr. Rigoberto García, Ing. Irán Rodríguez por sus indicaciones que fueron de gran ayuda en la revisión y corrección de este trabajo.

A mis compañeros Stefano Vélez, Wilmer Santos, Ing. David Yáñez, Jesús Montaleza, Ruth Eras, Nayelhi Valarezo y Joseph Prado a quien estimo tanto y a quien le debo su apoyo incondicional, por facilitarme los caminos para seguir, sin pedir nada a cambio y sin dudar de mi capacidad.

Alvaro Amable Sandoya Sánchez

# **COMPORTAMIENTO DE TRES CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* Sp.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL SANTA INÉS.**

**Autor**

Alvaro Amable Sandoya Sánchez

**Tutor**

Dr. Hipólito Israel Pérez Iglesias

## **RESUMEN**

Las investigaciones para desarrollar el presente trabajo de Tesis se realizaron en el área experimental de la granja Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en el km 5.5 de la vía Machala-Pasaje. Las observaciones se realizaron sobre los cultivares de caña de azúcar EC-02, CC85-92 y C132-81, las cuales se evaluaron para determinar su comportamiento en las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se ejecutó la investigación. A nivel mundial la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es un cultivo de gran importancia y de alta productividad, por ser materia prima para la elaboración de azúcar, etanol y panela. Entre los principales países productores de caña de azúcar se encuentra a Brasil, India, China, Tailandia y Pakistán, los cuales ocupan el 74.42% de la superficie cultivada de caña de azúcar. En el territorio ecuatoriano las provincias del Guayas, Cañar, Loja, Imbabura, Los Ríos y Pastaza, concentran el 92% de la producción de caña, el 62% de esta producción se destina a la fabricación de azúcar y etanol, y un 38% a la obtención de panela y aguardiente de forma artesanal. Las variables evaluadas fueron: largo (m) y Ancho de la hoja (cm) + 1 ó del primer dewlap visible; diámetro en la parte media del tallo (cm); altura del tallo (m) de la superficie del suelo hasta el primer dewlap visible; largo del entrenudo (cm) en la parte media del tallo; peso de los tallos (kg); densidad poblacional y producción de caña en t/ha. Estos parámetros se correlacionaron con las variables climáticas, de una serie de 24 años de observaciones, de la estación agrometeorológica de la granja Santa Inés. Los resultados más sobresalientes confirmaron que la humedad relativa, la temperatura y las precipitaciones, tienen alta incidencia en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar y que las condiciones existentes en la zona de estudio, son favorables para el establecimiento del cultivo de la caña de azúcar a nivel comercial. De acuerdo al comportamiento de las variables climáticas el periodo óptimo de zafra se enmarca en los



meses de julio a noviembre, con 150 días, pudiéndose extender hasta mediados de diciembre sin grandes afectaciones en la madurez. La relación de los factores climáticos con los parámetros agroproductivos del cultivo de la caña de azúcar, se pueden utilizar como índices en la toma de decisiones para mejorar la productividad. La obtención y evaluación de nuevos cultivares de caña es una práctica fundamental para mejorar la producción de caña en Ecuador como la EC-02 dará una producción sostenible en esta agroindustria. Los cultivares evaluados presentan una producción de caña muy estimulante con valores de 185.10 t ha<sup>-1</sup> en la EC-02 que presentó la mayor producción, seguida por la C132-81 con 171.29 t ha<sup>-1</sup> y en tercer lugar la CC85-92 con 176.45 t ha<sup>-1</sup>; aunque estos valores fueron obtenidos en condiciones experimentales, no cabe dudas, que la producción de caña en esta zona del país, puede ser muy prometedora, porque la productividad es muy superior a las que se obtiene en los ingenios azucareros del Ecuador, en condiciones de producción comercial de alta tecnología.

**Palabras clave:** Caña de azúcar, nuevos cultivares, parámetros agroproductivos

# **BEHAVIOR OF THREE CULTIVARS OF SUGAR CANE (*Saccharum officinarum* Sp.) IN THE SANTA INÉS EXPERIMENTAL FARM.**

**Autor**

Alvaro Amable Sandoya Sánchez

**Tutor**

Dr. Hipólito Israel Pérez Iglesias

## **ABSTRACT**

The research to develop the present thesis work was carried out in the experimental area of Santa Inés farm, belonging to the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala, located at km 5.5 of the Machala-Pasaje road. Observations were made on sugarcane cultivars EC-02, CC85-92 and C132-81, which were evaluated to determine their behavior in the soil and climate conditions of the area where the research was conducted. At world level, sugar cane (*Saccharum* spp.) is a crop of great importance and high productivity, as it is the raw material for the production of sugar, ethanol and panela. Among the main sugarcane producing countries are Brazil, India, China, Thailand and Pakistan, which occupy 74.42% of the sugarcane cultivated area. In the Ecuadorian territory the provinces of Guayas, Cañar, Loja, Imbabura, Los Ríos and Pastaza, concentrate 92% of the production of cane, 62% of this production is destined to the manufacture of sugar and ethanol, and 38% to the obtaining of panela and eau-de-vie in a traditional way. The variables evaluated were: length (m) and width of the leaf (cm) + 1 or the first visible dewlap; diameter in the middle part of the stem (cm); height of the stem (m) from the soil surface to the first visible dewlap; length of the internode (cm) in the middle part of the stem; weight of the stems (kg); population density and cane production in t/ha. These parameters were correlated with the climatic variables, from a series of 24 years of observations, from the agro-meteorological station of Santa Inés farm. The most outstanding results confirmed that relative humidity, temperature and precipitation have a high incidence on the growth and development of sugarcane and that the conditions existing in the study area are favorable for the establishment of sugarcane cultivation at the commercial level. According to the behavior of the climatic variables, the optimal period for harvesting is from July to November, with 150 days, which can be extended until mid-December without affecting maturity. The relationship between

climatic factors and the agroproductive parameters of the sugarcane crop can be used as indexes in the decision making process to improve productivity. Obtaining and evaluating new sugarcane cultivars is a fundamental practice to improve sugarcane production in Ecuador as EC-02 will give it a sustainable production in this agroindustry. The evaluated cultivars present a very stimulating sugarcane production with values of 185.10 t ha<sup>-1</sup> in EC-02 which presented the highest production, followed by C132-81 with 171.29 t ha<sup>-1</sup> and in third place CC85-92 with 176.45 t ha<sup>-1</sup>; although these values were obtained in experimental conditions, there is no doubt that sugarcane production in this area of the country, can be very promising, because productivity is much higher than those obtained in the sugar mills of Ecuador, under high technology commercial production conditions.

**Keywords:** Sugar cane, new cultivars, agroproductive parameters.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivo General.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
<b>CAPÍTULO II</b> .....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. Origen de la caña de azúcar.....	3
2.2. Distribución y producción de la caña de azúcar.....	4
2.3. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar.....	6
2.4. Características morfológicas de la caña de azúcar .....	6
2.4.1. Raíz.....	6
2.4.2. Tallo .....	7
2.4.3. Hoja.....	7
2.4.4. Inflorescencia.....	7
2.5. Fases fenológicas.....	8
2.5.1. Fase de establecimiento.....	8
2.5.2. Fase de ahijamiento .....	9
2.5.3. Fase de crecimiento rápido.....	9
2.5.4. Fase de maduración y cosecha.....	10
2.6. Necesidades edafoclimáticas.....	11
2.6.1. Clima .....	11
2.6.2. Requerimientos de agua.....	11
2.6.3. Tipo de suelo.....	12
2.7. Cultivares o variedades .....	13
2.7.1. EC-02.....	13
2.7.2. CC 85-92.....	15
2.7.3. C 132-81 .....	16
2.8. Zafra.....	18
<b>CAPÍTULO III</b> .....	21
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	21
3.1 Materiales.....	21
3.1.1 Localización de estudio .....	21
3.1.2 Coordenadas geográficas.....	21

3.1.3 Clima y ecología.....	22
3.2 MATERIALES A UTILIZADOS .....	22
3.2.2 VARIABLES A EVALUAR.....	22
3.2 Métodos.....	23
3.2.1 Metodología.....	23
3.2.2 Medición de Variables.....	23
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>25</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
4.1. Largo de la hoja.....	25
4.2. Ancho de la hoja.....	27
4.3. Largo del entrenudo.....	30
4.4. Diámetro del tallo .....	33
4.5. Largo del tallo .....	36
4.6. Producción .....	39
4.7. Correlación entre los parámetros agroproductivos y las variables climáticas de la granja Santa Inés.....	40
4.8. Porcentaje de Floración.....	42
4.9. Climograma de la Granja Santa Inés.....	44
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>46</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>46</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>48</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Producción mundial de la caña de azúcar.....	5
<b>Tabla 2.</b> Producción de caña de azúcar y rendimiento azucarero (Castillo et al., 2008) .....	14
<b>Tabla 3.</b> Relación de los cultivares estudiados a las principales enfermedades.....	17
<b>Tabla 4.</b> ANOVA de un factor intergrupos para la variable largo de la hoja + 1 en (m) por cultivar.....	25
<b>Tabla 5.</b> Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo de la hoja + 1 de tres cultivares de caña de azúcar.....	26
<b>Tabla 6.</b> ANOVA de un factor intergrupos para la variable ancho de la hoja + 1 por cultivar .....	28
<b>Tabla 7.</b> Pruebas de efectos inter-sujetos en el ancho de la hoja de tres cultivares de caña de azúcar .....	29
<b>Tabla 8.</b> ANOVA de un factor intergrupos para la variable largo del entrenudo en cm por cultivar.....	30
<b>Tabla 9.</b> Prueba de efectos inter-sujetos en el largo de entrenudos de tres cultivares de caña de azúcar.....	32
<b>Tabla 10.</b> ANOVA de un factor intergrupos para la variable diámetro del tallo de caña de azúcar por cultivar .....	33
<b>Tabla 11.</b> Prueba de efectos Inter sujetos en el diámetro del tallo de los tres cultivares de caña de azúcar estudiados .....	35
<b>Tabla 12.</b> ANOVA de un factor intergrupos para la variable largo del tallo en metros por cultivar.....	36
<b>Tabla 13.</b> Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo del tallo de los tres cultivos de caña de azúcar evaluados .....	38
<b>Tabla 14.</b> Cantidad de tallos/ha, Peso de 10 Tallos y rendimiento agrícola (t/ha) de los tres cultivares estudiados a los 12 meses de edad.....	40
<b>Tabla 15.</b> Correlación entre la altura del tallo y variables climáticas de la Granja Santa Inés en el cultivo de caña de azúcar.....	41
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de Floración de los tres cultivares de caña de azúcar a los 12 meses de edad.....	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución mundial y productores del cultivo de caña de azúcar (CONADESUCA, 2015; FAO, 2017).....	4
<b>Figura 2.</b> Mapa de ubicación de los ingenios azucareros en el Ecuador (MAG, 2017).....	5
<b>Figura 3.</b> Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar (Aguilar, 2009).....	8
<b>Figura 4.</b> Cultivar EC-02 a los 12 meses de edad .....	15
<b>Figura 5.</b> Cultivar CC85-92 a los 12 meses de edad .....	16
<b>Figura 6.</b> Cultivar C132-81 a los 12 meses de edad .....	17
<b>Figura 7.</b> Granja Santa Inés (Velez, 2020). .....	21

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Largo de la hoja +1 de los tres cultivares estudiados .....	26
<b>Gráfico 2.</b> Largo de la hoja + 1 (m) de los tres cultivares de caña de azúcar evaluados por meses.....	27
<b>Gráfico 3.</b> Ancho de la hoja + 1 de los tres cultivares estudiados .....	28
<b>Gráfico 4.</b> Ancho de la hoja + 1 (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses.....	30
<b>Gráfico 5.</b> Largo del entrenudo (cm) de las tres cultivares estudiados.....	31
<b>Gráfico 6.</b> Largo del entrenudo (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses.....	33
<b>Gráfico 7.</b> Diámetro del tallo (cm) de los tres cultivares estudiados .....	34
<b>Gráfico 8.</b> Diámetro del tallo (cm) de los tres cultivares de caña de azúcar por meses.....	36
<b>Gráfico 9.</b> Largo del tallo de los tres cultivares estudiados.....	37
<b>Gráfico 10.</b> Largo del tallo en (m) de tres cultivares de caña de azúcar estudiado por meses.....	39
<b>Gráfico 14.</b> Dispersión matricial del mes de octubre respecto a variables climáticas con la altura del tallo en el cultivo de la caña de azúcar.....	42
<b>Gráfico 16.</b> Climograma Granja Santa Inés.....	44



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Matriz de datos Estadísticos.....	56
<b>Anexo 2.</b> Corte de los cultivares al Ras del suelo para Soca I.....	56
<b>Anexo 3.</b> Eliminación de tocones mediante corte con machete a ras del suelo.....	57
<b>Anexo 4.</b> Primer día de corte de los cultivares en Soca I.....	57
<b>Anexo 5.</b> Soca 1 en el cultivo de caña de azúcar al primer mes.....	58
<b>Anexo 6.</b> Uso de regla de madera graduada para la medición de altura de los cultivares.....	58
<b>Anexo 7.</b> Medición del largo del entrenudo.....	59
<b>Anexo 8.</b> Registro del diámetro del tallo de caña con calibrador o pie de rey.....	59
<b>Anexo 9.</b> Medición del ancho de la hoja + 1.....	60
<b>Anexo 10.</b> Troceado de los tallos para efectuar el pesaje bajo la supervisión del tutor,.....	60
<b>Anexo 11.</b> Pesaje de 10 tallos molibles para estimar la producción de caña a los 12 meses de edad.....	61

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) es un cultivo de gran importancia y de alta productividad (Emmanuel, 2019), por ser materia prima para la elaboración de azúcar, etanol y panela (Castillo & Silva, 2004). Es un cultivo muy importante para la provisión de alimentos e insumos para industrias azucareras y de producción de energía (Gómez et al., 2015), incluso es un recurso potencial para la alimentación bovina ya que se la puede utilizar como pasto (Aranda et al., 2016), a nivel mundial es el cultivo de mayor productividad que existe (Herrera et al., 2019), incluso por que usan el bagazo como combustible para sus calderas en los ingenios azucareros (López et al., 2016).

Citando a (López *et al.*, 2016), argumentan que la caña de azúcar es de los principales cultivos de importancia económica en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, esta se cultiva en más de 130 países, Brasil, India, China y Pakistán ocupan el 74.42% de la superficie cultivada de caña de azúcar a nivel mundial (García et al., 2018). Por su parte la FAO (2018) reporta un área cosechada a escala internacional de 26'269.819 ha, con una producción total de 1907'024.730 t de caña. Como se puede apreciar este cultivo ocupa una superficie considerable, ya que el producto principal que se obtiene (azúcar es considerado un alimento universal debido a que prácticamente los más de 7 mil 200 habitantes del planeta tierra, consumen algunos gramos de azúcar de una forma u otra (Pérez *et al.*, 2016).

Según Criollo *et al.*, (2016) argumentan que la caña de azúcar tiene su centro de origen en Nueva Guinea, donde emigro hacia el norte de África y al sur de Europa Lopez (2015). No fue hasta 1493 que Cristóbal Colon la introdujo al continente americano. Casi cuatro siglos después (1832), el general Juan José Flores, en la ciudad de Babahoyo, Ecuador, instaló el primer ingenio en la hacienda La Elvira, en el que se cultivaban 60 cuadras de caña de azúcar (Avila, 2011).

Según (Palma et al., 2016), argumentan que el cultivo de la caña de azúcar genera mano de obra y permite la entrada de divisas, y aun cuando estos no sean tan buenos, posee ingresos importantes para los que realizan esta activada, en el sector agropecuario del Ecuador influye directamente en la economía del país (Yáñez, 2019), el cultivo de caña de azúcar es un producto que forma parte de la canasta básica como ingrediente fundamental en la alimentación (Raúl Castillo & Silva,

2004). En año 2017 se cosecharon 110.603 hectáreas de caña con una producción total de 9'030.074 toneladas (FAO, 2017). Las provincias con mayor producción a nivel nacional son Guayas (80.77%), Loja y Cañar (16.23%) (Saltos Zambrano, 2015), siendo estas tres responsables del 97% del total de azúcar de caña producida en el país, seguido por Carchi e Imbabura, no obstante este cultivo se produce aproximadamente en todo Ecuador (Cartay, García Briones, Meza Moreira, Intriago Estrella, & Romero Macías, 2018).

Según el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE, 2012), los ingenios azucareros en el Ecuador, son los más innovadores y cuya actividad representa el 8.7% del PIB agrícola nacional, los niveles de producción y productividad han mejorado y se adaptaron a nuevos cultivares y tecnologías, los ingenios COAZUCAR (La Troncal), San Carlos y Valdez son los más grandes del país con una capacidad de producción promedio de más de 50.000 sacos de 50 kg (CINCAE, 2017). En los últimos años la producción de caña de azúcar se ha incrementado en Ecuador, lo que depende en gran medida de nuevos cultivares adaptados a las condiciones edafoclimáticas de las zonas de producción y al manejo agronómico. Ya que hasta el año 2013, el 66% de la producción de caña de azúcar dependía del cultivar de origen australiano Ragnar (CINCAE, 2017a) (Silva *et al.*, 2013).

La provincia de El Oro presenta condiciones climáticas adecuadas para el cultivo, con temperaturas promedio de 24°C y humedad relativa de hasta 80% (Yáñez, 2019), cerca de mil hectáreas de caña de azúcar de cultivares cubanos y cristal están sembradas en la parte alta de la provincia de El Oro, cuya producción está destinada a la obtención de panela y aguardiente fundamentalmente (MAG, 2018).

### **1.1. Objetivo General**

- Evidenciar el comportamiento de tres cultivares de caña de azúcar en parámetros agroproductivos en las condiciones agroecológicas de la granja Santa Inés.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Establecer el comportamiento de tres cultivares de caña de azúcar en la granja experimental Santa Inés.

- Verificar el tipo y grado de correlación entre los parámetros agroproductivos y las variables climáticas de la granja Santa Inés.

## **CAPÍTULO II**

### **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **2.1. Origen de la caña de azúcar**

Entre los cultivos más antiguos que existen en el mundo se encuentra la caña de azúcar, desde los años 100 y 800 A.C. se menciona a este cultivo en relatos de textos mitológicos; hasta la actualidad no se conoce con claridad su origen, pero se sabe que ha seguido una ruta de Oriente a Occidente, desde el océano Índico al mar Mediterráneo y posteriormente al Atlántico; presumiendo que su centro de origen se encuentra en el sudeste asiático (Avila, 2011; Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016).

Salto Zambrano, (2015), menciona que la caña de azúcar se descubrió en Nueva Guinea, en el que exploradores transportaron a esta planta a países como la India, China y al resto del Oriente; los egipcios fueron los primeros que empezaron a procesar y refinar la sacarosa que se encontraba en el tallo de esta gramínea.

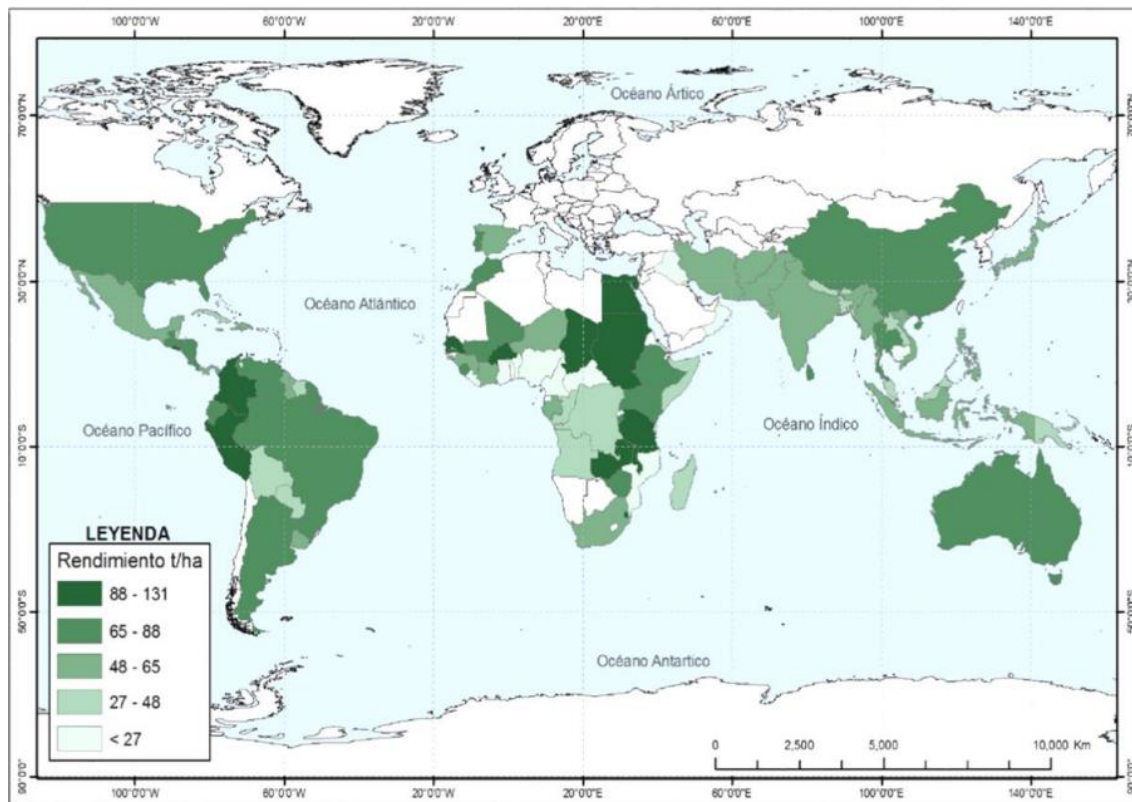
Fueron los musulmanes responsables de que la caña de azúcar migre hacia Europa en el siglo X, quienes dieron uso de la planta como medicina y principalmente como alimento (Avila, 2011; Salto 2015). En 1493 los españoles introdujeron en América la planta, junto con el segundo viaje que realizó el Almirante Cristóbal Colón, arribando en la isla Española, lo que hoy es República Dominicana y Haití (Avila, 2011; Pérez *et al.*, 2016; Lopez, 2015).

Salto (2015), afirma que República Dominicana, Cuba y México fueron los países donde se empezó a cultivar caña para producir azúcar para ser exportada a Europa. Citando a (Avila, 2011), el cultivo tiene éxito en países del Caribe, norte, centro y sur América; destacándose por los volúmenes de producción, Brasil, México, Cuba, Estados Unidos, Perú, Ecuador, Colombia, Argentina y Venezuela entre otros, ya que la caña es una de las especies de plantas terrestres más eficientes, con alta producción de hojas y tallos, y que se podía extraer este edulcorante natural (Rebollar, Cervantes, Jaramillo, Cardoso, & Rebollar, 2017).

Alrededor del año 1500, Brasil fue el primer país sudamericano en el que se cultivó caña de azúcar; para el siglo XVI entre 1526 y 1533, los españoles desembarcaron en las costas ecuatorianas, con el fin de apoderarse y controlar el territorio Inca (Avila, 2011). Gracias a comerciantes de cacao, desde México se introdujo y propagó a los andes ecuatorianos, en 1832 el General Juan José Flores, en la ciudad de Babahoyo, instaló el primer ingenio en la hacienda La Elvira, el que abarcaba alrededor de 100 trabajadores y donde se incrementó de manera significativa la productividad de esta plantación (Saltos 2015).

## 2.2. Distribución y producción de la caña de azúcar

El cultivo de caña de azúcar se extiende por las zonas tropicales y subtropicales del mundo, gran parte de este cultivo se produce en los límites de 36.7°N a 31°S de la línea equinoccial (Figura 1).



*Figura 1. Distribución mundial y productores del cultivo de caña de azúcar (CONADESUCA, 2015; FAO, 2017)*

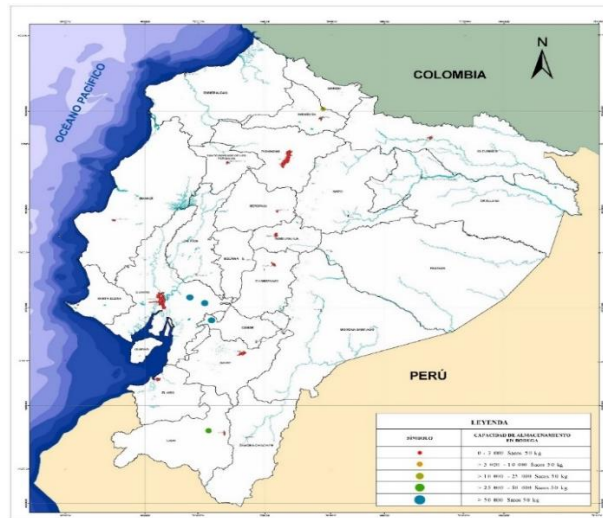
Entre los principales países productores de caña de azúcar se encuentra a Brasil, India, China, Tailandia y Pakistán, los cuales ocupan el 74.42% de la superficie cultivada de caña de azúcar (FAO, 2017; Gutiérrez, 2013) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Producción mundial de la caña de azúcar

<i>País</i>	<i>Área cosechada (ha)</i>	<i>Producción (t)</i>
Brasil	10042199	746828157
India	4730000	376900000
China	1414973	108718971
China, Continental	1405840	108097100
Tailandia	1372169	104360867
Pakistán	1101946	67173975
México	785905	56841523
Australia	442958	33506830
Colombia	408716	36276860
Guatemala	300246	35568207

**Fuente:** (FAO, 2017)

En el territorio ecuatoriano las provincias del Guayas, Cañar, Loja, Imbabura, Los Ríos y Pastaza, presentan el 92% del cultivo sembrado (Paucar & Robalino, 2009), en que el 62% de caña de azúcar producida, está destinado a la fabricación de azúcar y etanol, y un 38 % a la obtención de panela y aguardiente de forma artesanal (Cartay *et al.*, 2018) (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa de ubicación de los ingenios azucareros en el Ecuador (MAG, 2017).

### **2.3. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar**

(Marín *et al.*, 2018), menciona que la clasificación de Cronquist en 1981, la caña de azúcar pertenece a la familia Poaceae del género *Saccharum*; en el cual existen seis especies, cuatro son domesticadas, entre ellas (*S. edule*, *S. barberi*, *S. sinensi* y *S. officinarum*) y dos silvestres (*S. spontaneum* y *S. robustum*) (Subirós, 1995).

El científico y naturalista sueco Carlos Linneo, a partir de la taxonomía moderna, fue quien nombró a la caña de azúcar con el nombre de *Saccharum officinarum* (Avila, 2011); *S. officinarum*, es la especie que se comercializa y se presume que fue domesticada a partir de la especie *S. robustum* (Fiallos, 2008).

### **2.4. Características morfológicas de la caña de azúcar**

#### **2.4.1. Raíz**

Es la parte subterránea de la planta, su función principal es absorber agua y nutrientes, además de brindar soporte y anclaje (Avila, 2011); la caña de azúcar al propagarse de manera vegetativa, posee dos tipos de raíces (primordiales y permanentes), este tipo de raíces se forman a partir de las raíces adventicias que se originan en el tallo (Raúl Castillo & Silva, 2004; Subirós, 1995).

##### **2.4.1.1. Raíces primordiales**

También llamadas raíces de estaca o temporales, se originan a partir de los primordios radicales de la banda de raíces del nudo de la semilla o estaca sembrada; se identifican por ser muy delgadas y ramificadas, al mismo tiempo de tener una utilidad de tres meses, hasta que broten raíces permanentes en las nuevas yemas de la base del tallo, su función principal es absorber agua y mantener la estaca o esqueje con vida (Amaya, Cock, Hernández, & Irvine, 1995; Lopez, 2015).

##### **2.4.1.2. Raíces permanentes**

A partir del macollamiento, brotan desde la base del tallo numerosas raíces, gruesas y largas, de color blanco, las cuales se caracterizan por un rápido crecimiento (Subirós, 1995). La cantidad de raíces depende directamente del desarrollo de la planta, variedad, suelo y humedad. La función de estas raíces es absorber agua y nutrientes que la planta necesita para su normal crecimiento y desarrollo, además son las encargadas de sostener la planta y anclarla al suelo (Dávila, 2014).

### **2.4.2. Tallo**

El tallo es el órgano donde se almacenan los carbohidratos, de ahí su importancia económica; se forma a partir de la germinación de las yemas, a su vez, del tallo principal emergen nuevos brotes denominados tallos secundarios y terciarios, formando el macollamiento (Subirós, 1995).

Los tallos tienen diferentes hábitos de crecimiento, estos pueden ser en forma de ángulo abierto, curvados, postrados y en estado intermedio, lo perfecto es que se desarrollen de forma erecta (Subirós, 1995); están formados por nudos y entrenudos, cubiertos por una vaina foliar, dependiendo de la variedad y de las condiciones edafoclimáticas, estos pueden tener un tamaño entre 1.50 m hasta los 4.00 m de longitud, y generalmente son de color verde, amarillo, rojo o morado (Dávila, 2014).

### **2.4.3. Hoja**

Brotan desde los nudos de los tallos, son alternadas, largas, delgadas, planas y pubescentes, situadas en el mismo plano de adherencia al nudo, conformadas por vaina y limbo, miden entre 0.90 m a 1.5 m de largo y de 1 a 10 cm de ancho, durante su vida vegetativa pueden tener de 10 a 15 hojas, dependiendo de la variedad y condiciones ambientales (Burgos, 2015; Rivera, 2008).

Chevez, (2017) describe a la vaina de la hoja de forma tubular y se une al tallo por medio de los nudos, en el extremo de la vaina se forman unos apéndices llamados aurículas; el exterior de la vaina presenta pubescencia, mientras que el interior es liso y glabro (Rivera, 2008).

El limbo está compuesto por nervadura central y lámina foliar, el borde de la lámina foliar posee los márgenes dentados inclinados hacia el ápice de la hoja, se une a la vaina por medio de la lígula, la forma y color de ésta depende directamente de la variedad (Chevez, 2017).

### **2.4.4. Inflorescencia**

Subirós, (1995), considera que cuando existen las condiciones fisiológicas y ambientales, adecuadas el estado vegetativo se detiene (formación de hojas y tallos) y dará comienzo al estado reproductivo iniciando con la formación de una hoja bandera, que indica que la inflorescencia empezará a emerger; el color, tamaño, ramificación y forma de la inflorescencia depende directamente de la variedad (Dávila, 2014).

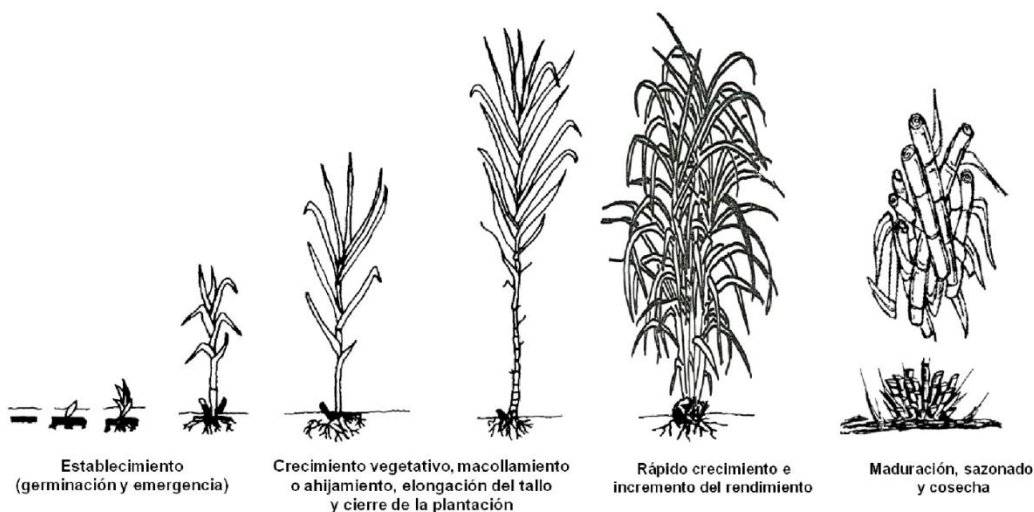


La inflorescencia está constituida por una panícula abierta de 20 cm a 60 cm de longitud, también conocida como espiga, con pelos largos y sedosos que surgen de las espiguillas, cada espiguilla tiene una flor hermafrodita, el ovario es ovalado y en los extremos un pistilo bífido de color purpura (Rivera, 2008).

## 2.5. Fases fenológicas

El cultivo de caña de azúcar en su ciclo de plantilla tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, consta de cuatro fases de crecimiento (Aguilar, 2009), dado a que depende de la variedad y de la influencia del clima. Estas fases y el tiempo de duración de las mismas son las siguientes: (BENDEZÚ, 2014).

- Establecimiento: 30 a 45 días después de la siembra.
- Ahijamiento: desde los 45 hasta los 3 meses de edad.
- Crecimiento: desde los 3 hasta los 10 meses.
- Maduración: desde los 10 hasta los 13 meses de edad.



*Figura 3. Etapas fenológicas del cultivo de caña de azúcar (Aguilar, 2009).*

### 2.5.1. Fase de establecimiento

A partir que la semilla (estaca o esqueje) entra en contacto con la humedad del suelo, las yemas presentes en las estacas o semilla agámica inician su crecimiento, los factores externos e internos

como la temperatura, la humedad, condiciones físicas del suelo y control de malezas, deben tomarse en cuenta antes de la siembra para lograr un alto porcentaje de rebrote (Aguilar, 2009).

Los nutrientes y agua que contiene la semilla no son lo suficientemente altos para soportar el crecimiento continuo de brotes y raíces nuevas, por esta razón la germinación depende directamente de la temperatura y las características del cultivar (Raúl Castillo & Silva, 2004).

De acuerdo con (CONADESUCA, 2015), la germinación es un proceso que puede iniciar siete días después de la siembra, mientras que el crecimiento inicial tiende a tener una duración de 35 días, cuando la temperatura está entre los 17°C a 18°C, este proceso será lento, si la temperatura se encuentra en un rango de 24°C a 35°C, la germinación y el crecimiento de yemas será rápido (Raúl Castillo & Silva, 2004).

### **2.5.2. Fase de ahijamiento**

Después del crecimiento de las yemas, diversos brotes de tallos aparecen a partir de las articulaciones nodales, la cobertura foliar se propaga para obtener la mayor cantidad de luz disponible (Raúl Castillo & Silva, 2004). La variedad, temperatura aproximada a los 30°C, mayor número de horas lux, humedad adecuada en el suelo y buena fertilización, favorecen el ahijamiento o macollamiento. Esta fase es muy importante, ya que de ella depende, en gran medida, el rendimiento que se obtenga en la cosecha (CONADESUCA, 2015).

Según (Aguilar, 2011), la caña de azúcar es muy sensible en la fase de macollamiento al déficit de agua, a medida que la planta macolla, aumenta la biomasa y la plantación comienza a cerrarse, por esta razón es importante mantener el suelo en condiciones óptimas de humedad y nutrientes, para lograr un buen desarrollo de las plantas. No obstante, sólo alrededor del 40-50% de los tallos formados en esta la fase, sobreviven hasta convertirse en cañas molederas, debido a la competencia que se origina por nutrientes, agua, espacio y luz a medida que se acelera el crecimiento.

### **2.5.3. Fase de crecimiento rápido**

Una vez que los brotes se formen completamente, la planta alcanza su máxima área foliar, lo que origina gran acumulación de materia seca, en este periodo la caña de azúcar demanda temperaturas mayores a los 30°C, la humedad es esencial para que el sistema radicular se desarrolle y pueda

absorber nutrientes con facilidad. Alrededor de los 180 días después de la siembra, queda definido la población de tallos molibles para el periodo de zafra (Aguilar, 2011; CONADESUCA, 2015).

La elongación del tallo tiene un crecimiento rápido, con la formación de 4 a 5 nudos por mes, durante esta fase, domina el contenido de fibra en el tallo, mientras que la sacarosa presenta niveles bastante bajos (Aguilar, 2011).

#### **2.5.4. Fase de maduración y cosecha**

La edad, niveles de nitrógeno y humedad del suelo son parámetros que influyen directamente en la maduración de la caña, este es un proceso continuo y reversible (Raúl Castillo & Silva, 2004). Durante el período de maduración, se debe de provocar un estrés hídrico moderado, para producir la maduración del cultivo, se reduce la tasa de crecimiento vegetativo, disminuye la humedad del tallo, lo cual impulsa la transformación total de los azúcares en sacarosa recuperable (BENDEZÚ, 2014).

Castillo & Silva, (2004), indican que, en el crecimiento del tallo, cada entrenudo mientras tenga una hoja, el desarrollo de las células y de su pared celular se vuelve robusta o gruesa, tendiendo a llenar ese volumen con azúcares; una vez que las hojas viejas mueren, los entrenudos estarán maduros, mientras que los entrenudos que se encuentran en la parte alta continuarán su crecimiento, por esta razón la parte basal contiene más azúcares que la parte superior de la planta (Aguilar, 2009).

Los ambientes con abundante luminosidad, cielos claros, temperatura máxima diurna y mínima nocturna y días calurosos, incitan una mayor concentración de sacarosa (Aguilar, 2011). En la costa ecuatoriana, los tallos son sensibles durante su crecimiento, debido que se presenta la época seca y con las temperaturas más bajas del año, no obstante, la planta puede realizar la fotosíntesis y continuar con su maduración hasta que las condiciones de humedad sean favorables (Raúl Castillo & Silva, 2004).

Cuando los tallos dejan de desarrollarse, durante los 11 a 16 meses, y antes que ocurra la floración se debe de realizar la cosecha mediante un corte manual o mecánico en la base del tallo, la paja se elimina manualmente o es quemada previamente a la cosecha (Aguilar, 2011). Estas etapas se

solapan cíclicamente entre los ciclos planta, soca y resocas y determinan el calendario de los periodos de zafra y no zafra azucarera y las actividades de campo (Aguilar, 2009).

## **2.6. Necesidades edafoclimáticas**

### **2.6.1. Clima**

El cultivo de la caña, a nivel mundial es de gran importancia, ya que se utiliza para la producción de azúcar, actualmente tiene una tendencia hacia la diversificación productiva (Velasco-Velasco, Gómez-Merino, Hernández-Cázares, Salinas-Ruiz, & Guerrero-Peña, 2017), esta posee mucha importancia económica ya que es una especie alta productividad, eficiente en el uso de recursos e insumos (Galicia-Romero et al., 2017).

Ramírez (2008) menciona que los climas tropicales y subtropicales, con periodos secos son los propicios para la siembra de caña de azúcar, la altitud recomendada para la siembra de caña debe de estar situado entre los 0 a 1000 msnm; teniendo en cuenta las horas de luminosidad solar , ya que requiere de amplia radiación solar (Aguilar, 2009).

La temperatura correlaciona directamente con el crecimiento, siendo lo óptimo 30°C para el desarrollo de la caña (Fiallos, 2008), temperaturas de 32°C a 38°C favorecen la germinación y la formación de nuevos brotes, mientras que en la maduración se requiere de temperaturas bajas entre 12°C a 14°C, ya que reduce la el crecimiento vegetativo y favorece la acumulación de azúcares, evitando que la sacarosa se degrade (Aguilar, 2009).

La humedad relativa alta 80 - 85% favorece una rápida elongación de la caña, pero al momento de entrar en la fase de maduración, es necesario que la humedad relativa baje a 45 – 65% (Aguilar, 2009; Fiallos, 2008).

### **2.6.2. Requerimientos de agua**

Independientemente de la zona donde se encuentre sembrada la caña de azúcar, esta necesita de grandes cantidades de agua, con precipitaciones entre 1500 a 1800 mm es primordial durante el crecimiento vegetativo (Ramírez, 2008), en climas subtropicales se recomienda la cantidad de 3.8 a 8.6 mm/día, mientras que en climas cálidos la cantidad de 4.8 a 8.9 mm/día es lo suficiente para irrigar los campos (Rivera, 2008).

Durante la fase de maduración no se recomienda el uso excesivo de agua, puesto que la calidad del jugo se vería afectada, a su vez favorecería el crecimiento vegetativo, conjuntamente las labores de campo y transporte se interrumpirían; por cada 10 mm de agua utilizada se puede obtener alrededor de 1 t de caña por hectárea, lo que influye directamente en las prácticas de manejo del cultivo (Aguilar, 2011).

### **2.6.3. Tipo de suelo**

Los suelos degradados tienen su origen en factores económicos, sociales y culturales, debido a una excesiva explotación y en las prácticas de manejo que no son consideradas como prioritarias, la conservación del recurso hídrico y del edáfico son cruciales para la sostenibilidad de las generaciones presentes y futuras (Rodríguez, Pérez, & Jara, 2017).

Según (Barrezueta *et al*, 2017) infieren que el significado de la calidad del suelo se define como la capacidad específica para funcionar dentro de los límites de un ecosistema, ya sea natural o alterado, para el sostén de la vida, la producción de plantas y animales como también el soporte de vivienda.

El cultivo de caña de azúcar se adapta a casi cualquier tipo de suelo, pero se desarrolla de manera efectiva en suelos francos y francos limosos (Silva *et al.*, 2013), profundos, bien drenados, fértiles, sueltos, no compactados, libres de piedras, con buen contenido de materia orgánica, topografía llana o ligeramente ondulada, no erosionados (Pérez *et al.*, 2016); con pH de 6-0 a 8.0, con mejores resultados alrededor de la neutralidad práctica (6.5-7.5) (Guerrero *et al.*, 2017). Castillo *et al*, (2015) exponen que el fósforo (P) en el cultivo de la caña de azúcar, es de vital importancia para la síntesis y almacenamiento de azúcares ya que este aumenta el número de entrenudos y rendimiento agrícola.

Según (Lopes *et al.*, 2016) mencionan que la materia orgánica se considerada importante en la calidad del suelo, su calidad y cantidad influyen en las propiedades físicas-químicas, lo que mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua, mejorando así las condiciones que necesita el cultivo de caña de azúcar para su óptimo desarrollo.

## **2.7. Cultivares o variedades**

Según (Orozco & Llano Ramírez, 2016) mencionan que la agricultura es una labor que acompaña al hombre hace miles de años, y sus procesos han evolucionado con el transcurso del tiempo, desde los inicios, este ha prestado mucha atención en la obtención de nuevas variedades que sean productivas; la industria azucarera dispone de híbridos originados de los cruces entre cañas “nobles” (*Saccharum officinarum* L.) y silvestres (*S. spontaneum* L., *S. sinense* Roxb., o *S. barberi* Jesw.), retrocruzados con *S. officinarum* en un proceso llamado “nobilización” (Pérez et al., 2016). La especie o cultivar de una planta influye en el crecimiento y rendimiento del cultivo, este tendrá un mayor potencial si se sabe manejar factores abióticos (clima, suelo) y bióticos (arvenses, insectos plaga y enfermedades) (Rodríguez et al., 2017).

La obtención de nuevas variedades tiene como objetivo primordial el mejoramiento de cultivares que sean resistente a plagas, mayor productividad y que se adapten a condiciones de explotación comercial, aunque la generación de nuevas variedades requiere de un trabajo arduo, de varios años de evaluaciones (Pérez et al., 2016; Silva et al., 2013).

Desde hace más de 100 años, hasta el año 2007, toda la producción que tenía el Ecuador de caña de azúcar era de variedades extranjeras ingresadas al país. En la actualidad el 66% del área sembrada caña sigue siendo de una variedad extranjera, de origen australiano, la Ragnar (Castillo et al., 2008; CINCAE, 2012).

En el Ecuador el CINCAE propuso dos alternativas para establecer variedades de caña de azúcar. La primera es la introducción de variedades que fueron desarrolladas en otros países o centros de investigación como la CC85-92 originaria de Colombia y la C132-81 de Cuba y la segunda alternativa es el desarrollo de nuevas variedades dentro de nuestro país como EC-02 (Castillo & Silva, 2004).

### **2.7.1. EC-02**

Es una variedad que proviene de semilla sexual del Centro de Tecnología Cana vieira (CTC) de Brasil, y el origen de desarrollo es Ecuador, CINCAE, fue seleccionada del cruzamiento entre las variedades V71-51 x SP82-3530 (Silva et al., 2013).

Entre los caracteres agronómicos, esta variedad presenta una población de 11 a 13 tallos por metro lineal, con escasa floración de 0 a 20%, tallo de una altura entre 3.45 m y 3.95 m, de crecimiento erecto, entrenudo de forma conoidal con escasa cantidad de cera de longitud entre 12.80 cm a 18.40 cm, diámetro entre 2.60 cm a 3.10 cm, de color rojizo amarillento, sus yemas son totalmente redondas, y sus hojas son de color verde intenso, la producción y rendimiento se detallan en la Tabla 2 y la reacción a diferentes enfermedades, se muestran en la Tabla 3 (Castillo et al., 2008).

**Tabla 2.** Producción de caña de azúcar y rendimiento azucarero (Castillo et al., 2008)

Producción de caña (TCH)	Rendimiento de azúcar (KATC)	Producción de azúcar (TAH)
<b>101.3</b>	112.7	11.6

TCH = Toneladas de caña por hectárea, KATC = Kilogramos de azúcar por tonelada de caña, TAH = Toneladas de azúcar por hectárea

Según (De la Cruz et al., 2016) argumentan que uno de los factores que limitan la producción, es el daño ocasionado por roedores, los cuales encuentran refugio y se alimentan de la caña por largos tiempos de periodo disminuyendo el rendimiento ocasionando pérdidas hasta del 10% pudiendo ser mayores o el peor de los casos que la cosecha no resulte rentable.

En relación con los insectos plagas, la EC-02, demanda de un manejo biológico y control cultural, además supervisiones sistemáticas para detener alta incidencia de algún insecto plaga, es muy importante evitar el uso de insecticidas químicos que pueden causar un desequilibrio biológico. Este cultivar presenta buenas condiciones de producción en suelos francos y francos limosos (Silva et al., 2013).



**Figura 4.** Cultivar EC-02 a los 12 meses de edad

**Fuente:** Propio del autor

### **2.7.2. CC 85-92**

Obtenida por el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia (CENICAÑA) mediante el cruce de los progenitores Co 775 x CP 52-68 (Valens et al., 2015). La germinación de esta variedad es excelente (85%), de crecimiento vigoroso y erecto, macolla de 10 a 12 tallos por cepa y de floración escasa (Investigacion, Caña, & Azúcar, 2003).

El tallo es largo y curvado de 3.5 m de altura promedio, sus entrenudos son cilíndricos de longitud máxima de 16 cm con un diámetro de 3 cm a 3.2 cm, cuando está expuesto al sol el tallo es de color morado, y al momento de la maduración su color varía a un amarillo verdoso, el nudo es de color verde violáceo de 2 mm de ancho, la hoja es larga y angosta con punta doblada. La calidad de jugo es buena y la reacción a diferentes enfermedades se detallan en la Tabla 4 (Investigaci et al., 2003; Vecilla, 2016).

En el Ecuador la variedad CC 85-92 se distribuye de manera porcentual en los cañicultores un 49%, mientras que en áreas propias de los ingenios La Troncal, San Carlos y Valdez un 35% (Vecilla, 2016).





**Figura 5.** Cultivar CC85-92 a los 12 meses de edad

**Fuente:** Propio del autor

### **2.7.3. C 132-81**

La variedad C 132-81, tiene su país de origen en Cuba, siendo sus progenitores B7542 x B63118, presenta un alto rendimiento, con una capacidad productiva de 134.01 t ha<sup>-1</sup> y gran contenido de azúcares (Quezada, 2013), es de buena germinación, posee un hábito de crecimiento erecto, de floración escasa a nula, macolla de 12 a 14 tallos por metro lineal y presenta de 12-13% de fibra (Patterson, 2012).

Su tallo es de color verde con una altura promedio de 2.4 m, el diámetro promedio es de 3.6 cm, el entrenudo es de forma cilíndrica y la yema es redonda, se encuentra a nivel del anillo de crecimiento de color amarillo verdoso, sus hojas son de color verde intenso con una longitud máxima de 1.52 m y un ancho de 5.9 cm, es resistente a varias enfermedades como se menciona en la Tabla 5, se recomienda la producción en suelos ferralíticos rojos y amarillentos (Patterson, 2012; Vecilla, 2016).

La variedad C 132-81 se distribuye de manera porcentual en los ingenios La Troncal, San Carlos y Valdez un 1% (Vecilla, 2016).



**Figura 6.** Cultivar C132-81 a los 12 meses de edad

**Fuente:** Propio del autor

**Tabla 3.** Relación de los cultivares estudiados a las principales enfermedades

Cultivar	Enfermedades	Reacción
EC-02	Carbón de Caña de Azúcar	Moderadamente Resistente
	Virus del Mosaico de Caña de Azúcar	Altamente Resistente
	Roya de la Caña de azúcar	Altamente Resistente
	Raquitismo de los retoños	Susceptible
	Escaldadura foliar	Resistente
	Virus de la hoja amarilla	Susceptible
CC85-92	Carbón de Caña de Azúcar	Resistente
	Virus del Mosaico de Caña de Azúcar	Resistente
	Roya de la Caña de azúcar	Resistente
	Raquitismo de los retoños	Intermedia
	Escaldadura foliar	Susceptible
	Virus de la hoja amarilla	Susceptible
C132-81	Carbón de Caña de Azúcar	Resistente
	Virus del Mosaico de Caña de Azúcar	Resistente
	Roya de la Caña de azúcar	Resistente

**Fuente:** (Vecilla, 2016) ; (Castillo et al., 2008).

## 2.8. Zafra

La cosecha, también llamada zafra, es una actividad que se debe programar en los ingenios para la obtención de los rendimientos esperados de azúcar, estos deben de ser eficientes, productivos y económicamente rentables (CONSA, 2016).

Una de las fases de mayor importancia en la producción es la zafra, su objetivo es cosechar la materia prima evitando grandes pérdidas con alta eficiencia, garantizando la cantidad suficiente de caña al ingenio y en menor tiempo posible, en la cosecha las condiciones climáticas como la ausencia de lluvia, baja humedad relativa, y temperaturas bajas sin heladas, son las más propicias para el progreso de la zafra (Romero et al., 2009).

Espinoza, (2017), indica que, la cosecha se realiza 21 meses después de la siembra, y de los 15 a 18 meses después del primer corte se realiza la cosecha de la primera soca, para esta labor la caña debe de contar con su estado máximo de madurez; CONSA, (2016), menciona que, para dar inicio a la zafra, primero se debe de realizar un diseño o plan de recolección que cada productor debe de aprobarlo, los ingenios consideraran los siguientes parámetros:

- Cantidad de caña contratada
- Zona geográfica donde se encuentra la plantación
- Área a cosechar
- Variedad de caña a cosechar
- Tipo de madurez de la caña a cosechar
- Fecha de siembra o del último corte de la caña
- Tipo de suelo donde se encuentra el cultivo
- Labores culturales que inciden en la calidad de la caña
- Número de aplicaciones de madurantes y/o inhibidores de la floración
- Capacidad de molienda del ingenio o central azucarero

Además, dos semanas antes a la cosecha todo ingenio o productor deberá realizar un análisis químico, en el que comprenderán las siguientes variables técnicas:

- Pol por ciento en caña

- °Brix
- Humedad por ciento en caña
- Fibra por ciento en caña
- Porcentaje de azúcares reductores
- Pureza %
- Nivel de acidez (pH)

Fuente: (CONSA, 2016)

Antes de iniciar el corte de caña, los productores deben realizar prácticas culturales dentro del campo como limpiar las entradas y salidas, podar las cercas, mantener limpios los canales de drenajes e impedir el ingreso de agua de riego (CONSA, 2016).

En la cosecha se deben de evitar pasar por el carril de caña para no trocear las mismas, no arrancar cepas de los surcos, el apilador debe ubicarse en el entresurco 3 o 4, evitar la caída de la caña por parte de los cargadores e impedir golpes o maltrato a la caña cortada, ya que el 45% al 85% de pérdidas corresponden a cañas troceadas, dañadas o maltratadas (CONSA, 2016; Romero et al., 2009), es muy importante evitar cortar caña sobre madura o inmadura, y cada caña que sea cortada debe de estar limpia sin hojas, basura o raíces (Espinoza, 2017).

Según Romero et al., (2009), el corte de los tallos se debe realizar sobre el nivel del suelo, para evitar pérdidas de material con entrenudos ricos en sacarosa, esto a la vez aumenta la producción de caña y de azúcar; en la cosecha manual se requiere de expertos en esta labor para no dañar la caña al momento del corte y se realiza con machetes una vez que se quema la planta para hacer más eficaz el trabajo, ya que una sola persona puede llegar a cosechar de 5 a 7 t diarias, de no practicarse la quema de la caña, este promedio se reduciría en un 40% (Espinoza, 2017).

Los ingenios azucareros cuentan con maquinaria moderna para realizar la cosecha, estas evitan que el productor realice quemas en el cultivo y en una sola jornada de 8 horas una máquina cosechadora puede recolectar una superficie de 2.5 a 4.0 ha, las cosechadoras mecánicas realizan la labor de corte y alza de la caña y retiran las hojas del tallo (Espinoza, 2017; Romero et al., 2009).

Jaramillo, (2018), expresa que, la caña de azúcar se comercializa por toneladas, su precio varía dependiendo del mercado y que para el año 2016 en el Ecuador su precio fue de 31,70 dólares la

tonelada de caña, este depende directamente del POL por ciento en caña, que mide el nivel de sacarosa. Según (Ramos-Juárez, Aranda-Ibáñez, & Morales-Jimenez, (2016) argumentan que la agroindustria del azúcar es una actividad de alto impacto social, constituye una fuente importante de empleo.

Generalmente la zafra en Ecuador comienza en el mes de julio y se extiende hasta diciembre con un promedio de 150 días de zafra (CINCAE, 2018).

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

##### 3.1.1 Localización de estudio

La fase experimental, del trabajo de campo de esta investigación, se desarrolló en la granja experimental Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, perteneciente a la Región siete, situada en el km 5,5 de la vía Machala-Pasaje.



*Figura 7. Granja Santa Inés (Velez, 2020).*

##### 3.1.2 Coordenadas geográficas

El sitio de estudio se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas:

Longitud: 79° 54' 05" W

Latitud: 03° 17' 16" S

Altitud: 5 msnm

### **3.1.3 Clima y ecología**

De acuerdo a las zonas de vida natural de Holdridge y el mapa ecológico de Ecuador, el sitio de la investigación pertenece a un bosque muy seco – Tropical (bms – T), que tiene una precipitación media anual de 400 a 500 mm, temperatura media anual de 24 a 25 °C y 80 % de humedad relativa. (Ochoa, 2018). Según las investigaciones de (Villaseñor et al., 2015) el suelo de la Granja Santa Inés es un Inceptisol de buen drenaje.

### **3.2 MATERIALES A UTILIZADOS**

- Cinta métrica de 5 m
- Calibrador o pie de rey
- Escalera
- Regla de madera graduada 2 m de largo
- Balanza Digital Electrónica 30 kg Camry
- Refractómetro de mano
- Cala para extraer el jugo de caña
- Letreros identificadores de la parcela de estudio
- Parcela de caña de azúcar
- Cultivares de caña estudiados
- SPSS Statistics Versión 22

Nivel de Confiabilidad 95%

### **3.2.2 VARIABLES A EVALUAR**

- Largo (m) y Ancho de la hoja (cm) + 1 o del primer dewlap visible
- Diámetro en la parte media del tallo (cm)

- Altura del tallo de la superficie desde la superficie del suelo hasta el primer dewlap visible (m)
- Largo del entrenudo en la parte media del tallo (cm)
- Peso de los tallos (kg)
- Densidad poblacional
- Producción de caña en t/ha

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Metodología**

El estudio se realizó en tres cultivares de caña de azúcar (EC-02, CC85-92 y C132-81) el cultivo estuvo bajo condiciones de secano, control de arvenses fue manualmente y no se utilizó fertilizante se efectuó el primer corte (noviembre 2018) y se inició el estudio en soca I.

Las mediciones se iniciaron desde el 8vo, 9no, 10mo, 11vo y 12vo meses; sobre 10 tallos uniformes de cada cultivar, marcados con letreros identificadores, cada tallo de caña se seleccionó al azar, el muestreo fue aleatorio simple sobre los cuales se realizaron las mediciones del diámetro y altura del tallo, largo del entrenudo de la parte media del tallo, largo y ancho de la hoja +1.

### **3.2.2 Medición de Variables**

#### **3.2.2.1 Largo del entrenudo**

Sobre las diez cañas marcadas, se tomó el largo del entrenudo medio del tallo en cm, utilizando una regla.

#### **3.2.2.2 Largo y Ancho de la Hoja**

El largo y ancho de la hoja + 1 o del primer dewlap visible se obtuvo de 10 plantas escogidas al azar por cada cultivar. Utilizando un flexómetro se midió el largo en cm desde la unión del limbo con la vaina hasta el ápice y el ancho de la hoja se tomó en la parte media de la misma en cm. Este dato se registró una vez al mes durante el periodo de tiempo que duró la fase experimental.



### **3.2.2.3 Diámetro y Altura del Tallo**

Sobre las diez cañas marcadas, de cada cultivar, se midió el diámetro del tallo en cm, con un calibrador o pie de rey se registró la altura del tallo, con una regla de madera graduada, desde la superficie del suelo hasta primer dewlap visible.

### **3.2.2.4. Conteo Poblacional**

A los 12 meses de edad (noviembre 2019) se realizó el conteo poblacional que de cada cultivar de caña de azúcar, se contó el total de tallos molibles existentes en cada unidad experimental de 10.5 m<sup>2</sup>.

### **3.2.2.5. Peso de Tallos**

Se cortaron y pesaron los diez tallos marcados de cada cultivar a los 12 meses de edad (noviembre 2019). Con este dato y el número de tallos molibles de cada cultivar se estimó la producción de caña en t/ha.

### **3.2.2.6 Proceso estadístico**

En el proceso estadístico de datos se utilizó el programa SPSS versión 22 ( $\alpha=0,05$ ) para establecer el comportamiento de tres cultivares de caña de azúcar se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor en cada una de las variables (Largo y Ancho de la hoja + 1 o del primer dewlap visible, diámetro en la parte media del tallo, altura del tallo de la superficie desde la superficie del suelo hasta el primer dewlap visible y Largo del entrenudo en la parte media del tallo) con respecto a los cultivares estudiados, se realizó un análisis univariado de varianza factorial de intergrupos, previo a conocer diferencias significativas y con una prueba y rango de comparación múltiples (Tuckey). Correlación de Pearson con una prueba de significación Bilateral entre los parámetros agroproductivos (altura del tallo) y las variables climáticas (Temperatura, Humedad relativa y Precipitación) considerando la probabilidad máxima de error de 0,05 observaciones de la estación agrometeorológica de la granja Santa Inés en una serie de 24 años (1990 - 2013).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Largo de la hoja

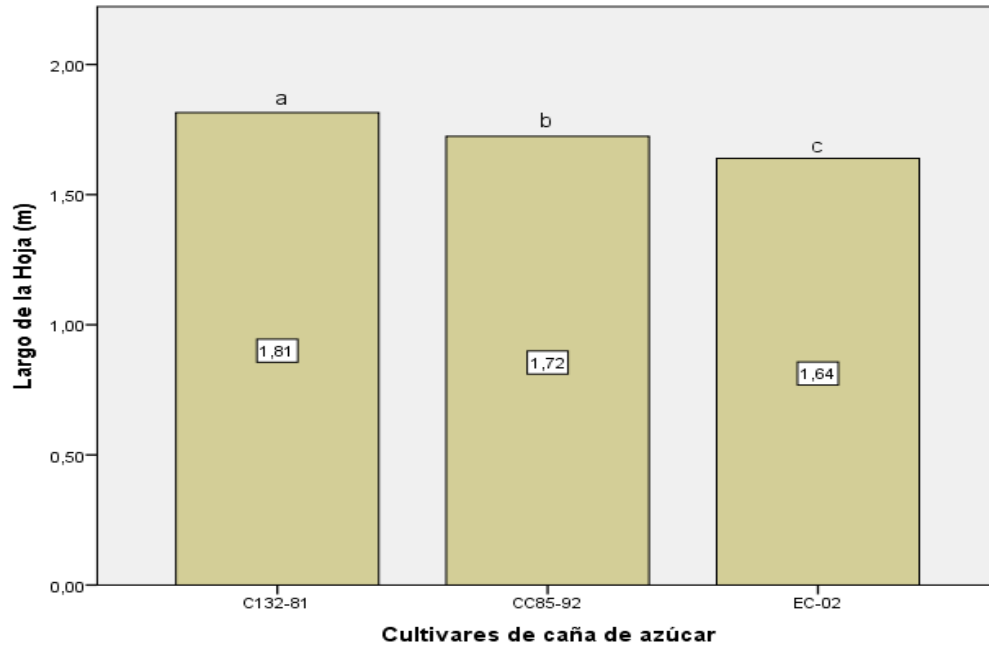
El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al largo de la hoja +1 o del primer dewlap visible, muestra un p-valor de 0,000, el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de diferencia donde quiere decir que si influye el cultivar con el largo de la hoja +1 (Tabla 4).

*Tabla 4. ANOVA de un factor intergrupos para la variable largo de la hoja + 1 en (m) por cultivar*

<b>Factor de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	0,768	2	0,384	20,617	0,000
Dentro de grupos	2,737	147	0,019		
Total	3,505	149			

Respecto al largo de la hoja, se observa que existe diferencias estadísticas entre los tres cultivares; la C132-81 presentó la hoja de mayor tamaño con 1,81 m, seguida por la CC85-92 con 1,72 m; la hoja más corta corresponde a la EC-02 con 1,64 m (Gráfico 1), lo que se puede decir que el largo de la hoja +1 si influye en los cultivares estudiados.

En un trabajo realizado por (Pettersson, 2012) reportó que el largo de la hoja de los cultivares de caña de azúcar, generalmente es diferente y señala que en su estudio del largo de la hoja de C132-81 fue de 1,52 m, un resultados que difieren en el presente trabajo realizado.



**Gráfico 1.** Largo de la hoja +1 de los tres cultivares estudiados

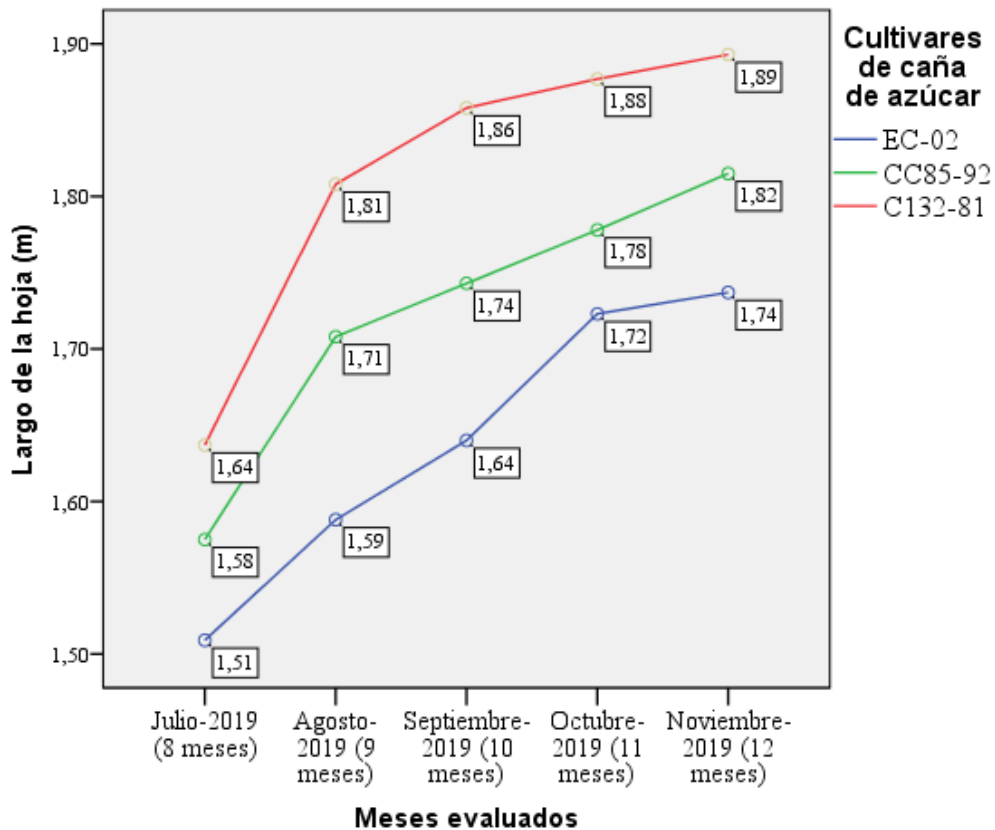
La prueba de efectos inter-sujetos encontró diferencias significativas en el largo de la hoja de los tres cultivares de caña de azúcar, mientras en la interacción cultivar por meses no se aprecia diferencia estadística (Tabla 5).

**Tabla 5.** Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo de la hoja + 1 de tres cultivares de caña de azúcar

Fuentes de variación	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	1,905 <sup>a</sup>	14	0,136	11,478	0,000
Interceptación	446,827	1	446,827	37699,840	0,000
Variedad	0,768	2	0,384	32,387	0,000
Meses	1,099	4	0,275	23,173	0,000
Variedad * Meses	,038	8	0,005	0,403	0,917
Error	1,600	135	0,012		
Total	450,332	150			
Total corregido	3,505	149			

a. R al cuadrado = .543 (R al cuadrado ajustada = .496)

Sin embargo, el largo de la hoja +1 de cada cultivar de caña de azúcar, muestra que existe diferencia estadística en cada uno de ellos, en los distintos meses en que se realizaron las mediciones, lo que demuestra que según aumenta la edad de la planta depende mucho de la adaptación de los cultivares de la caña de azúcar en la zona investigada esto ayuda a que se incremente el largo de la hoja, alcanzando la mayor longitud a los 12 meses de edad. (Gráfico 2).



**Gráfico 2.** Largo de la hoja + 1 (m) de los tres cultivares de caña de azúcar evaluados por meses

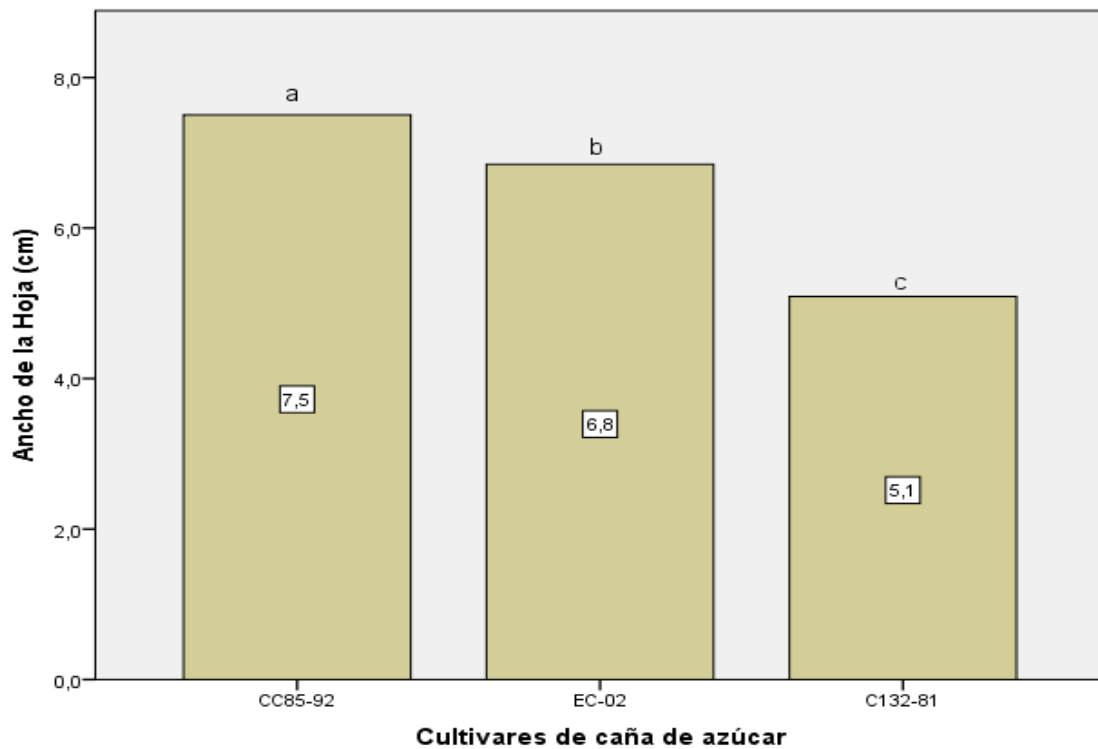
#### 4.2. Ancho de la hoja

El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al ancho de la hoja +1 o del primer dewlap visible, muestra un p-valor de 0,000, el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de diferencia lo que quiere decir que si influye los cultivares con el ancho de la hoja +1 (Tabla 6).

**Tabla 6.** ANOVA de un factor intergrupos para la variable ancho de la hoja + 1 por cultivar

Factores de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	155,732	2	77,866	121,139	0,000
Dentro de grupos	94,488	147	0,643		
Total	250,220	149			

Como se puede apreciar en el Gráfico 3, presentan una alta diferencia estadística el cultivar CC85-92 tiene las hojas más anchas entre los tres cultivares con 7,5 cm, seguido por EC-02 con 6,8 cm y la hoja más estrecha corresponde a la C132-81 con 5,1 cm. Resultados similares, con respecto al ancho de la hoja, han reportado otros investigadores, quienes indican que el ancho de la hoja del cultivar EC-02 está entre 6,0 y 6,8 cm y el de la C132-81 se encuentra en 5,9 cm. (Pettersson, 2012) y(Silva et al., 2013).



**Gráfico 3.** Ancho de la hoja + 1 de los tres cultivares estudiados

La prueba de efectos inter-sujetos en el ancho de la hoja +1 de los tres cultivares de caña de azúcar (CC85-92 – EC-02 – C132-81) muestra la existencia de diferencia estadística entre cultivares, pero en la interacción cultivar por meses no se aprecia diferencia significativa (Tabla 7).

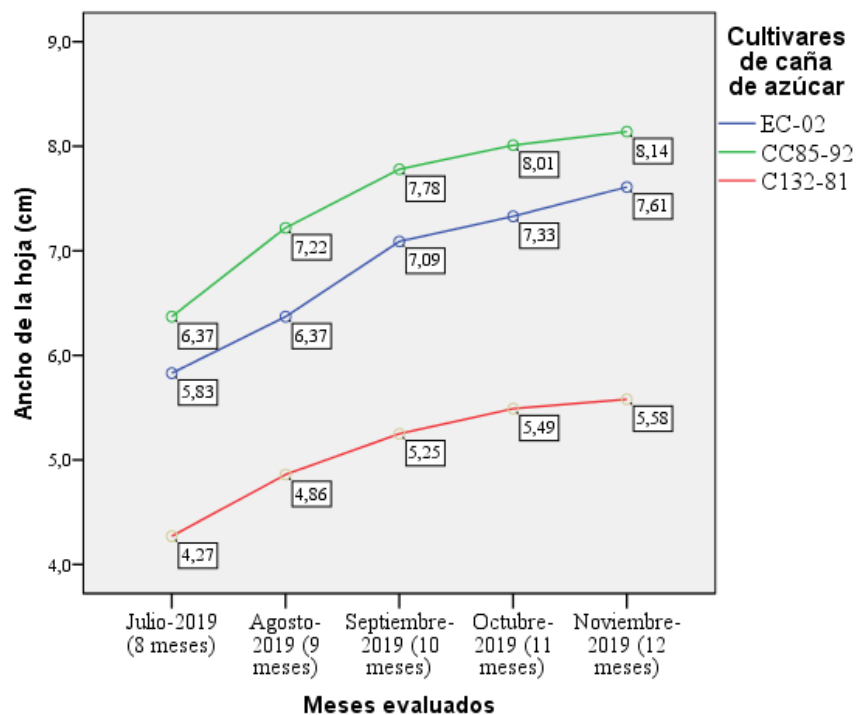
**Tabla 7.** Pruebas de efectos inter-sujetos en el ancho de la hoja de tres cultivares de caña de azúcar

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Cuadrático promedio</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Modelo corregido	209,638 <sup>a</sup>	14	14,974	49,813	0,000
Interceptación	6298,560	1	6298,560	20952,777	0,000
Variedad	155,732	2	77,866	259,028	0,000
Meses	52,559	4	13,140	43,710	0,000
Variedad * Meses	1,348	8	0,168	0,560	0,809
Error	40,582	135	0,301		
Total	6548,780	150			
Total corregido	250,220	149			

a. R al cuadrado = .838 (R al cuadrado ajustada = .821)

El ancho de la hoja +1 de los tres cultivares de caña de azúcar, muestra que existe alta diferencia significativa de los cultivares CC85-92 y EC-02 con respecto a la C132-81 que posee la hoja de menor ancho en cada uno de los meses en que se realizó la medición. La CC85-92 presenta las hojas más anchas, seguida por la EC-02 (Gráfico 4).

El ancho de la hoja +1 guarda una estrecha relación con la edad de la caña y se incrementa según aumenta la edad de la planta, alcanzando el mayor ancho de la hoja a los 12 meses de edad con valores de 8.12 cm para el cultivar CC85-92; 7.61 cm en la EC-02 y 5.58 cm en la C132-81, la cual presenta las hojas más angostas.



**Gráfico 4.** Ancho de la hoja + 1 (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses

### 4.3. Largo del entrenudo

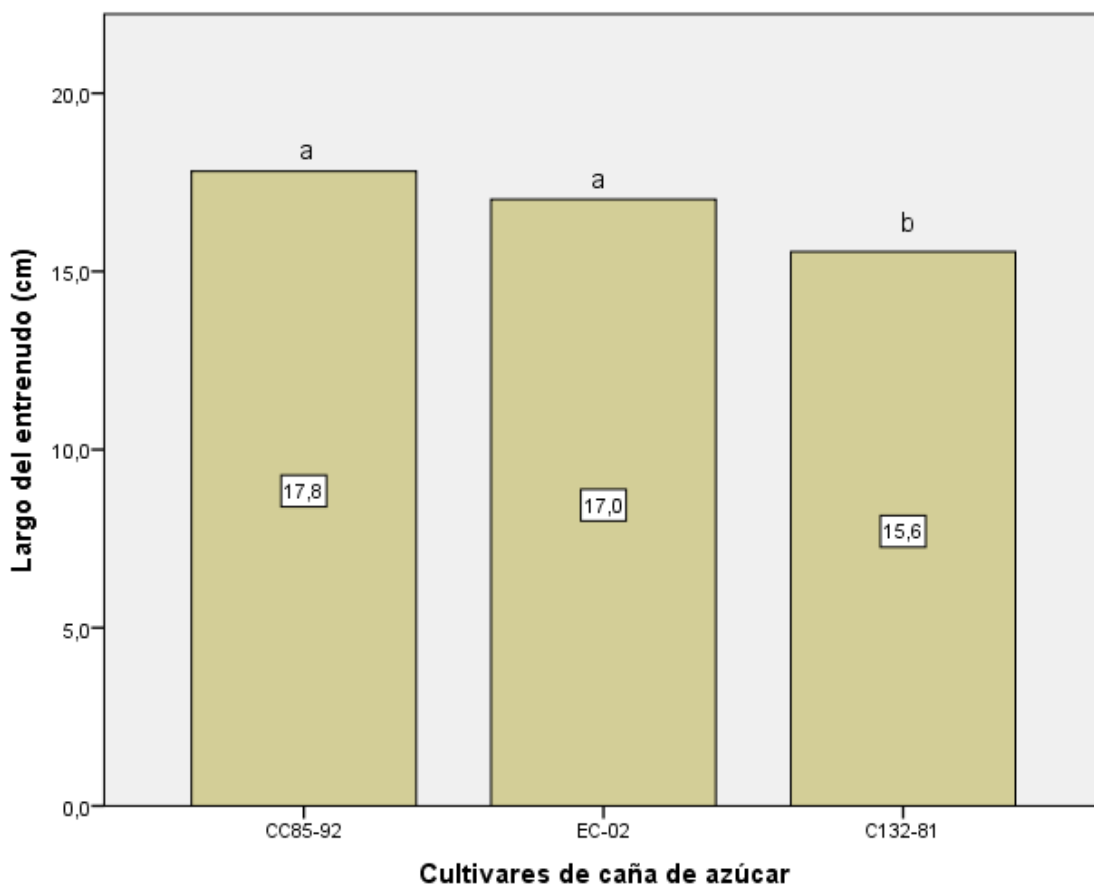
El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al largo del entrenudo muestra un p-valor de 0,000, el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de diferencia lo que quiere decir que si influye los cultivares con el largo del entrenudo (Tabla 8).

**Tabla 8.** ANOVA de un factor intergrupos para la variable largo del entrenudo en cm por cultivar

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	131,996	2	65,998	13,488	0,000
Dentro de grupos	719,291	147	4,893		
Total	851,287	149			

Como se puede observar más adelante en el Grafico 5, no existe diferencia estadística en el largo del entrenudo, entre los cultivares CC85-92 y EC-02, sin embargo, estos dos cultivares presentan diferencia estadísticamente superior a la C132-81. El entrenudo del cultivar CC85-92 presenta la mayor longitud (17,8 cm), le sigue en orden la EC-02 con 17,0 cm y por último la C132-81 que presenta los entrenudos de menor largo con 15,6 cm, donde el entrenudo, color, habito de crecimiento depende del cultivar.

(Zambrano, 2015) reporta un valor totalmente diferente con el trabajo de investigación donde el largo de entrenudo para la CC85-92 entre 3,0 y 3,2 cm; investigación realizada en la provincia de Santa Elena sector Río Verde. mientras. (Silva et al., 2013) indica que el largo del entrenudo del cultivar EC-02 presenta un valor entre 12,4 y 12,8 cm a los 12 meses de edad.



*Gráfico 5. Largo del entrenudo (cm) de las tres cultivares estudiados*



La prueba de efectos inter-sujetos en el largo del entrenudo de los tres cultivares de caña de azúcar (CC85-92 – EC-02 – C132-81) muestra la existencia de diferencia estadística entre cultivares, pero en la interacción cultivar por meses no se aprecia diferencia significativa (Tabla 9).

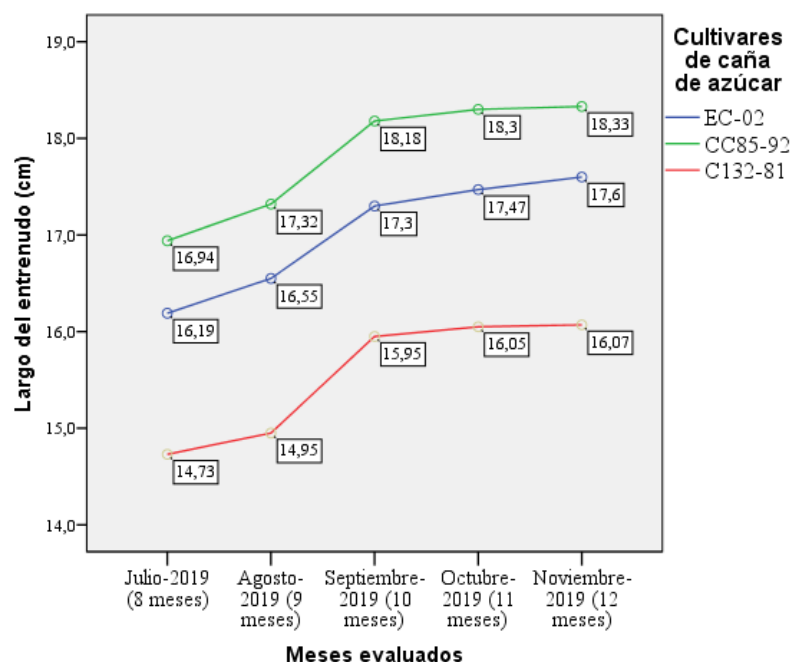
**Tabla 9.** Prueba de efectos inter-sujetos en el largo de entrenudos de tres cultivares de caña de azúcar

Fuentes de variación	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.
Modelo corregido	180,838 <sup>a</sup>	14	12,917	2,601	0,002
Interceptación	42312,483	1	42312,483	8519,940	0,000
Variedad	131,996	2	65,998	13,289	0,000
Meses	48,614	4	12,154	2,447	0,049
Variedad * Meses	0,228	8	0,028	0,006	1,000
Error	670,449	135	4,966		
Total	43163,770	150			
Total corregido	851,287	149			

a. R al cuadrado = .212 (R al cuadrado ajustada = .131)

El largo del entrenudo es diferente estadísticamente en los tres cultivares de caña de azúcar evaluados. La C132-81, posee los entrenudos más cortos en cada uno de los meses en que se realizaron mediciones; mientras la CC85-92 presenta los entrenudos más largos seguida de la EC-02, la cual es intermedia (Grafico 6).

Como se puede apreciar el largo del entrenudo se incrementa según aumenta la edad de la planta. Éste presenta una tendencia similar al largo y ancho de la hoja, ya que, a mayor superficie foliar, los entrenudos de la caña son más largos, debido como es lógico, a una mayor actividad fotosintética, que favorece la acumulación de masa vegetal.



*Gráfico 6. Largo del entrenudo (cm) de tres cultivares de caña de azúcar por meses*

#### 4.4. Diámetro del tallo

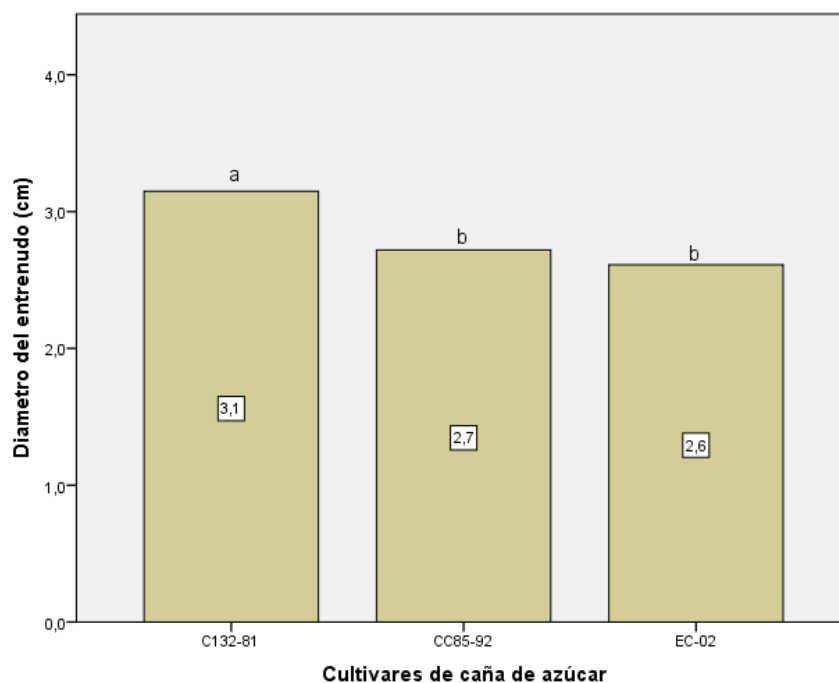
El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al diámetro del tallo, muestra un p-valor de 0,000, el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de diferencia lo que quiere decir que si influye cultivares con el diámetro del tallo (Tabla 10).

*Tabla 10. ANOVA de un factor intergrupos para la variable diámetro del tallo de caña de azúcar por cultivar*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7,468	2	3,734	43,027	0,000
Dentro de grupos	14,060	162	0,087		
Total	21,528	164			

El diámetro del tallo no es diferente estadísticamente entre los cultivares C85-92 y EC-02, sin embargo, estos dos cultivares presentan diferencia estadística inferior que C132-81 donde se aprecia que un mayor diámetro en la C132-81 con 3,1, le sigue en orden la CC85-92 con 2,7 cm y la EC-02 con el menor diámetro de 2,6 cm (Gráfico 7), lo que quiere decir que el diámetro del tallo depende de las condiciones agroecológicas de la zona donde se encuentran los cultivares y el manejo.

Estudios realizados por (Vecilla, 2016) indica un resultado similar que el trabajo realizado donde el diámetro del entrenudo del cultivar C132-81 es de 3.6 cm y la CC85-92 de 3,0 a 3,2 cm; por otra parte (Silva et al., 2013) reporta un diámetro para el tallo del cultivar EC-02 entre 2,60 y 3.10 cm.



**Gráfico 7.** Diámetro del tallo (cm) de los tres cultivares estudiados

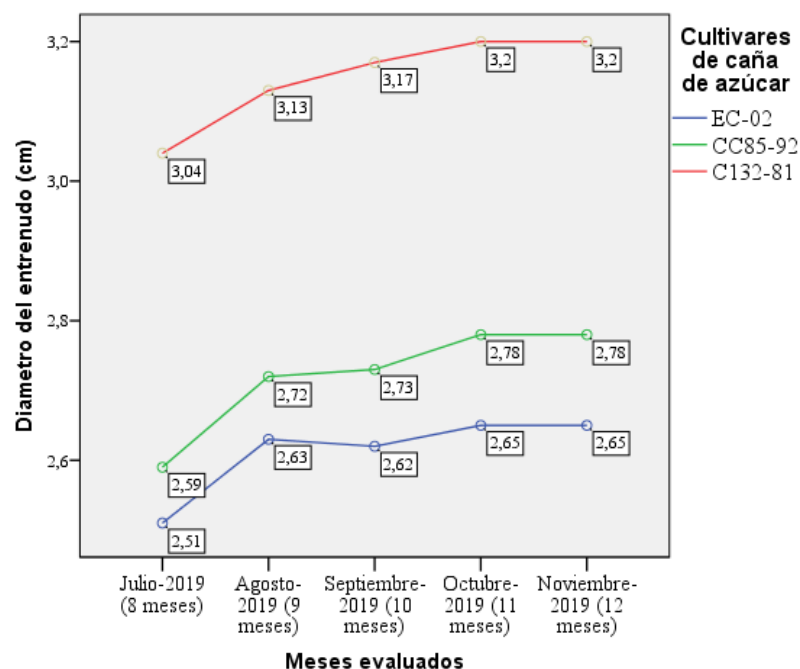
La prueba de efectos inter-sujetos encontró significancia en el diámetro del tallo entre los tres cultivares de caña de azúcar evaluados (CC85-92 – EC-02 – C132-81); pero en la interacción cultivar por mes no hay diferencia significativa con respecto al grosor del tallo (Tabla 11).

**Tabla 11. Prueba de efectos Inter sujetos en el diámetro del tallo de los tres cultivares de caña de azúcar estudiados**

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Cuadrático promedio</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Modelo corregido	8,593 <sup>a</sup>	14	0,614	10,734	0,000
Interceptación	1198,507	1	1198,507	20958,342	0,000
Variedad	8,036	2	4,018	70,261	0,000
Meses	0,541	4	0,135	2,364	0,056
Variedad * Meses	0,017	8	0,002	0,037	1,000
Error	7,720	135	0,057		
Total	1214,820	150			
Total corregido	16,313	149			

a. R al cuadrado = .527 (R al cuadrado ajustada = .478)

El diámetro del tallo de los tres cultivares de caña de azúcar, muestra que existe diferencia estadística entre ellos en los distintos meses medidos. El cultivar C132-81 tiene el mayor diámetro del tallo, seguido por la CC85-92 y la EC-02 ambas con valores no tan notables como C132-81. El diámetro del tallo de los tres cultivares se incrementa a medida que aumenta la edad de la planta; este incremento es menos pronunciado cuando la edad se aproxima a los 12 meses, ya que el crecimiento se detiene, debido a que la planta entra en la fase de maduración donde existe variaciones en la amplitud de temperaturas diurna y nocturna y la humedad son bajas en el mes de noviembre ya que es favorable porque va a existir mayor acumulación de sacarosa en los tallos(Gráfico 8).



**Gráfico 8.** Diámetro del tallo (cm) de los tres cultivares de caña de azúcar por meses

#### 4.5. Largo del tallo

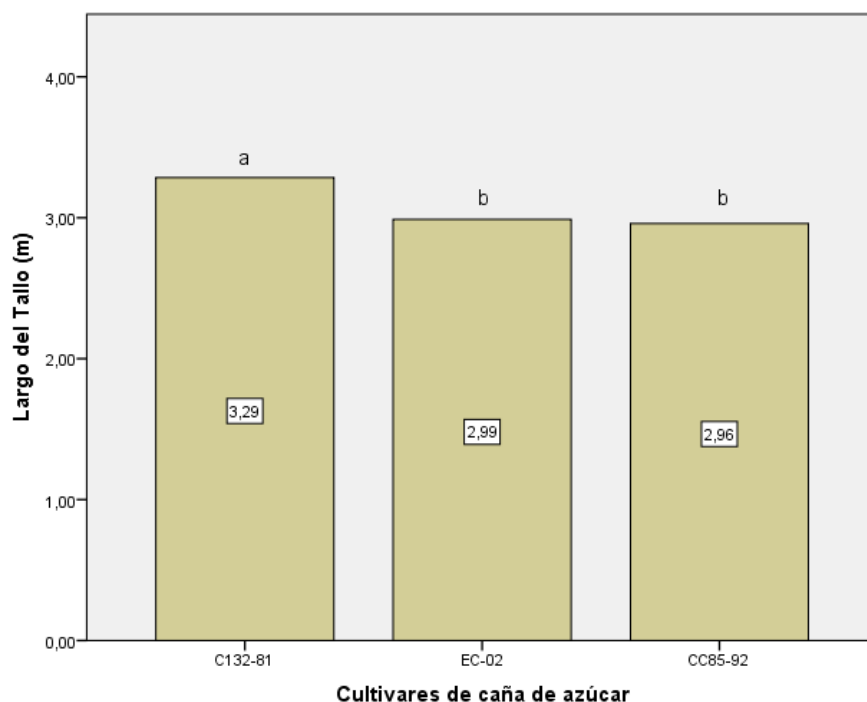
El análisis de varianza (ANOVA) de un factor realizado al largo del tallo, muestra un p-valor de 0,006, el cuál es menor a 0,05; por lo tanto, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de diferencia lo que quiere decir que si influye los cultivares con el largo del tallo (Tabla 12).

**Tabla 12.** ANOVA de un factor intergrupos para la variable largo del tallo en metros por cultivar

Fuentes de Variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,718	2	0,859	5,218	0,006
Dentro de grupos	26,662	162	0,165		
Total	28,380	164			

El largo del tallo no es diferente estadísticamente entre los cultivares C85-92 y EC-02, sin embargo, estos dos cultivares presentan diferencia estadística inferior que C132-81 donde se aprecia que una mayor longitud en la C132-81 con 3,29 m, le sigue en orden la EC-02 con 2,99 m y la CC85-92 con la menor longitud de 2,96 m (Gráfico 9).

Estos resultados se asemejan a lo reportado por (Vecilla, 2016), quien reporta un largo del tallo para el cultivar C132-81 de 2,40 m y para el cultivar CC85-92 de 3,50 m. Por otra parte (Silva et al., 2013) señala que el cultivar EC-02 presenta un tallo de caña con una longitud entre 3,45 y 3,95 m realizadas en condiciones similares que el trabajo realizado.



**Gráfico 9.** Largo del tallo de los tres cultivares estudiados

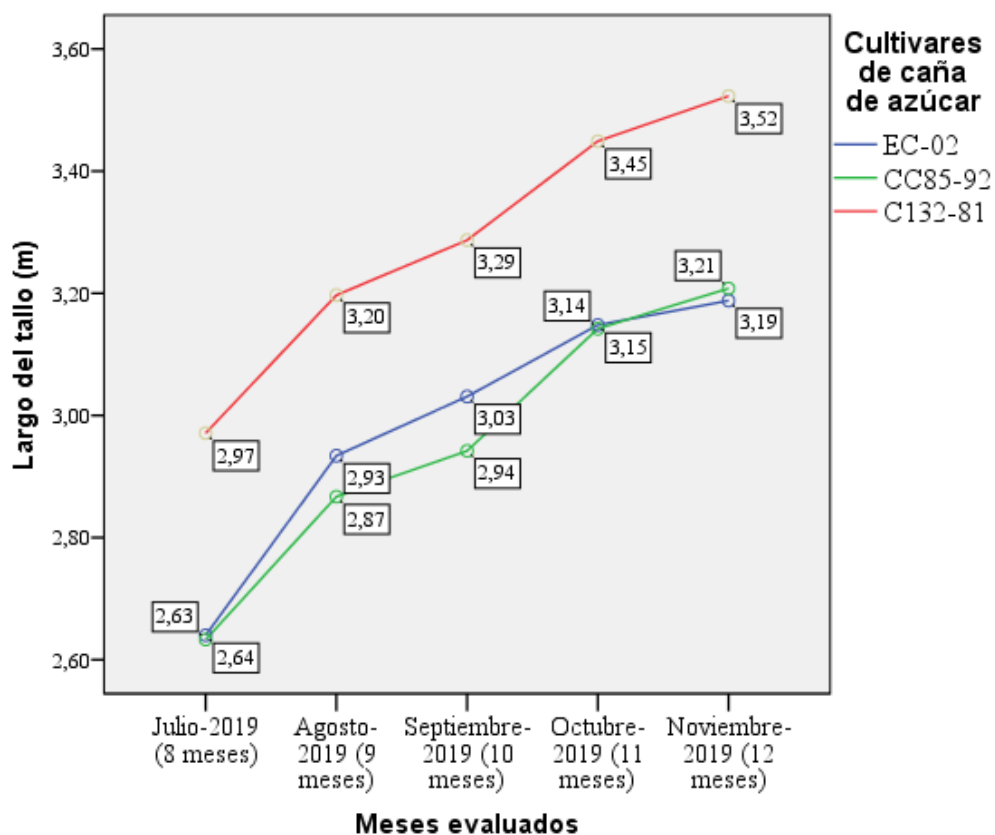
La prueba de efectos inter-sujetos encontró significancia en el largo del tallo entre cultivares; pero en la interacción cultivar por mes no hay diferencia significativa con respecto a la longitud del tallo (Tabla 13).

**Tabla 13.** Pruebas de efectos inter-sujetos en el largo del tallo de los tres cultivos de caña de azúcar evaluados

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Tipo III de suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Cuadrático promedio</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Modelo corregido	9,188a	14	0,656	22,254	0,000
Interceptación	1420,497	1	1420,497	48168,650	0,000
Variedad	3,269	2	1,635	55,427	0,000
Meses	5,869	4	1,467	49,754	0,000
Variedad * Meses	,050	8	0,006	0,211	0,989
Error	3,981	135	0,029		
Total	1433,666	150			
Total corregido	13,169	149			

a. R al cuadrado = .698 (R al cuadrado ajustada = .666)

La curva del largo del tallo del cultivar C132-81, se separa significativamente superior, a la curva de los cultivares CC85-92 y EC-02, cuyos valores de la longitud del tallo son inferiores al de la C132-81. Los tres cultivares muestran incrementos en el tamaño del tallo a medida que aumenta la edad de la caña, este incremento del largo del tallo disminuye cuando la edad se aproxima a los 12 meses, debido a que la planta entra en la fase de maduración y el crecimiento se detiene, acumulándose los carbohidratos procedentes de la fotosíntesis, en el tallo en forma de sacarosa (Grafico 10).



**Gráfico 10.** Largo del tallo en (m) de tres cultivares de caña de azúcar estudiado por meses

#### 4.6. Producción

Los componentes principales del rendimiento agrícola de la caña de azúcar son, peso de los tallos, determinado por diámetro y largo de los tallos, y la población o cantidad de tallos molibles por unidad de superficie (hectáreas) (Quezada, 2013).

El cultivar con mayor número de tallos/ha es la EC-02 (100000) seguido por la CC85-92 (89524) y C132-81 (61905), este último representa el cultivar con menor densidad en comparación con las dos anteriores.

La producción en t de caña/ha se obtuvo mediante el número de tallos/ha y el peso de 10 tallos registrado en una balanza a los 12 meses de edad. Como se puede apreciar en la Tabla 14, el cultivar con el mejor rendimiento agrícola corresponde a la EC-02 con 185,10 t de caña/ha<sup>-1</sup>, en



segundo lugar, lo ocupa la CC85-92 con  $176,45t/ha^{-1}$  y por último con el menor valor la C132-81 con  $171,29t/ha^{-1}$ .

**Tabla 14.** Cantidad de tallos/ha, Peso de 10 Tallos y rendimiento agrícola ( $t/ha$ ) de los tres cultivares estudiados a los 12 meses de edad

Cultivares	Tallos/ha	Peso de 10 tallos en kg	Rendimiento $t/ha^{-1}$
EC-02	100000	18,51	185,10
C132-81	61905	27,67	171,29
CC85-92	89524	19,72	176,45

En las zonas de mayor producción de caña de azúcar de Ecuador, a escala comercial el CINCAE, reporta para el cultivar EC-02 una producción de 101,3 toneladas de caña/ha (Silva et al., 2013). De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, las condiciones para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar en esta zona de la provincia de El Oro son muy favorables.

Debido al comportamiento tan favorable que presentaron los cultivares de caña de azúcar, EC-02, C132-81, CC85-92 a las condiciones que prevalecen en el lugar donde se realizó la investigación, se correlacionaron los parámetros agroproductivos con las variables climáticas de la Granja Santa Inés.

#### **4.7. Correlación entre los parámetros agroproductivos y las variables climáticas de la granja Santa Inés.**

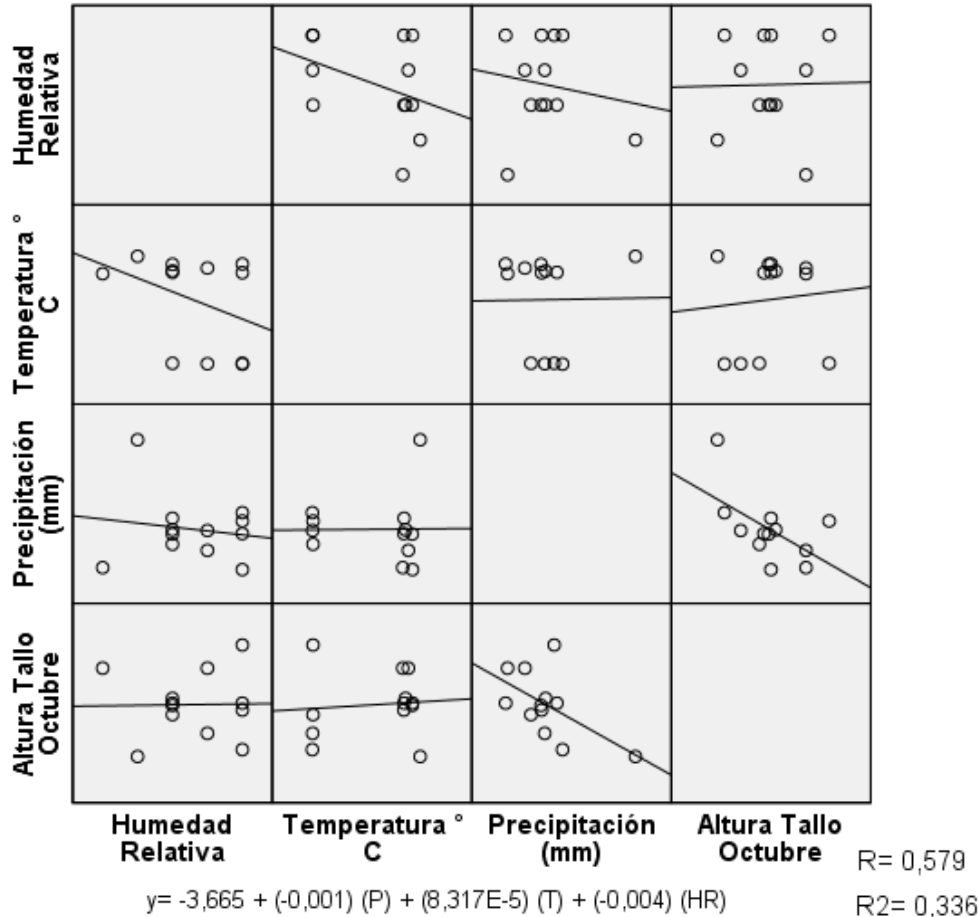
El análisis estadístico CORRELACIÓN entre la altura de tallo y las variables climáticas (precipitación, temperatura, humedad relativa) de la Granja Santa Inés detectó que existe una correlación negativa o inversa fuerte con respecto a la precipitación ( $r=-0,471^*$ ), donde quiere decir que cuando la altura del tallo aumenta la precipitación disminuye, con respecto a la temperatura ( $r=0,033$ ) existe una correlación positiva moderada, en la humedad relativa ( $r=-0,232$ ) existe una correlación negativa o inversa que explica que no existe una correlación entre las variables. (Tabla 15).

**Tabla 15.** *Correlación entre la altura del tallo y variables climáticas de la Granja Santa Inés en el cultivo de caña de azúcar*

		<b>Altura Tallo Octubre</b>	<b>Precipitación(mm)</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Humedad Relativa</b>
<b>Altura Tallo Octubre</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-,471*	,033	-,232
	<b>Sig. (bilateral)</b>		,036	,916	,339
	<b>N</b>	30	20	13	19
<b>Precipitación(mm)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,471*	1	,027	,090
	<b>Sig. (bilateral)</b>	,036		,931	,714
	<b>N</b>	20	20	13	19
<b>Temperatura °C</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	,033	,027	1	-,377
	<b>Sig. (bilateral)</b>	,916	,931		,227
	<b>N</b>	13	13	13	12
<b>Humedad Relativa</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,232	,090	-,377	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	,339	,714	,227	
	<b>N</b>	19	19	12	19

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

El  $R=0,579$  tiene una relación media de las tres variables climáticas con respecto a la altura y un  $R^2= 0,336$  uno de tres es explicado de la variabilidad de la altura con las tres variables climáticas (Humedad relativa, temperatura y precipitación), según el climograma nos indica unas condiciones muy favorables menor lluvia y menor temperatura para la madurez de la caña y donde octubre es como referencia donde existe correlación negativa fuerte que favorece a la cosecha. (Gráfico 14).



*Gráfico 11. Dispersión matricial del mes de octubre respecto a variables climáticas con la altura del tallo en el cultivo de la caña de azúcar*

#### 4.8. Porcentaje de Floración

Aunque la floración es un factor negativo para la cosecha, indica que la caña de azúcar está en la fase de maduración. Al inducir la floración se produce un cambio, de la yema apical vegetativa a yema floral, se aprecia por la emisión de la hoja bandera, la cual indica que la espiga está al brotar. Los tallos florecidos en muchas ocasiones se secan o brotan hijos aéreos de las yemas laterales superiores, esto provoca la inversión de la sacarosa en azúcares reductores no recuperables en la fábrica, ocasionado severas pérdidas en azúcar y melazas muy ricas.

De los cultivares evaluados en esta investigación solo la EC-02 mostro un porcentaje bajo de floración (9,52%); mientras la CC85-92 y la C132-81 no mostraron síntomas de floración a los 12 meses de edad, en las condiciones en que se desarrolló esta investigación (Tabla 16),

**Tabla 16.** *Porcentaje de Floración de los tres cultivares de caña de azúcar a los 12 meses de edad*

<b>Cultivares</b>	<b>% de Floración</b>
<b>EC-02</b>	9,52
<b>CC85-92</b>	0
<b>C132-81</b>	0

Estos resultados concuerdan con los obtenidos Raul Castillo et al., (2009), quien confirma que el cultivar EC-02 presenta una escasa floración con valores de 0 a 20 % ; a diferencia de las variedades CC85-92 y C132-81 que no florecieron. Durán, (2014), da a conocer que estas variedades por lo general no presentan floración.

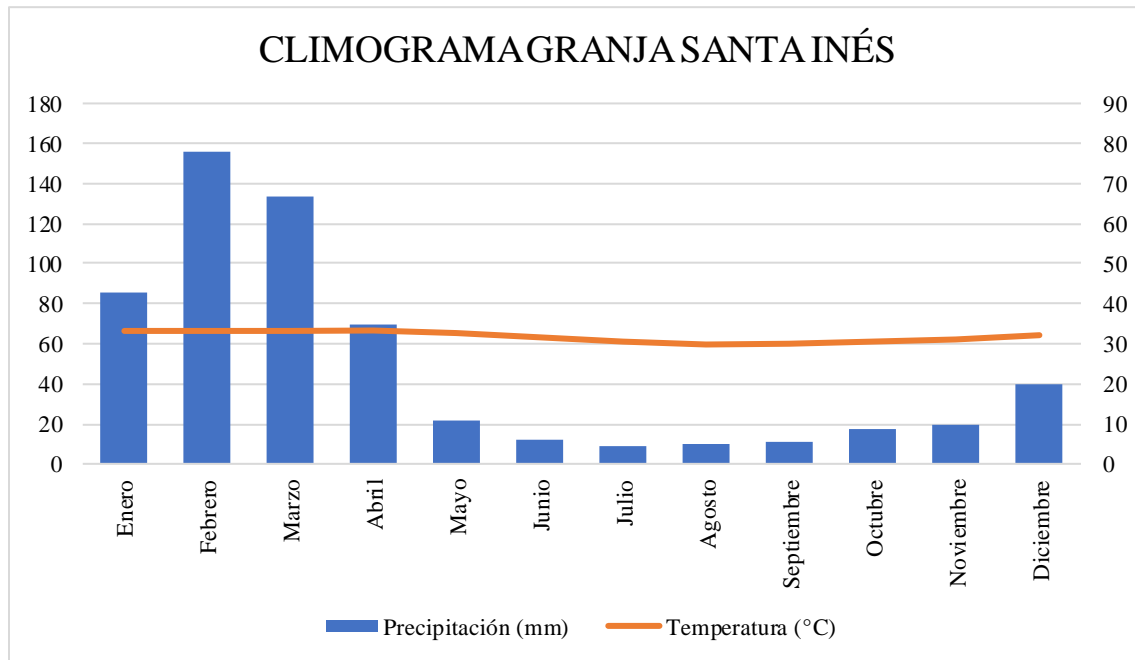
Raúl Castillo & Silva, (2004); Osorio Cadavid, (2007), postulan que la floración no es un componente anhelado para la producción comercial de caña de azúcar, debido a que el tallo deja de crecer, de manera que una de las características deseables de las variedades es que tengan baja o nula floración, a pesar de ello, la floración es requerida para la producción de nuevas variedades.

Polo, (2005), describe que la caña de azúcar es sensible a cambios de fotoperiodo, la floración puede iniciar cuando los días tienen menos de 12 horas de luz; en la granja Santa Inés desde el mes de mayo, empieza a notarse una disminución de horas luz.

Cabe señalar que para conseguir alta concentración de azúcares, y una producción sostenible de caña, se necesita contar nuevos cultivares (Valens et al., 2015). Desde el 2009 se han recomendado nuevos cultivares como la EC-02, la cual ha demostrado tener mayor impacto en producción de caña y azúcar en comparación con otras variedades como Ragnar (Silva *et al.*, 2013; CINCAE, 2017b).

#### 4.9. Climograma de la Granja Santa Inés

En un climograma se representan las precipitaciones totales mensuales y las temperaturas medias de cada mes, como las variables climáticas de la zona donde se desarrolló la investigación tienen una incidencia notable en el crecimiento del tallo de la caña de azúcar consideramos oportuno realizar un climograma con una serie de 24 años (1990-2013) de observaciones de la estación agrometeorológica de la granja Santa Inés.



*Gráfico 12. Climograma Granja Santa Inés*

En el Gráfico 16, se observa que la precipitación en el lugar de estudio, es mayor en los meses desde enero hasta abril con valores de 80 a 160 mm, acompañado con fuerte temperatura que va desde los 32°C hasta los 33.3°C, lo que hace de un ambiente propicio para la siembra de caña de azúcar. Aguilar (2009), indica que temperaturas mayores a 32°C incita la germinación y formación de nuevos brotes, los mismos que influyen directamente en la producción de azúcar, Vega, (2016), afirma que durante la germinación se debe evitar el estrés hídrico, ya que produciría daños del 79 a 93 % en la capacidad de germinación.

A partir de mayo hasta diciembre existe un período menos lluvioso, pero de mayo hasta agosto las temperaturas son más altas, las cuales junto con una humedad relativa alta estimulan el crecimiento de los tallos; mientras los meses más favorables para la cosecha son desde julio a noviembre,

porque se presentan escasas precipitaciones y las temperaturas son más frescas, lo que incide favorablemente en la madurez de la caña. Lo expresado anteriormente coincide con los reportes de Romero et al., (2009 y CONSA, 2016) quienes recomiendan que la zafra se debe de realizar sin la presencia de humedad e impedir el ingreso de agua de riego a los campos de caña que están próximos a ser cosechados.

Figuroa Rodríguez, García García, Mayett Moreno, Hernández Rosas, & Figuroa Sandoval, (2015), corroboran esta información, ya que mencionan que la precipitación y temperatura ambiente son factores que inciden en el rendimiento y producción de caña de azúcar; así mismo, Aucatoma, Castillo, Mendoza, & Garcés, (2015), señalan que la temperatura, precipitación y luminosidad son componentes que determinan la calidad de la sacarosa, fibra y no azúcares obtenidos en las labores de cosecha.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

- En el porcentaje de floración EC-02 es el mayor y el único con 9,52 % ya que CC85-92 y C132-81 obtuvieron 0 % en floración.
- En el largo de la hoja +1 de C132-81 es el que posee la hoja más larga con 1,81 m a diferencia de los otros dos cultivares CC85-92 con 1,72 m y EC-02 con 1,64 m.
- El cultivar CC85-92 posee el ancho de la hoja mayor con 7,5 cm luego EC-02 con 6,8 cm y al final C132-81 con 5,1 cm con la hoja menos ancha.
- C132-81 es el cultivar que posee los entrenudos con mayor diámetro con 3,1 cm luego CC85-92 con 2,7 cm y al final EC-02 2,6 cm.
- En el largo del entrenudo CC85-92 es el cultivar que tiene el mayor largo con 17,8 cm, seguido por EC-02 con 17,0 cm y al final C132-81 con 15,6 cm es el menor.
- El cultivar con el tallo más largo es C132-81 con 3,29 m y tanto EC-02 2,99 cm y CC85-92 con 2,96 se semejan mucho en este parámetro.
- EC-02 es el mejor cultivar tanto en densidad poblacional como en rendimiento superando a CC8592 y C132-81, ya que llega a 100000 tallos molibles por hectárea y posee un rendimiento de 185,1 toneladas por hectárea en condiciones de suelos de tipo inceptisol con buen drenaje y condiciones climáticas de la Granja Santa Inés.
- En la caña de azúcar influye mucho las condiciones climáticas del lugar, según nuestro climograma histórico de la Granja Santa Inés (Humedad relativa, temperatura, precipitación) da condiciones muy favorables para el buen crecimiento y desarrollo de este cultivo, donde las lluvias de diciembre a abril que conforman el periodo lluvioso, permiten que se tenga una buena etapa inicial y a medida que cambia este a periodo poco lluvioso, favorece a la madurez y con esto a la cosecha, en el cual el mes de octubre da como referencia el corte, ya que no hay saturación de agua en los tallos puesto que las precipitaciones disminuyen, el azúcar recuperable no se pierde y se obtiene calidad en la cosecha.

## **6. RECOMENDACIONES**

- La toma de datos en campo en lo que se refiere a parámetros agroproductivos en el cultivo de la caña de azúcar ya que estos nos ayudan a estimar, población, rendimiento, porcentaje en floración, fechas de corte.
- La utilización de nuevos cultivares que desarrolla el Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE) ya que tienen un buen desarrollo, producción y buen rendimiento como la EC-02 dará una producción sostenible en el cultivo de la caña de azúcar.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, N. (2009). Competitividad de la agroindustria azucarera de la huasteca México. *Sivicaña, I*, 16. Retrieved from [http://www.sipove.gob.mx/Doc\\_SIPOVE/SVegetal/Publica/cana/Fichas/FT\\_Cana\\_de\\_Azucar.pdf](http://www.sipove.gob.mx/Doc_SIPOVE/SVegetal/Publica/cana/Fichas/FT_Cana_de_Azucar.pdf)
- Aguilar, N. (2011). *Competitividad de la agroindustria azucarera de la huasteca México*. 502.
- Amaya, A., Cock, J., Hernández, A. del P., & Irvine, J. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. In CENICAÑA (Ed.), *CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA* (Primera, pp. 31–63). Colombia, Cali.
- Aranda-Ibáñez, E. M., Ramos-Juárez, J. A., Salgado-García, S., & Arias-López, F. T. (2016). PRODUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE ALIMENTOS ELABORADOS CON CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) Y POLLINAZA FERMENTADA EN ESTADO SÓLIDO. *Agroproductividad, 9*(7), 46–50. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/785/652>
- Aucatoma, B., Castillo, R., Mendoza, J., & Garcés, F. (2015). Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador-CINCAE, 1*(June), 9. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1398.1528>
- Avila, I. (2011a). *El Aguardiente de caña, procesos y tradición en el Valle de Yunguilla*. Universidad de Cuenca.
- Avila, I. (2011b). Monografía previa a la obtención del título de licenciatura en gastronomía y servicios de alimentos y bebidas. (Vol. 1).
- Barrezueta Unda, S., Paz González, A., & Chabla carrillo, J. (2017). Determinación de indicadores para calidad de suelos cultivados con cacao en provincia de El Oro -Ecuador  
Determination of indicators for quality of soils cultivated with cocoa in the province El Oro-Ecuador. *Revista CUMBRES, 3*(1), 17–24. <https://doi.org/1390-9541>
- BENDEZÚ, G. (2014). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA RADICULAR DE CAÑA DE AZÚCAR*

(*Saccharum officinarum* L.) EN RIEGO POR GOTEO Y GRAVEDAD- PARAMONGA.

Burgos, J. (2015). Estudio de la lámina óptima de riego para el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la parroquia San Carlos del cantón Naranjal - provincia del Guayas (Vol. 31). <https://doi.org/10.7705/biomedica.v31i0.530>

Cartay, R., García Briones, M., Meza Moreira, D., Intriago Estrella, J., & Romero Macías, F. (2018). Caracterización económica de un productor de aguardiente en Junín, Manabí, Ecuador. *ECA Sinergia*, 10(1), 85. [https://doi.org/10.33936/eca\\_sinergia.v10i1.1213](https://doi.org/10.33936/eca_sinergia.v10i1.1213)

Castillo, O. S., de Mello Prado, R., González, L. C., Ely, N., Silva Campos, C. N., Da Silva, G. P., & Assis, L. C. (2015). Efecto de la fertilización fosfatada con cachaza sobre la actividad microbiana del suelo y la absorción de fósforo en caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias*, 47(1), 33–42.

Castillo, Raul, Mendoza, J., Silva, E., & Salazar, M. (2008). Carta Informativa de la caña. *CINCAE*, 3, 1–5. Retrieved from <https://cincae.org/wp-content/uploads/2013/04/Año-11-No.-2.pdf>

Castillo, Raúl, & Silva, E. (2004). *Fisiología, Floración y Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar*. (Publicación Técnica No. 3), 27.

Chevez, I. (2017). *ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES VARIETADES (ECU-01; EC-06; EC-08) DE BAGAZO DE CAÑA PARA LA OBTENCIÓN DEL PAPEL EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES*.

CINCAE. (2012). Carta 2011. *Schweizerische Ärztezeitung*, 93(06), 215–217. <https://doi.org/10.4414/saez.2012.16640>

CINCAE. (2017). Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. *Centro de Investigación de La Caña de Azúcar Del Ecuador, Informe Anual*, 10(3), 45–50. <https://doi.org/10.5271/sjweh.768>

CINCAE. (2018). PRODUCCIÓN DE CAÑA Y AZÚCAR EN ECUADOR: ZAFRA 2018.

- CONADESUCA. (2015). Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar  
FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR ( *Saccharum  
Officinarum* L.) Publicación Enero 2015. *Ficha Técnica*, (México), 19.
- CONSA. (2016). Instructivo para el Corte , Alza y Transporte de Caña de Azúcar. *Consejo  
Salvadoreño de La Agroindustria Azucarera*, 17.
- Criollo-Chan, M. A., Osnaya-Gonzalez, M. ., Robledo-Paz, A., Monsalvo-Espinosa, J. A.,  
Echeverría-Echeverría, S. T., J.C., A.-M., & Caamal-Velázquez, J. H. (2016).  
REDUCCIÓN DE COSTOS EN LA MICROPROPAGACIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR ( *Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 9(7), 18–22. Retrieved from [http://revista-  
agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/780/646](http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/780/646)
- Dávila, D. A. (2014). Evaluación de dos sistemas de siembra en caña de azúcar (*Saccharum  
officinarum* L.) para la obtención de semilla en la provincia del Cañar – cantón La Troncal.  
*Implementation Science*, 39(1), 1–15. <https://doi.org/10.4324/9781315853178>
- De la Cruz-Ramírez, A., & Sánchez-Soto, S. (2016). ESTRUCTURA POBLACIONAL DE  
ROEDORES PLAGA EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) EN LA CHONTALPA,  
TABASCO, MÉXICO. *Agroproductividad*, 9(7), 35–40. Retrieved from [http://revista-  
agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/783/649](http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/783/649)
- Emmanuel, H. (2019). *New varieties of sugarcane ( Saccharum spp .) Generated by the College  
of Postgraduates in Agricultural Sciences for the Mexican humid tropics Nuevas variedades  
de caña de azúcar ( Saccharum spp .) generadas por el Colegio de Postgraduados para el  
trópico*. 12, 105–106. Retrieved from [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/1560-Otro-  
3628-1-10-20191230.pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/1560-Otro-3628-1-10-20191230.pdf)
- Espinoza, R. C. (2017). Necesidades y Fuentes de Financiamiento de los Productores de Caña de  
Azúcar en el Cantón Milagro. *Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*.
- FAO. (2017). FAOSTAT.
- Fiallos, F. (2008). *Reacción de 100 variedades de Caña de Azúcar (Saccharum officinarum) del  
Banco de Germoplasma del CINCAE, al Carbón (Ustilago scitaminea Sydow), Roya*

(*Puccinia melanocephala* Sydow) y Mosaico (*Sugarcane Mosaic Virus*) en la zona del Cantón El Triunfo. (16), 9-.

Figueroa Rodríguez, K. A., García García, A. M. T., Mayett Moreno, Y., Hernández Rosas, F., & Figueroa Sandoval, B. (2015). Factores que explican el rendimiento de caña de azúcar a nivel municipal en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6), 1345. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i6.581>

Galicia-Romero, M., Hernández-Cázares, A. S., Omaña-Silvestre, J. M., Velasco-Velasco, J., Debernardi de la Vequia, H., & Hidalgo-Contreras, J. V. (2017). Ventaja Comparativa Y Competitiva De La Producción De Panela En La Región De Huatusco, Veracruz, México. *Agroproductividad*, 10(11), 29–34. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/69/65>

García, R., Sarabia Guevara, D. A., Pico, J., Sancho, D., Sarabia, D., & Matute, J. (2018). Utilización de tres métodos químicos para la conservación de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), variedad POJ 93, en Pastaza, Ecuador. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, (19), 61. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i19.1308](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i19.1308)

Gómez-Merino, F. ., Trejo-Téllez, L. I., Salazar-Ortiz, J., Pérez-Sato, J. ., Sentíes-Herrera, H. ., Bello-Bello, J. ., & Aguilar-Rivera, N. (2015). La diversificación de la agroindustria azucarera como estrategia para México. *Agroproductividad*, 10(11), 7–12. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/73/68>

Guerrero-Peña, A., de la Cruz-Pons, A., & Velasco-Velasco, J. (2017). Interpretación del análisis de suelos cañeros basado en las relaciones entre propiedades y elementos. *Agroproductividad*, 10(11), 87–92.

Gutiérrez, E. (2013). Caña para azúcar en el mundo y el Meta. *Learning*, 1–8.

Investigaci, C. D. E., Ca, D. E. L. A., & Az, D. E. (2003). Catálogo de Variedades Segunda edición. *Director*, (31).

Jaramillo, S. D. (2018). *Elaboración y evaluación de un proyecto de cultivo y comercialización de caña, como materia prima para la producción de azúcar, en la provincia del Guayas.*

- Lopes, E., Cairo, P. C., Colás Sánchez, A., & Rodríguez Urrutia, A. (2016). Relaciones entre las propiedades indicadoras de calidad, en dos subtipos de suelo pardos, en la provincia de Villa Clara. *Centro Agrícola*, 43(1), 21–28. Retrieved from <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n1/cag03116.pdf>
- López-Vázquez, J. J., Valdez-Balero, A., Silva-Rojas, H. V, Flores-Revilla, C., & Rangel-Ortega, C. A. (2016). EVALUACIÓN DE TRES MÉTODOS DE INOCULACIÓN DE *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson, EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 9(7), 62–67. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/791/656>
- López, A., Bolio, G., Solórzano, M., Acosta, G., Hernández, M., Salgado, S., & Córdova, S. (2016). Obtención de Celulosa a Partir de Bagazo de Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*, 9(7), 41–45. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/784/650>
- Lopez, J. (2015). LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*) PARA LA PRODUCCIÓN DE PANELA. CASO: NORDESTE DEL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA (Vol. 16). <https://doi.org/10.1377/hlthaff.2013.0625>
- MAG. (2017). Mapa de ubicación de Ingenios azucareros en el Ecuador continental.
- MAG. (2018). El Oro: cañicultores de la parte alta aprenden a elaborar fertilizante orgánico.
- Marín, F., Moreno, M., Farías, A., Fernando Villegas, Rodríguez, J., & Maurits Van den Ber. (2018). Modelación de la caña de azúcar en Latinoamérica. In *European Commission*. <https://doi.org/10.2760/79829>
- Ochoa, R. (2018). *EFFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LA VIABILIDAD, GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE MANÍ (ARACHIS HYPOGAEA L) DE LA UTMACH*. Universidad Técnica de Machala.
- Orozco, Ó. A., & Llano Ramírez, G. (2016). Sistemas de Información enfocados en tecnologías de agricultura de precisión y aplicables a la caña de azúcar, una revisión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 15(28), 103–124.

<https://doi.org/10.22395/rium.v15n28a6>

- Osorio Cadavid, G. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas y Buenas Prácticas de Manufactura en la Producción de Caña y Panela - Manual técnico*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-a1525s.pdf>
- Palma-López, D. J., Zavala-Cruz, J., Cámara-Reyna, J. C., Ruiz-Maldonado, E., & Salgado-García, S. (2016). Uso de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para elaborar abonos orgánicos. *Agroproductividad*, 9(7), 29–34. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/782/648>
- Patterson, R. C. (2012). ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARIUM*) C90-317, C132-81 Y C86-12 PARA INCREMENTAR LOS RENDIMIENTOS AGRÍCOLA E INDUSTRIAL EN LA UBPC SANTA INÉS DE BANES. *Cenida.Una.Edu.Ni*, 68.
- Paucar, J., & Robalino, J. (2009). *Modelo estratégico para la industrialización de la caña de azúcar en el Ecuador*. 105.
- Pérez, H., Santana, I., & Rodríguez, I. (2016). Producción de caña de azúcar Tomo I. *Universidad Técnica de Machala*.
- Petterson, R. C. (2012). ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO DE LAS VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR (*SACCHARUM OFFICINARIUM*) C90-317, C132-81 Y C86-12 PARA INCREMENTAR LOS RENDIMIENTOS AGRÍCOLA E INDUSTRIAL EN LA UBPC SANTA INÉS DE BANES. *Cenida.Una.Edu.Ni*, 68.
- Polo, P. A. (2005). CARACTERIZACIÓN DE LA FLORACIÓN EN 306 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR ( *Saccharum spp.* ) CON FINES DE PABLO ANTONIO POLO JUÁREZ. Retrieved from [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2238.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2238.pdf)
- Quezada, C. A. (2013). *ANALIZAR EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL CANTÓN HUAMBOYA, MEDIANTE LA FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y PRÁCTICA, CON LA FINALIDAD DE OBTENER EXCELENTES RESULTADOS PRODUCTIVOS Y POR ENDE REDUCIR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN A LOS*

## CAÑICULTORES.

- Ramirez, J., Insuasty, O., & Murcia, M. (2014). Variedades de caña de azúcar empleadas para la agroindustria panelera de Colombia. In *Variedades de caña de azúcar empleadas para la agroindustria panelera de Colombia*. <https://doi.org/10.21930/978-958-740-178-3>
- Ramírez, M. A. (2008). *Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos Módulo V: Caña de azúcar*. V, 20. Retrieved from <https://bibalex.org/baifa/en/resources/document/289330>
- Ramos-Juárez, J. A., Aranda-Ibáñez, E. M., & Morales-Jimenez, E. (2016). ALIMENTO FERMENTADO A BASE DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum spp.*) EN EL CAMBIO DE PESO DE BOVINOS EN PASTOREO. *Agroproductividad*, 9(7), 56–61. Retrieved from <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/790/655>
- Rebollar, S., Cervantes, A., Jaramillo, B., Cardoso, D., & Rebollar, A. (2017). COSTOS DE PRODUCCIÓN Y RENTABILIDAD DE LA CAÑA DE AZUCAR PARA FRUTA (*Saccharum officinarum*) EN UNA REGIÓN DEL ESTADO DE MÉXICO. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 41, 808–817.
- Rivera, F. (2008). El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) en la región de Cardel, centro de Veracruz. *Universidad Autonoma Agraria*, 55. Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL CULTIVO DE LA CA% D1A DE AZUCAR \(\*Saccharum officinarum\* L.\) EN LA REGION DE CARDEL, CENTRO DE VERACRUZ.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1417/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%20DE%20AZUCAR%20(Saccharum%20officinarum%20L.)%20EN%20LA%20REGION%20DE%20CARDEL,%20CENTRO%20DE%20VERACRUZ.pdf?sequence=1)
- Rodríguez, I., Pérez, H., & Jara, W. (2017). Efecto de la aplicación de compost, solo o combinado con fertilizantes minerales, sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar en el ingenio Valdez, Ecuador. *UTMACH*, 1(1), 1132–1139. Retrieved from <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/193/163>
- Romero, E., Digonzelli, P. A., & Tonatto, J. (2009). *Capítulo 13 | cosecha de la caña de azúcar*. (July).
- Saltos Zambrano, J. G. (2015). *COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE OCHO*

*VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum officinarum L.) EN RÍO VERDE, PROVINCIA DE SANTA ELENA. 1–91.*

- Sentíes-Herrera, H., Valdez-Balero, A., & Loyo-Joachin, R. (2019). Nuevas variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) generadas por el Colegio de Postgraduados para el trópico húmedo mexicano. *Agroproductividad*, 12(12), 105–106. <https://doi.org/10.32854>
- Silva, E., Caicedo, W., Castillo, R. O., Martínez, F., Romero, H., Mendoza, J., ... Salazar, M. (2013). *Plegable divulgativo. Variedad EC-02*. 02(3), 3–4.
- Subirós, F. (1995). *El cultivo de la CAÑA DE AZÚCAR* (Primera Ed; Editorial Universidad Estatal a Distancia, Ed.). San José, Costa Rica.
- Valens, C. A. V., Garcia, D. B., Villareal, F. S., López, L. O., & Jorge I Victoria, K. (2015). Características de la caña de azúcar asociadas con toneladas de caña por hectárea y sacarosa (% caña). *Acta Agronomica*, 64(3). <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.44494>
- Vecilla, R. Y. (2016). *Caracterización de variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum L) para la producción panelera en el cantón Junín, Ecuador*. 83.
- Vega, A. (2016). IMPACTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN LA GERMINACIÓN DE CINCO VARIETADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN ECUADOR. *El Misionero Del Agro*, 1.
- Velasco-Velasco, J., Gómez-Merino, F. C., Hernández-Cázares, A. S., Salinas-Ruiz, J., & Guerrero-Peña, A. (2017). Residuos Orgánicos De La Agroindustria Azucarera: Retos Y Oportunidades. *Agroproductividad*, 10(11), 99–104. Retrieved from <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/56/52>
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Ordenamiento Territorial, Urbanismo y Sostenibilidad*, 1, 28–34. Retrieved from <http://investigacion.utmachala.edu.ec/cumbres/index.php/Cumbres/article/view/15>
- Yáñez, W. (2019). *Facultad De Ciencias Agropecuarias Carrera De Ingeniería Agronómica Machala 2019*. UTMACH.



## 8. ANEXOS

Trabajo-Titulacion-Alvaro-Amable-Sandoya.sav [Conjunto\_de\_datos2] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

Visible: 12 de 12 variables

	Variedad	Meses	LargoEntrenudo	DiametroEntr enudo	LargoHoja	AnchoHoja	LargoTallo	GradoSuperior	GradoInferior	Temperatura	Humedad	Precipitación	var	var
1	EC-02	Noviembre-18 (18 meses)	23,0	3,1	1,76	8,2	4,79	18,0	18,5	29,7	-	-	-	-
2	EC-02	Noviembre-18 (18 meses)	19,5	3,3	1,78	7,5	4,25	22,8	19,0	31,6	-	-	-	-
3	EC-02	Noviembre-18 (18 meses)	27,2	3,4	1,86	8,3	4,07	18,1	20,5	31,1	-	-	-	-
4	EC-02	Noviembre-18 (18 meses)	14,1	3,4	1,91	8,2	4,50	23,8	19,8	29,0	-	-	-	-
5	EC-02	Noviembre-18 (18 meses)	16,4	3,2	1,77	8,8	3,40	17,0	21,0	32,1	-	-	-	-
6	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	16,3	2,7	1,45	6,0	2,44	12,0	22,0	30,4	-	-	-	-
7	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	18,0	2,5	1,42	6,2	2,55	12,6	20,2	31,2	-	-	-	-
8	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	17,0	2,5	1,49	6,3	2,78	16,0	20,8	-	-	-	-	-
9	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	12,3	3,1	1,60	5,0	2,84	10,0	21,3	32,2	-	-	-	-
10	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	13,8	2,7	1,60	5,1	2,69	10,6	21,0	32,6	-	-	-	-
11	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	16,0	2,5	1,57	6,3	2,73	-	-	31,6	-	-	-	-
12	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	17,9	2,5	1,34	6,1	2,58	-	-	-	-	-	-	-
13	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	13,1	2,3	1,50	5,0	2,47	-	-	-	-	-	-	-
14	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	18,9	1,9	1,57	5,9	2,59	-	-	31,4	-	-	-	-
15	EC-02	Julio-2020 (8 meses)	18,6	2,4	1,55	6,4	2,73	-	-	32,8	-	-	-	-
16	EC-02	Agosto-2020 (9 meses)	16,7	2,8	1,64	6,4	2,75	19,2	21,4	-	-	-	-	-
17	EC-02	Agosto-2020 (9 meses)	18,5	2,8	1,59	6,8	2,92	19,0	21,0	31,2	-	-	-	-
18	EC-02	Agosto-2020 (9 meses)	17,3	2,7	1,57	6,6	3,05	20,4	22,0	-	-	-	-	-
19	EC-02	Agosto-2020 (9 meses)	12,7	3,2	1,65	5,6	3,11	20,0	21,4	32,8	-	-	-	-
20	EC-02	Agosto-2020 (9 meses)	14,2	2,8	1,67	5,6	3,02	20,8	21,6	-	-	-	-	-
21	EC-02	Agosto-2020 (9 meses)	16,5	2,5	1,61	6,8	2,97	-	-	-	-	-	-	-
22	EC-02	Agosto-2020 (9 meses)	18,0	2,5	1,43	6,8	2,95	-	-	-	-	-	-	-

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON 21:47 21/2/2020

### Anexo 1. Matriz de datos Estadísticos



### Anexo 2. Corte de los cultivares al Ras del suelo para Soca I



**Anexo 3.** Eliminación de tocones mediante corte con machete a ras del suelo



**Anexo 4.** Primer día de corte de los cultivares en Soca I



*Anexo 5. Soca 1 en el cultivo de caña de azúcar al primer mes*



*Anexo 6. Uso de regla de madera graduada para la medición de altura de los cultivares*



*Anexo 7. Medición del largo del entrenudo*



*Anexo 8. Registro del diámetro del tallo de caña con calibrador o pie de rey*



*Anexo 9. Medición del ancho de la hoja + 1*



*Anexo 10. Troceado de los tallos para efectuar el pesaje bajo la supervisión del tutor,  
Dr. Hipólito Pérez Iglesias*



*Anexo 11. Pesaje de 10 tallos molibles para estimar la producción de caña a los 12 meses de edad*