



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS FASES FISIOLÓGICAS  
DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA REALIZAR EL  
MANEJO AGRÓNOMICO

ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2018



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS FASES  
FISIOLÓGICAS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA  
REALIZAR EL MANEJO AGRONÓMICO

ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO  
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA  
2018



# UTMACH

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS FASES FISIOLÓGICAS DEL  
CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA REALIZAR EL MANEJO  
AGRONÓMICO

ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO  
INGENIERO AGRÓNOMO

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL

MACHALA, 10 DE ENERO DE 2018

MACHALA  
10 de enero de 2018

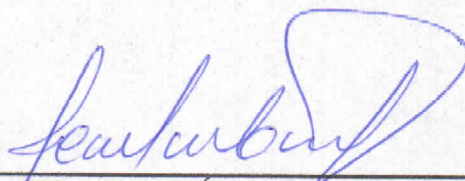
**Nota de aceptación:**

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Importancia del conocimiento de las fases fisiológicas del cultivo de la caña de azúcar para realizar el manejo agronómico, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



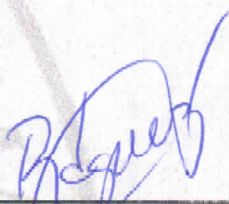
---

PEREZ IGLESIAS HIPOLITO ISRAEL  
0959113929  
TUTOR - ESPECIALISTA 1



---

CUN CARRIÓN JORGE VICENTE  
0702450818  
ESPECIALISTA 2



---

RODRIGUEZ DELGADO IRAN  
0959288960  
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: martes 06 de febrero de 2018 - 10:24

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO.docx (D34017348)  
**Submitted:** 12/19/2017 6:42:00 PM  
**Submitted By:** hperez@utmachala.edu.ec  
**Significance:** 3 %

### Sources included in the report:

PROYECTO DE METEREOLOGIA.docx (D15889536)  
MONOGRAFIA Rene 2.doc (D14009204)

### Instances where selected sources appear:

6

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

El que suscribe, ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Importancia del conocimiento de las fases fisiológicas del cultivo de la caña de azúcar para realizar el manejo agronómico, 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.

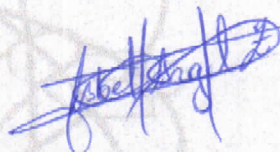
El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

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.

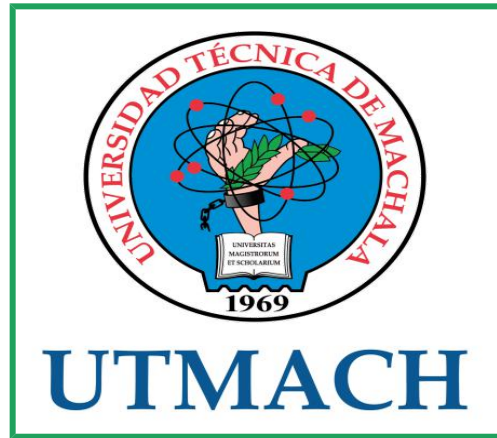
El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Acceptando 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, 10 de enero de 2018



ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO  
0706522083



**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS FASES  
FISIOLÓGICAS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA  
REALIZAR EL MANEJO AGRONÓMICO**

**ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MACHALA**

2017



**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA**

**IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS FASES  
FISIOLÓGICAS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA  
REALIZAR EL MANEJO AGRÓNOMICO**

**ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO  
INGENIERO AGRÓNOMO**

**MACHALA**

**2017**



**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EXAMEN COMPLEXIVO**

**IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS FASES FISIOLÓGICAS DEL  
CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA REALIZAR EL MANEJO  
AGRONÓMICO**

**ANGEL ZARUMA ABEL ANTONIO**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Dr. HIPÓLITO PÉREZ IGLESIAS PhD.**

**MACHALA, 15 DE DICIEMBRE DE 2017**

**MACHALA**

**15 de Diciembre de 2017**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado con amor y fervor a Dios, a mis padres que con esfuerzo y dedicación me apoyaron en cada uno de los pasos de mi vida para culminar mis estudios. Para mi hija y a mi mujer que de una u otra forma me apoyo para continuar en esta lucha para culminar mi carrera.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la fuerza y la perseverancia para llegar a obtener este logro muy grande.

En segundo lugar, agradezco a mis profesores y tutor que tuvieron paciencia y determinación para que salga adelante con cada una de mis tareas.

Luego agradezco a mi familia que me brindó su apoyo incondicional en todo momento.

En especial a todas aquellas personas que colaboraron con su granito de arena para que esto sea posible, de corazón a mi mujer.

A mi tutor al Dr. Hipólito Pérez Iglesias por su ayuda perseverante fundamental en este trabajo de investigación.

## RESUMEN

### IMPORTANCIA DEL CONOCIMIENTO DE LAS FASES FISIOLÓGICAS DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR PARA REALIZAR EL MANEJO AGRONÓMICO

**Autor:**

Angel Zaruma Abel Antonio

**Tutor:**

Dr. Hipólito Pérez Iglesias PhD.

El presente trabajo se realizó mediante una investigación bibliográfica con la finalidad de conocer las diferentes fases fisiológicas que tiene el cultivo de caña de azúcar para obtener producciones sustentables y así realizar un buen manejo agronómico, actuando en el momento oportuno desde la fase heterogónica comprende los procesos de germinación, ahijamiento y nacimiento de las raíces, en donde el cultivo requiere cuidados como en el riego, fertilización fosfórica y el control de malezas. En el periodo del gran crecimiento el cultivo necesita una fertilización nitrogenada adecuada, además mantener el suelo en capacidad de campo y el control de malezas, sin embargo en la fase de maduración se debe realizar un manejo eficaz que permita controlar el efecto negativo de la floración si se presenta en la variedad cultivada, también se suspende el riego de agua con el propósito que la planta no siga creciendo y concentre energía en la acumulación de azúcar. En esta fase es muy importante porque de este manejo depende la producción de azúcar y que la caña represente un grado de calidad muy buena. El rendimiento del cultivo se basa en la obtención de tallo grueso y de mayor longitud para obtener el concentrado de jugo.

**Palabras clave:** Fisiología de la caña de azúcar, manejo agronómico, maduración.

## SUMMARY

### IMPORTANCE OF THE KNOWLEDGE OF THE PHYSIOLOGICAL PHASES OF THE CULTIVATION OF THE SUGAR CANE TO PERFORM AGRONOMIC MANAGEMENT

**Autor:**

Angel Zaruma Abel Antonio

**Tutor:**

Dr. Hipólito Pérez Iglesias PhD.

The present work was carried out by means of a bibliographical investigation with the purpose of obtaining the different physiological phases that the sugar culture has to obtain sustainable products and thus to carry out a good agronomic management, to act in the opportune moment from the heterogeneous phase it comprises the processes of germination, tillering and root birth, where the crop requires care in irrigation, phosphoric fertilization and weed control. In the period of growth, growth requires adequate nitrogen fertilization, in addition to maintaining soil capacity in the field and control of weeds, however, in the maturation phase an effective management must be carried out to control the negative effect of the flowering if it occurs in the cultivated variety, the irrigation of water is also suspended in order that the plant does not continue growing and concentrates the energy in the accumulation of sugar. In this phase, it is very important because sugar production depends on this management and sugarcane represents a very good degree of quality. The yield of the crop is based on the obtaining of thick stem and longer to obtain the juice concentrate.

**Key word:** Physiology of the sugar cane, agronomic managing, ripeness

## ÍNDICE

DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	I
SUMMARY	II
ÍNDICE	III
I. INTRODUCCIÓN	IV
<b>1.1 Objetivos.</b>	V
II. <b>DESARROLLO</b>	V
<b>2.1. Germinación o brotación.</b>	VI
A) Factores externos	VII
2.1.1. Preparación del suelo.	VII
2.1.2. Siembra.	VII
2.1.3. Temperatura.	VIII
2.1.4. Humedad.	VIII
B) Factores internos	IX
2.1.5. Nutrición del esqueje.	IX
2.1.6. Sanidad del esqueje	IX
2.1.7. Contenido de azúcares reductores del esqueje	IX
<b>2.2. Macollamiento o ahijamiento.</b>	X
<b>2.3. Periodo de rápido crecimiento.</b>	XI
<b>2.4. Maduración.</b>	XIV
2.4.1. Madurador Químico	XIV
2.4.2. Floración.	XV
<b>2.5. Periodo de zafra.</b>	XV
<b>2.6. Cosecha.</b>	XVI
<b>2.7. Paga de la caña.</b>	XVI
III. <b>CONCLUSIONES</b>	XVII
IV. <b>RECOMENDACIONES</b>	19
V. <b>BIBLIOGRAFÍA</b>	20

## I. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar es el cultivo que representa una mayor importancia en la producción de este endulzante en el mundo. El área total en producción es de 19.30 millones de hectáreas que están distribuidas en Asia 42.5%, América 47.7% y en África y Oceanía cultivan 7.4% y 2.4%. El rendimiento promedio mundial de producción es de 65.5 ton/ha. (Portocarrero, 2002). El mercado internacional del azúcar es tal vez uno de los mercados de productos agrícolas básicos más distorsionados en el comercio, estas grandes distorsiones en el ámbito doméstico, en el internacional existen dos mercados de azúcar claramente diferenciados: el mercado regulado y el libre. (Alonso & Arcila, 2013)

La caña de azúcar es considerada como un cultivo primordial en América Latina, el azúcar de caña tiene una importante participación en la economía de Ecuador, su contribución al PIB es del 1.4% y con relación al PIB agrícola es del 12%. En los últimos años se ha dado una integración vertical cada vez más significativa del sector, las zonas de producción en Ecuador se encuentran distribuida en las provincias; Guayas con el 71%, Cañar con el 21%, Carchi e Imbabura con el 4.5%, Los Ríos con el 2%, Loja con el 1.5%. (Castillo & Silva, 2004)

En la actualidad el territorio ecuatoriano cuenta con 110000 hectáreas del cultivo de caña de azúcar, que producen aproximadamente 10 millones de sacos de 50 kilos de azúcar anualmente, el consumo interno es de 7.5 millones de sacos. (Toala, Astudillo, & Tobalina, 2010)

En los seis ingenios azucareros del País laboran en época de cosecha 30000 personas directamente y se benefician indirectamente 80000, que representa el 9% de la población económicamente activa del sector agropecuario. Las remuneraciones totales ascendieron más de 108 millones de dólares con un salario promedio mensual de \$300. La disponibilidad de mano de obra para la producción de caña de azúcar y para la cosecha proviene de las zonas de Cañar, Chimborazo, Naranjito, La troncal y Milagro. (Aguilar, 2013)

El cultivo de caña de azúcar requiere de condiciones climáticas específicas; desde cuando se desea producir sacarosa, éste requiere mayor humedad mayor temperatura en el periodo de crecimiento y una baja humedad en el periodo de maduración (Marín, 2011), citado por Córdova, y otros, (2014).

Muchos países productores de caña de azúcar utilizan la maduración artificial, que consiste en suministrar al cultivo ciertas condiciones para inducir la maduración, cuando estas condiciones no se dan naturalmente, como la reducción de la humedad del suelo, fluctuaciones en la temperatura (Deuber, 1998; Caputo et al., 2008 y Legendre, 1975) citados por Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinoza, (2014).

En términos generales, la aplicación de desaceleradores de crecimiento en la caña de azúcar forma parte de la estrategia de cosecha para el incremento en la recuperación de azúcar. Los resultados muestran que en la aplicación de maduradores nos ayuda a anticipar la maduración de la planta, mejorando así la concentración de sacarosa (Villegas, 2003; Caputo et al., 2008 y Leite, 2005) citados por Melgar , Meneses , Orozco, Pérez, & Espinoza (2014).

## **1.1 Objetivos.**

Profundizar en los conocimientos sobre las etapas fisiologías de la caña de azúcar de acuerdo al crecimiento y desarrollo del cultivo y manejo agronómico que posibilite la obtención de rendimientos industriales estables y sostenidos.

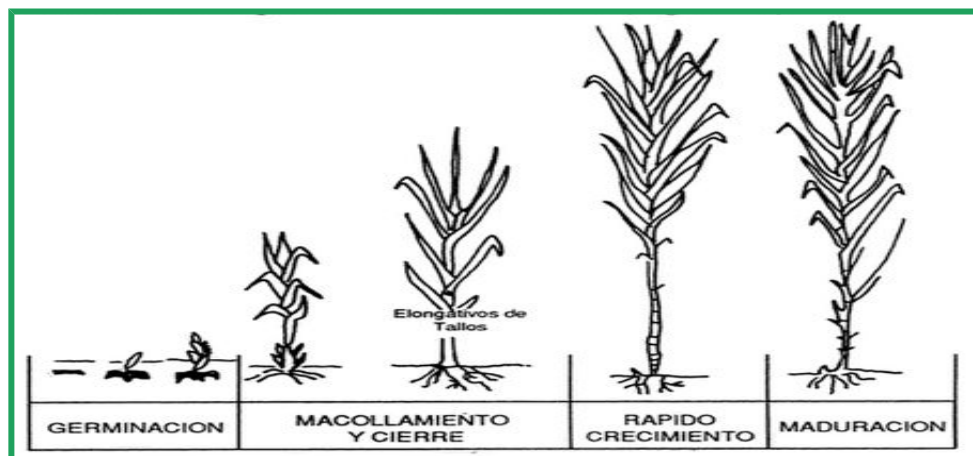


## **Objetivos específicos**

- Obtener conocimientos acerca del manejo agronómico de la caña de azúcar mediante una investigación bibliográfica.
- Conocer sobre la fisiología del cultivo de la caña de azúcar en la mejora de la labor agrícola en cada fase que presenta el cultivo.

## II. DESARROLLO

Camargo, (1976), en su texto “Fisiología de la Caña de Azúcar” trata del comportamiento de la caña en las diferentes etapas de desarrollo teniendo en cuenta los factores que influyen en ella, esas fases de desarrollo son: Heterogónica (germinación, macollamiento o ahijamiento), Crecimiento y Maduración. (Figura 1).



**Figura 1.** Fases fisiológicas de la caña de azúcar.

**Fuente:** Adaptado de FAO, (1999).

### 2.1. Germinación o brotación.

La germinación por lo general inicia entre la semana tres y cuatro después de la plantación. La rapidez de la germinación y el desarrollo de las yemas disminuyen a temperaturas inferiores a 18°C en el suelo, y cuando ésta es de 6°C el desarrollo se detiene. La germinación finaliza con la manifestación de las raíces primordiales que son originarias de los meristemos radiculares de la banda de raíces de los nudos del tallo de la semilla (Sánchez, 1972). Citado por Rivera, (2008).

El proceso de germinación tiene una duración de 30 días, hay que tener en cuenta que la duración depende del manejo de la humedad del suelo y el control de malezas. (Subiros, 2000)

La fase de la germinación se extiende desde la siembra hasta completar la germinación de las yemas, bajo condiciones de campo la germinación inicia a los 7-10 días y se extiende hasta los 30-35 días. (Marroquín, 2014).

En la siembra es recomendable aplicar un fertilizante fosfórico al fondo del surco se realiza con el fin de ayudar al desarrollo del sistema radicular, se lo debe hacer siempre y cuando en el suelo se justifica que exista una carencia o escasa presencia de este elemento (fosforo), que sea de difícil absorción por la planta. (Subiros, 2000)

Factores que influyen en la germinación son:

#### **A) Factores externos**

##### **2.1.1. Preparación del suelo.**

Los beneficios que se logran al realizar una buena preparación de suelos son: la eliminación de las cepas y residuos de cosechas anteriores y por ende las malezas, favorece la actividad química y biológica, al suministrar el intercambio gaseoso que necesita la flora y la fauna del suelo; el control de las plagas del suelo, sepultando huevos como los de la salivosa, o exponiendo a la superficie larvas como los de Gallina ciega y Gusano alambre; mejora la infiltración del agua y el drenaje sub-superficial, rotura de las capas compactadas para facilitar la penetración y desarrollo de las raíces. (Campollo, 1999) citado por Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, & Espinoza, (2014).

##### **2.1.2. Siembra.**

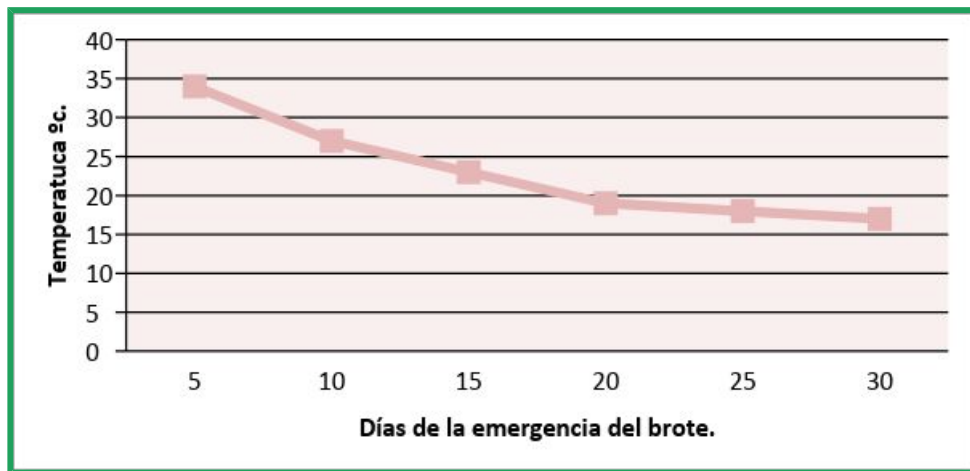
Los trozos de caña de azúcar deben ser de tres a cuatro yemas, no se debe hacer la siembra con trozos con una sola yema debido a que los entrenudos y nudos son muros naturales para la infección y el traslado de las enfermedades, siendo esquejes de tres a cuatro yemas menos susceptibles al ataque de patógenos. El desarrollo de las plantas que provienen de trozos de

una sola yema es menor y habitualmente los tallos tienen un grosor menor que aquellos de trozos de tres a cuatro yemas; la yema en posición inferior puede poseer cierta desventaja con respecto a la superior, el número porcentual de germinación no se reducen notablemente, aunque esto ocasiona un retraso en la germinación. Los brotes en las dos posiciones pueden igualarse en altura (Bull, 2000) citado por Castillo & Silva, (2004).

### **2.1.3. Temperatura.**

Las temperaturas para la germinación y emergencia de las plántulas varían entre 31 a 37°C. Para poder obtener un buen rendimiento, la temperatura media es de 22 a 30°C, con un mínimo de 20°C. En otras regiones la temperatura media máxima oscila entre 30-33°C y la mínima es mayor de 6°C. (Doll, 1996) citado por. Córdova, y otros, (2014).

El ambiente en que se ubica el trozo de caña es importante para la germinación. La temperatura, la humedad y las condiciones físicas del suelo se deben tener en cuenta para la siembra. Los trozos de caña contienen los nutrientes y agua necesarios para la germinación del brote principal, los niveles son deficientes para tolerar el crecimiento continuo del brote y de las raíces. Para el proceso de germinación mucho depende de la temperatura y de la variedad. La germinación es muy lenta cuando la temperatura del suelo baja a los 17 o 18°C y será muy precoz cuando la temperatura se aproxime a los 34°C. (Figura 2). La germinación frecuentemente no ocurre con temperaturas menores a 11°C. (Castillo & Silva, 2004).



**Figura 2.** Efecto de la temperatura del suelo en la velocidad de germinación y crecimiento del brote primario  
**Fuente:** Castillo & Silva, (2004).

#### 2.1.4. Humedad.

La humedad es uno de los factores muy valiosos para la germinación, origina que el brote de la yema cambie de su estado durmiente o latente en que se encuentra a un estado activo, por lo que se sugiere que el primer riego se debe emplear dentro de las 24 horas después de la siembra. El riego tardío causa la pérdida de germinación y vigor. (Blackburn, 1991) citado por Rivera, (2008).

### B) Factores internos

#### 2.1.5. Nutrición del esqueje.

Subiros, (2000). Señala que antes de hacer el corte de la semilla se debe realizar una fertilización de 50 – 70 kg N ha<sup>-1</sup>, en la plantación asignada para semilla, y esta fertilización la recomienda realizar dos meses antes del corte de la semilla con el fin de mejorar la calidad de la misma y promover la germinación y el crecimiento del tallo.

### **2.1.6. Sanidad del esqueje.**

Subiros, (2000). Recomienda que para tener una buena sanidad de la semilla depende mucho de la selección, realizar un buen corte si causar lesiones, observar la semilla si presenta daños ocasionados por insectos, ratas, enfermedades. Para asegurar mejor la sanidad de la semilla es recomendable hacer el tratamiento hidrotérmico para eliminar alguna enfermedad ya sea causada por agentes patógenos, tales como; el raquitismo de las socas (*Clavibacter xili*), el albinismo (*Xanthomonas albilineans*), y el carbón (*Ustilago scitaminea*), entre otros. Ya que estos patógenos principales impiden el potencial genético de las variedades y la reducción del crecimiento longitudinal, el grosor y la población de los tallos.

### **2.1.7. Contenido de azúcares reductores del esqueje.**

En entrenudos maduros el contenido de sacarosa puede ser más del 50% del total de masa fresca. Los estudios realizados sobre bases bioquímicas han contribuido a comprender el proceso de acumulación de sacarosa en caña de azúcar. (Borroto, y otros, 2003)

Zhu et al., (1997) y Stitt, (1997) citados por Borroto, y otros, (2003)., mencionan que la acumulación de azúcares está muy ligada con la interacción de procesos de síntesis y degradación de la sacarosa, se conoce que en muchas especies de plantas estas vías son fuertemente reguladas por la fructosa 2,6-difosfato.

Por otra parte, el proceso de maduración ocurre cuando la velocidad de crecimiento del tallo disminuye. Debido a que la capacidad de síntesis se hace mayor que el gasto de azúcares en los procesos de respiración y crecimiento, se produce una acumulación del exceso de azúcares formados. (Borroto, y otros, 2003).

## 2.2. Macollamiento o ahijamiento.

Consiste en el brote de nuevos tallos de la planta germinada o tallo primario para formar propiamente la cepa o macolla. (Ortiz y Villanueva, 1981) citado por Rivera, (2008).

La fase de macollamiento de la caña de azúcar tiene una duración de 60 días desde el final de la fase de germinación y emergencia. (Subiros, 2000).

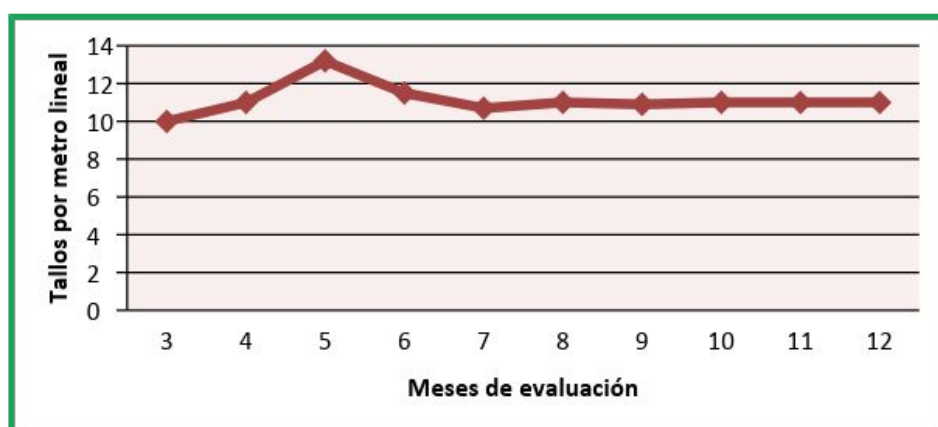
Durante los estados iniciales de la germinación los primordios radiculares cerca del nudo, producen muchas raíces temporales del trozo de caña o semilla. Estas no se encuentran claramente conectadas con el brote principal, son significativos para conservar el nivel de humedad en el trozo de caña, mientras el brote se alarga a través del suelo hacia la superficie. Cada brote origina su propio sistema radicular o raíces permanentes que le permite nutrir a la planta que se está formando, produciendo hojas para que puedan realizar la fotosíntesis y formar los azúcares precisos para su crecimiento y desarrollo. (Humbert, 1974) citado por Salgado, Núñez, Peña, Etchevers, Palma, & Soto, (2003).

La mayor parte del potasio requerido por la caña de azúcar es absorbido durante las etapas de macollamiento e inicio de la maduración. La mayor demanda de potasio se ha asociado con la etapa de macollamiento, así como con el aumento de la densidad y el diámetro de tallos durante esta etapa. (Rengel, Gil, & Montaña, 2012).

La caña de azúcar produce rendimientos superiores a  $150 \text{ t ha}^{-1}$ , con dosis de 160 a  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Para el caso del fósforo y potasio, las dosis fluctúan de 60 a  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$ . (Palma, y otros, 2003).

Salgado et al., (2000). Nickell y Tanimoto (1968) y Lingle y Smith (1991) citados por Salgado, Núñez, Peña, Etchevers, Palma, & Soto, (2003) mencionan que la fertilización con 160-35-67 logró incrementar significativamente el rendimiento sin disminuir la calidad del jugo de caña y existen disminuciones en sacarosa al aplicar dosis mayores a  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Durante los tres primeros meses del crecimiento de la planta, el macollamiento es rápido consiguiendo la población máxima próximo del cuarto al quinto mes, en el inicio se originan muchos tallos (20 a 30 tallos/m); el elongamiento de los tallos es minúsculo. La competitividad por luz y nutrientes produce que el macollamiento se reduzca y varios de los tallos frágiles ya desarrollados mueran. Cerca del sexto a séptimo mes se asegura la población hasta el corte con los tallos primarios y secundarios que alcanzaron a sobrevivir (Figura 3). Por tanto de lo expuesto se deduce que la caña utilizada para semilla debe proceder de campos de caña, planta con una edad de 7 – 8 meses desarrolladas en condiciones , bien fertilizadas y libre de enfermedades e insectos plagas y de malezas. (Castillo & Silva, 2004).

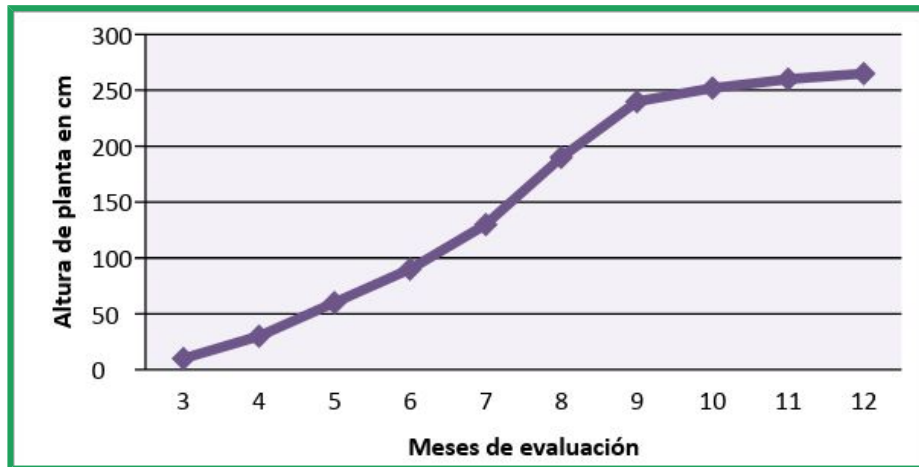


**Figura 3.** Población promedio (tallos/m).  
**Fuente:** Castillo & Silva, (2004).

### 2.3. Periodo de rápido crecimiento.

El crecimiento de los tallos entre el cuarto y séptimo mes es precoz, en el cual se acorta a medida que incrementa la edad del cultivo (Figura 4). Durante la época de máximo elongamiento, la tasa normal de crecimiento es superior a un centímetro/día y en varios países pueden alcanzar un crecimiento hasta tres cm/día. En esta fase, se ha percibido que el déficit de agua causa una baja valorativa en el alargamiento de los tallos (Moore, 1987) citado por Castillo & Silva, (2004).





**Figura 4.** Altura de planta promedio (cm).

**Fuente:** Castillo & Silva, (2004).

La fase del periodo de rápido crecimiento de la caña de azúcar tiene una duración de 270 días, hay que tener en cuenta la fertilización óptima para que su desarrollo sea satisfactorio. (Marasca, Barbosa, Pereira, Paz, & Pereira, 2015).

Si la variedad es vigorosa ésta obtendrá un vertiginoso y sostenido desarrollo inicial. Durante esta fase la planta origina nuevos brotes y la cubierta foliar se extiende para captar la luz que se encuentra disponible. El desarrollo de estos tallos es tardío por un periodo temporal, pues hasta que los brotes nuevos originen hojas y sean idóneos para cumplir con el proceso de la fotosíntesis. Varios de estos tallos nuevos se desaprovechan cuando la cubierta foliar taponan el paso de la luz, a pesar de que el número de hijuelos que se desaprovechan pueden ser muy grandes (unos 50000/ha), estos son muy pequeños que comúnmente figuran una pérdida menor a 5 % de la producción del cultivo (Moore, 1987) citado por Castillo & Silva, (2004).

Las hojas del cultivo de la caña de azúcar se inician en los nudos y se dispersan en posiciones alternas siguiendo el tallo a medida que éste progresa. La hoja está compuesta por la lámina foliar y por la vaina, la alianza entre estas dos partes se designa lígula y en cada lado de ésta, existe una aurícula con pubescencia. (Moore, 1987) citado por Castillo & Silva, (2004).

La lámina foliar es significativa para el proceso de fotosíntesis, tiene una nervadura central que recorre en toda su distancia y paralela a ella se hallan las nervaduras secundarias. Los bordes muestran prominencias continuas en forma aserrada. La vaina posee una forma tubular que envuelve el tallo y es amplia en la base, puede ser glabra o recubierta de pelos urticantes pueden cambiar con las variedades en cantidad y amplitud. (Humbert, 1974) citado por Castillo & Silva, (2004).

El tallo es el órgano más significativo de la planta de la caña ya que es donde se acumulan los azúcares. Los tallos están formados por nudos que se hallan apartados por entrenudos. El nudo es la parte dura y más fibrosa del tallo que aparta a dos entrenudos cercanos, está formado por el anillo de crecimiento, la franja de raíces, la cicatriz foliar, el nudo, la yema y el anillo ceroso. El anillo de crecimiento da inicio al entrenudo. La franja de raíces es una zona minúscula donde se iniciarán las raíces primordiales aquí se halla la cicatriz foliar o de la vaina que envuelve al nudo luego de que la hoja se cae. La yema es la parte significativa ya que da inicio a los tallos nuevos, cada nudo muestra una yema en forma escalonada protegida por una vaina foliar (Moore, 1987) citado por Castillo & Silva, (2004).

Las condiciones ambientales para el desarrollo del cultivo también son adecuadas para el desarrollo de las plagas (enfermedades, insectos, arvenses). Las últimas producen pérdidas cuantiosas en el rendimiento potencial del cultivo de la caña de azúcar (Doll, 1996; Zimdahl, 1980) citados por Córdova, y otros, (2014).

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo extensivo, por lo que es común encontrar insectos plagas que afectan la producción y la calidad del producto. Dentro de las principales plagas que afectan el rendimiento a nivel nacional encontramos las termitas *Heterotermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae), los barrenadores del tallo *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), mosca pinta *Aeneolamia* spp., (Hemiptera: Cercopidae), y las gallinas ciegas *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae), cuyos daños oscilan entre el 3 a 10 ton/ha de pérdidas según la región (Flores 1994, Pantaleón 2012) citados por Montiel, Illescas, Hernández, & Jones, (2015).

Entre estas especies en Ecuador se destacan el saltahojas *Perkinsiella saccharicida* Kirkaldy, el áfido amarillo, *Sipha flava* Forbes, el barrenador del tallo, *Diatraea saccharalis* Fabricius, el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith y el salivazo *Mahanarva andigena* Jacobi; sin embargo, el salivazo se encuentra distribuido en diferentes zonas del Ecuador entre ellas la provincia de Pastaza (Mendoza et al., 2013) citado por Valle, Iparraguirre, Puertas, Rodríguez, & Caicedo, (2014).

El crecimiento de la caña de azúcar es uniforme cuando el suelo conserva humedad en capacidad de campo. El tallo en desarrollo oscila 80-85% de humedad y disminuye a 70 a 75% cuando está maduro (Humbert, 1968) citado por Córdova, y otros, (2014).

#### **2.4. Maduración.**

La fase de maduración empieza aproximadamente de dos a tres meses antes de la cosecha, depende del manejo que se realizó durante el desarrollo de la plantación ya que en eso oscila la cosecha desde los 12 a 16 meses. En esta etapa es necesario disminuir la cantidad de humedad en el suelo para detener el crecimiento e incentivar a la planta que comience el proceso de maduración, en la acumulación de carbohidratos y la conversión de los azúcares fructosa y glucosa a sacarosa. (Subiros, 2000)

La duración de la fase de maduración es de 60 días, claro está que esto varía con el manejo que el cultivo recibió en las fases anteriores, dándole una humedad y fertilización óptima para su adecuada formación y desarrollo. (Subiros, 2000).

La madurez de la caña de azúcar es una función de la edad y de los niveles de nitrógeno y humedad, pero es difícil y impredecible por la influencia de factores climáticos como: luz, temperatura, lluvia y humedad. Se considera que las amplias variaciones de temperatura máxima diurna y mínima nocturna incitan a una mayor concentración de sacarosa. Los tallos acumulan sacarosa en células del parénquima, y las hojas disminuyen su actividad fotosintética significativamente ya que esta actividad es determinada por la demanda

de carbono (C) en los tejidos de demanda en los tallos (McCormick et al., 2009) citados por Méndez, y otros, (2016).

Las épocas con bajas temperaturas nocturnas, están ligadas de alta radiación solar en el día, en la cual favorece para la acumulación de sacarosa. La fase de maduración en la costa ecuatoriana, corresponde a la época menos lluviosa y de menor temperatura del año, el crecimiento de los tallos es sensible a estas condiciones, no así la fotosíntesis que puede continuar hasta que las condiciones de humedad sean propicias. (Méndez, y otros, 2016)

#### **2.4.1. Madurador Químico**

El objetivo central de la aplicación de desaceleradores de crecimiento es adelantar y disponer de más tiempo de materia prima con indicadores de calidad superiores para la industria. Para el productor es importante cosechar la caña, con un incremento en la madurez, debido a la aplicación de maduradores, una inversión relativamente baja, de rápido reembolso y con buenas ganancias. (Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016).

Castillo & Silva, (2004). Afirman que la utilización de maduradores químicos como glifosato (Roundup) disminuye el alargamiento de los tallos, también, causa una disminución en la actividad de la invertasa ácida, lo cual puede llevar a una mayor acumulación de sacarosa. Esto depende de las variedades, se tienen diferentes grados de sensibilidad a cualquier estrés y pueden alterar sus tasas de fotosíntesis, crecimiento estructura y recolección de azúcar. Percibiéndose incluso reacciones fisiológicas en el rebrote, con macollos deformes, ensanchados o con hojas muy pequeñas. En la actualidad, se están usando productos en base a Potasio, se ha obtenido buenos resultados.

#### **2.4.2. Floración.**

La floración tiene lugar cuando las condiciones son favorables para un cambio del estado vegetativo al reproductivo, cuando se ha excedido la edad mínima y/o el estado fisiológico de desarrollo. Las variedades difieren en sus características de floración abundante y otras no

florean. La floración normalmente tiene lugar cuando hay una reducción del crecimiento debido a días más cortos y noches más frías, después del rápido crecimiento en los meses calientes del verano (Rodríguez, 1987) citado por Rivera, (2008).

El control de la floración y el acorchamiento tienen como objetivos principales lograr un mayor rendimiento de caña de azúcar en variedades de alta floración, ya que el control permite cosechar variedades florecedoras a mediados y finales de la zafra, mejor calidad del azúcar, en lo que la aplicación de un inhibidor de la floración nos permite que la caña siga creciendo esto hace que el rendimiento en toneladas métricas sea mayor. El inhibidor de floración más utilizado es a base de Etefón con el nombre comercial de Ethrel LS48 con una dosis de 1,5 Lt ha<sup>-1</sup>. (Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016).

## **2.5. Periodo de zafra.**

Se considera que una zafra es eficiente cuando se logra el mayor volumen de producción de toneladas de azúcar, con la menor cantidad de toneladas de cañas molidas, ya que es importante realizar la cosecha en el periodo óptimo de rendimiento azucarero de los cultivares plantados, hay que tener en cuenta que la zafra tiene como duración 150 días. (Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016).

## **2.6. Cosecha.**

La cosecha es una labor agrícola muy compleja ya que se debe al nivel de mecanización demandado para realizar el corte, alza y la transportación. La cosecha se recomienda realizarla en la época menos lluviosa y con temperaturas frescas, para que no exista el riesgo de deshidratación y una baja acumulación de sacarosa, por esa razón se la debería realizar en los meses de julio a diciembre ya que en Ecuador dichos meses representa menor precipitación y temperatura. Es la etapa final del proceso de producción de la caña de azúcar, donde el agricultor obtiene los beneficios de un periodo mínimo de un año. (Pérez, Santana, & Rodríguez, 2016).

La cosecha de la caña de azúcar realizada en el tiempo adecuado, o sea, en la fase de máxima maduración, mediante el empleo de una técnica adecuada, permite ubicar cada variedad en la época en que mejor pueda manifestar su potencial (tanto de producción como de calidad azucarera) y de esa forma alcanzar mayores niveles de rentabilidad. (Delgado, y otros, 2015)

La cosecha mecanizada de caña de azúcar cruda representa una gran oportunidad de reducir costos, de hacer más eficiente la operación de cosecha y entrega óptima de caña al ingenio, hacer más rentable la operación de transporte y minimizar los impactos negativos al medio ambiente contribuyendo con la productividad de los ingenios y conservando el patrimonio de las familias cañeras. (Ortiz, Salgado, Castelán, & Córdova, 2012).

## **2.7. Pago de la caña.**

Según lo informado por la subsecretaria de comercialización quien manifestó sobre el precio de la caña de azúcar, y se lanzó el siguiente acuerdo: “Mantener el precio mínimo de sustentación de la tonelada de caña de azúcar en pie con 13° (Pol) en \$33.18. (MAGAP, 2015).

En el Art. 1, dice: “Fijar el precio mínimo de sustentación de la tonelada métrica de caña de azúcar en pie, para la zafra 2015 – 2016 en \$33.18 con 13° (Pol). Si la caña de azúcar presenta los grados (Pol) mayor a 13, pagarse como premio por calidad el 3.30% sobre el precio mínimo de sustentación para la tonelada métrica, y si presenta un grado (Pol) inferior a 13, el será castigado con el mismo valor del premio. (MAGAP, 2015).

Lo expuesto anteriormente muestra la importancia que tiene realizar la cosecha de la caña cuando ésta ha alcanzado una madurez óptima, ya que se premia a o se penaliza al productor según el comportamiento de los grados de Pol que presente la caña en el momento de la cosecha, por tanto resulta muy importante el conocimiento de las fases fisiológicas de la caña de azúcar para realizar un manejo agronómico adecuado en dependencia del estado

fisiológico que presente el cultivo al momento de realizar las diferentes labores culturales durante el ciclo de la caña.

### **III. CONCLUSIONES**

Es importante conocer sobre la fisiología de la caña de azúcar porque nos permite actuar de manera precisa para realizar las labores agrícolas oportunas durante el crecimiento del cultivo, facilitando lo necesario para que no afecte su desarrollo, de esa manera obtener rendimientos sustentables para el agricultor.

Para realizar un manejo agronómico propicio al cultivo se debe conocer el comportamiento que presenta durante su desarrollo la duración de cada fase de la caña desde la plantación hasta la maduración.

La fisiología que presenta el cultivo es muy compleja, porque al no tener los conocimientos necesarios al momento de realizar una labor agrícola podría tener efectos negativos en el desarrollo de la caña y presentar bajos rendimientos en la producción.

Las prácticas para el manejo del cultivo se las realiza desde el inicio de la plantación hasta el final, saber que la caña de azúcar necesita los cuidados necesarios al inicio en el desmalezado y la fertilización y en el gran periodo de crecimiento la fertilización nitrogenada, y actuar de manera eficaz para controlar el efecto negativo de la floración e incitar a la planta que madure.

El rendimiento se basa en la cantidad de tallos largos y gruesos y en el contenido de sacarosa, para llegar a esto se debe controlar el riego al momento que la caña está en el proceso de maduración, en esta fase se le debe suspender la cantidad de agua para que se produzca el efecto de convertir los azúcares (glucosa y fructosa) a sacarosa.

### **IV.**



## **RECOMENDACIONES**

Conocer la fase del cultivo de la caña de azúcar es importante porque nos permite realizar las labores agrícolas sin causar daño al cultivo, para que no afecte los rendimientos.

Recomendaría que al inicio de la plantación aplicar una fuente fosfórica en el fondo del surco para ayudar al crecimiento radicular, mantener la humedad del suelo en capacidad de campo sin dejar de lado el control de las malezas pre-emergente y post emergente, en el periodo de macollamiento aplicar una fuente nitrogenada a los lados de los surcos, con el propósito de ayudar al cultivo en el periodo de gran crecimiento que desarrolle eficazmente, porque de eso depende los rendimientos en la cosecha ya que el rendimiento se basa mayor número de tallos largos y gruesos y más alto contenido de sacarosa.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, N. (marzo-junio de 2013). Análisis de productividad de etanol de caña de azúcar en ingenios azucareros de México. (C. E. Sum, Ed.) *redalyc.org*, 20(1), 17-28.
- Alonso, J., & Arcila, A. (Octubre-Diciembre de 2013). Empleo del comportamiento estacional para mejorar el pronóstico de un commodity el caso del mercado internacional del azúcar. (U. ICES, Ed.) *Scencedirect.com*, 29(1), 406-415.
- Borroto, Blanco, M., Tambara, J., Capdesuñer, Y., Golle, J. L., Balbé, A., y otros. (14 de Agosto de 2003). CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS ASOCIADOS AL CRECIMIENTO. *Academia .edu*, 27(1), 91-100.
- Camargo, P. (1976). *Fisiología de la caña de azúcar*. Mexico: Comisión Nacional de la Industria Azucarera.
- Castillo, R., & Silva, E. (Octubre de 2004). Obtenido de [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=LA+CA%3%91A%2C+D.+A.+%282004%29.+FISIOLOG%3%8DA%2C+FLORACI%3%93N+Y+MEJORAMIENTO+GEN%3%89TICO+DE+LA+CA%3%91A+DE+AZ%3%9ACAR+EN+ECUADOR&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=LA+CA%3%91A%2C+D.+A.+%282004%29.+FISIOLOG%3%8DA%2C+FLORACI%3%93N+Y+MEJORAMIENTO+GEN%3%89TICO+DE+LA+CA%3%91A+DE+AZ%3%9ACAR+EN+ECUADOR&btnG=)
- Córdova, S., Arévalo, R., Sanomya, R., Bertoncini, E., Arévalo, L., Chaila, S., y otros. (2014). *Saccharum spp.* en Brasil. *Una revisión. Avances en Investigación Agropecuaria,,* 18(3), 3.
- Delgado, I., Jorge, H., Vera, A., Céspedes, A., Torres, I., Cruz, R., y otros. (enero-marzo de 2015). Los momentos de cosecha en la caña de azúcar y la estabilidad en cinco ambientes de Cuba. (C. Agrícola, Ed.) *uclv.edu.cu*, 42(1), 63-68.
- MAGAP. (2015). COMPORTAMIENTO DE LOS PRECIOS EN DIFERENTES NIVELES. *Precio caña de azucar*, 2.
- Marasca, I., Barbosa, R., Pereira, M., Paz, A., & Pereira, K. (Septiembre - Noviembre de 2015). Morfología de la caña de azúcar en la preparación profunda del suelo en canteros. (Arica, Ed.) *scielo.org*, 33(4), 23-29.
- Marroquín, O. (MAYO de 2014). USO DE SIETE DENSIDADES DE SIEMBRA. *USO DE SIETE DENSIDADES DE SIEMBRA*. GUATEMALA, GUATEMALA.
- Melgar, Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O., & Espinoza, R. (2014). El cultivo de la caña de azucar en guatemala. 133-260.
- Méndez, J., Salgado García, S., Lagunes Espinoza, L., Mendoza Hernández, J., Castelán Estrada, M., Córdova Sánchez, S., y otros. (Marzo de 2016). RELACIÓN ENTRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS EN CAÑA DE AZÚCAR. (Agroproductividad, Ed.) *researchgate.net*, 9(3), 15-20.
- Montiel, C., Illescas, C., Hernández, U., & Jones, R. (Junio de 2015). Nuevos Registros de Picudos (Coleoptera:Curculionidae) Afectando Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Veracruz, México. (SOUTHWESTERN, Ed.) *researchgate.net*, 40(2), 427-432.
- Ortiz, H., Salgado, S., Castelán, M., & Córdova, S. (31 de diciembre de 2012). Perspectivas de la cosecha de la caña de azúcar cruda en México. (R. M. Agrícola, Ed.) *Scielo.org*, 4(1), 767-773.
- Palma, L., J, D., Salgado, S., Olán, O., J, J., Trujillo, A., y otros. (julio-septiembre de 2003). SISTEMA INTEGRADO PARA RECOMENDAR DOSIS DE FERTILIZACION. (T. Latinoamericana, Ed.) *redalyc.org*, 20(3), 347-358.

- Pérez, H., Santana, I., & Rodríguez, I. (2016). *Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar*. Machala: Machala : Ecuador.
- Portocarrero, D. L. (Diciembre de 2002). PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZUCAR. *MANUAL DE PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZUCAR*, 18.
- Rengel, M., Gil, F., & Montaña, J. (Enero - Abril de 2012). CRECIMIENTO Y DINÁMICA DE ACUMULACIÓN DE. *redalyc.org*, 23(1), 43-50.
- Rivera, R. (2008). *EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum L.) EN LA REGION DE CARDEL, CENTRO DE VERACRUZ*. Mexico: limusa.
- Salgado, S., Núñez, R., Peña, J., Etchevers, J., Palma, D., & Soto, M. (Octubre de 2003). Manejo de la fertilización en el rendimiento, calidad del jugo y actividad de invertasas en caña. (Interciencia, Ed.) *redalyc.org*, 28(10), 576-580.
- Subiros, F. (2000). *EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR* (Universidad Estatal a Distancia San Jose ed., Vol. 1). (U. E. Distancia, Ed.) Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Toala, Astudillo, J., & Tobalina, C. (Noviembre de 2010). Implementacion de una planta productora de etanol en base a la caña de azucar en la Peninsula de Santa Elena, Provincia del Guayas. (ESPOL, Ed.) *Scielo.org*, 2(1), 3.
- Valle, S., Iparraguirre, M., Puertas, A., Rodríguez, S., & Caicedo, W. (23 de Abril de 2014). Dinámica poblacional y efecto del deshoje en la disminución de ninfas de Mahanarva andigena en el cultivo de caña de azúcar. (Valle, Ed.) *Amazónica Ciencia y Tecnología*, 3(1), 49-62.