



**UNIVERSIDAD ESTADAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN COMPLEXIVO

**TEMA: AUMENTO DE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR
MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN DE
PRECISIÓN**

Autores: MAPOSITA ARÉVALO RUBÉN DARIO
MORA SOTO HUGO ALBERTO

Acompañante:
MSc. ARISTIDES BACARDI REYES

**Milagro, mayo 2018
ECUADOR**

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, Maposita Arévalo Rubén Darío, Mora Soto Hugo Alberto, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación – Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática “Gestión de la Calidad” del Grupo de Investigación del Grupo de Investigación de la Automatización y el Control Industrial, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

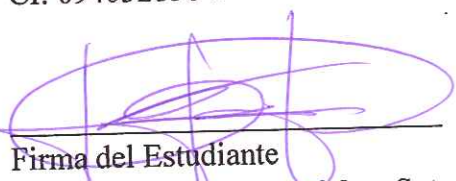
Milagro, a los 17 días del mes de mayo de 2018



Firma del Estudiante

Nombre: Rubén Darío Maposita Arévalo

CI: 094032158-1


Firma del Estudiante

Nombre: Hugo Alberto Mora Soto

CI: 094036242-9

APROBACIÓN DEL ACOMPAÑANTE DE LA PROPUESTA PRACTICA

Yo, Arístides Reyes Bacardí en mi calidad de tutor de la Investigación Documental como Propuesta práctica del Examen Complexivo, modalidad presencial, elaborado por los estudiantes Maposita Arévalo Rubén Dario, Mora Soto Hugo Alberto cuyo tema es: Aumento de la Calidad Agroindustrial, que aporta a la Línea de Investigación Gestión de la Calidad previo a la obtención del Grado de Ingeniero Industrial ; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Examen Complexivo de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 17 días del mes de mayo de 2018.



MsC Arístides Reyes Bacardí
ACOMPAÑANTE
C.I: 095663633-6

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Reyes Bacardi Arístides

León Batallas Alberto Andrés

Avilés Noles Manuel Andrés

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta practica, previo a la obtención del título (o grado académico) de Ingeniero Industrial presentado por el señor Maposita Arévalo Rubén Darío.

Con el título:

“AUMENTO DE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN DE PRECISIÓN”



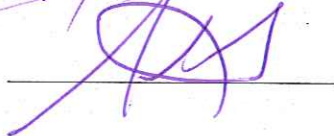
Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[69,67]
Defensa oral	[8,67]
Total	[78,33]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) Aprobado

Fecha: 17 de mayo del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	REYES BACARDI ARÍSTIDES	
Vocal 1	LEÓN BATALLAS ALBERTO ANDRÉS	
Vocal 2	AVILÉS NOLES MANUEL ANDRÉS	

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Reyes Bacardi Arístides

León Batallas Alberto Andrés

Avilés Noles Manuel Andrés

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta práctica, previo a la obtención del título (o grado académico) de Ingeniero Industrial presentado por el señor Mora Soto Hugo Alberto.

Con el título:

“AUMENTO DE LA CALIDAD DE LA CAÑA DE AZÚCAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN DE PRECISIÓN”

Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[70.00]
Defensa oral	[8.67]
Total	[78.67]


Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 17 de mayo del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos
Presidente	REYES BACARDI ARÍSTIDES
Vocal 1	LEÓN BATALLAS ALBERTO ANDRÉS
Vocal 2	AVILÉS NOLES MANUEL ANDRÉS

Firma



DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico a DIOS por haberme dado salud, entusiasmo, perseverancia y fe para culminar mis estudios universitarios.

A mis padres por el apoyo incondicional en la etapa universitaria tanto en la parte económica; como en la psicológica, siempre incentivándome con sus consejos e inculcándome buenos hábitos para ser una persona de bien.

A mis amigos por el apoyo constante en la academia y el trabajo en equipo siempre.

A mis docentes que impartieron sus clases durante mi formación académica y me direccionaron por una línea específica en la carrera y me formaron con la capacidad de raciocinio diferente.

Rubén Darío Maposita Arévalo

En primer lugar, dedico este proyecto de titulación a DIOS, mis padres y familia en general por apoyarme en todas las etapas de mi vida, ser mi soporte y mi apoyo en todos mis estudios académicos.

A la familia Cárdenas Meza por apoyarme en las últimas etapas de mi obtención de mi título.

A mis compañeros en general por apoyarme desde mi primer día de clases hasta lograr lo cometido.

Pero sobre todo esto va dedicado a mi madre Mercedes y a mi padre Hugo que son los que han dedicado todo de ellos para que logre obtener el título de Ingeniero.

Hugo Alberto Mora Soto

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL ACOMPAÑANTE DE LA PROPUESTA PRACTICA	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
Planteamiento del problema.....	5
Objetivo general:	5
Objetivos específicos:	5
1. Sistematizar los antecedentes históricos y conceptuales en la producción de la caña de azúcar.	5
2. Analizar los aspectos que determinan la calidad de la caña de azúcar.....	22
CONCLUSIONES	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE CAÑA DE AZÚCAR.....	14
FIGURA 2.ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN APLICADO A UN CULTIVO.....	18

AUMENTO DE LA CALIDAD AGROINDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZUCAR

RESUMEN

La presente revisión bibliográfica está enfocada en las etapas de desarrollo de la caña de azúcar desde la siembra hasta el corte, mediante el cual con lleva el uso apropiado del suelo, fertilizantes, condiciones climáticas y el riego; que es un factor importante para las debidas etapas crecimiento. La obtención de un buen cultivo de caña de azúcar empieza con la selección de semilla, así como su tratamiento y cuidado del mismo, en estas circunstancias la selección de la semilla es lo primordial, por lo que es un trabajo muy delicado debido a que se debe elegir la semilla, sin patógenos, bacterias, plagas entre otros factores que afecten en la genética del cultivo en general.

Este proceso se realiza para la obtención de caña de calidad y dan como resultado productos de calidad, influyendo mucho en la materia prima para el proceso de elaboración de azúcar. Para ello es necesaria la aplicación de tecnologías que optimicen el proceso y ayuden a los cultivos de caña de azúcar, estas tecnologías innovadoras se llama agricultura de precisión, que optimizan el uso del suelo y predicen productividad en los cultivos.

Actualmente el cultivo de caña de azúcar, genera fuentes de trabajo que benefician a gran parte de las poblaciones del mundo y del país, estando relacionados directamente o indirectamente al realizar esta actividad de siembra. Para obtener mayor rentabilidad y productividad en los cultivos, es necesario el uso eficiente de fertilizantes que ayuden al proceso de desarrollo de la planta, entre los fertilizantes más utilizados son el azufre (S), nitrógeno (N), potasio (K); los cuales brindan nutrientes y fortalecen durante la maduración y macollaje de la caña de azúcar.

Durante la revisión de varios artículos científicos relacionados con el tema se concordó que las causas más influyentes en la calidad de caña de azúcar, surge desde que es semilla relacionada con la genética de la planta, el proceso de crecimiento, el riego, condiciones climáticas y el uso de fertilizantes. Se hacen referencia estas indicaciones para lograr mayor producción de los sembríos por hectárea de caña cultivada.

PALABRAS CLAVE: calidad de caña, fertilización de precisión, agricultura de precisión, riego de precisión.

INCREASE OF THE AGROINDUSTRIAL QUALITY OF SUGAR CANE

ABSTRACT

This bibliographical review is focused on the stages of development of sugarcane from sowing to cutting, through which it leads to the appropriate use of soil, fertilizers, climatic conditions and irrigation; which is an important factor for the proper growth stages. Obtaining a good cultivation of sugarcane begins with the selection of seed, as well as its treatment and care of it, in these circumstances the selection of the seed is paramount, so it is a very delicate job because it is must choose the seed, without pathogens, bacteria, pests among other factors that affect the genetics of the crop in general.

This process is carried out to obtain quality cane and produce quality products, influencing the raw material for the sugar production process. This requires the application of technologies that optimize the process and help sugarcane crops, these innovative technologies are called precision agriculture, which optimize the use of soil and predict productivity in crops.

Currently, the cultivation of sugarcane generates work sources that benefit a large part of the world's and the country's populations, being directly or indirectly related to carrying out this sowing activity. To obtain greater profitability and productivity in crops, it is necessary to use fertilizers efficiently to help the plant's development process, among the most used fertilizers are sulfur (S), nitrogen (N), potassium (K); which provide nutrients and strengthen during the maturation and tillering of sugar cane.

During the review of several scientific articles related to the subject it was agreed that the most influential causes in the quality of sugarcane arise from the fact that it is seed related to the genetics of the plant, the growth process, irrigation, climatic conditions and the use of fertilizers. These indications are referred to achieve greater production of the crops per hectare of cultivated cane.

KEY WORDS: cane quality, precision fertilization, precision agriculture, precision irrigation.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es un cultivo de elevada relevancia a nivel mundial, de sus tallos se extrae la sacarosa que es uno de los principales suplidores energéticos en la alimentación humana. Además, este cultivo permite una amplia diversidad productiva, que es mundialmente reconocida, estos sub-productos son totalmente aprovechados, con diversos fines; económico, alimenticio. (LARGO, 2015)

En Ecuador, la caña de azúcar se cultiva en los trópicos y sub-trópicos, se utiliza para el consumo interno sin lograr que este sea competitivo; condición que actualmente junto a la globalización obliga que cada vez seamos más eficientes y eficaces en la utilización óptima de los recursos que esta posee. Para lograr ser más competitivos hay que implementar tecnologías adecuadas relacionadas con las actividades que se realicen durante el proceso y tomar mejores decisiones al momento oportuno, contando para ello con información confiable y actualizada. (LARGO, 2015)

La caña de azúcar, un cultivo al que se le puede procesar para obtener diversidad de subproductos (panela, aguardiente, mieles, caña fruta, confites), uno de los principales el azúcar en sus diferentes tipos; pero con las nuevas tendencias de los mercados se incursiona en muchos más productos como el etanol. Por ello es de gran importancia el sector cañicultor.(LARGO, 2015)

La presente revisión bibliográfica se enfoca en la calidad de caña de azúcar, por lo tanto, se realiza el seguimiento desde la semilla hasta cuando la caña de azúcar este hecha para el corte, mediante este proceso se analiza el tratamiento del suelo, las condiciones climáticas del lugar en donde se va a realizar el sembrío, el riego constante para el producto, los fertilizantes utilizados.

Centrando en el tema lo que garantiza la calidad del azúcar cumpliendo con estas normas mediante lo cual se divide en dos fases que son: el cultivo de caña de azúcar que es la encargada de garantizar la calidad de la azúcar de caña; y la segunda fase garantiza el grano del azúcar por lo tanto la calidad del producto final está relacionada de una manera dependiente con ambas etapas.

A continuación, se detallará las fases anteriores; la fase primera es la forma agrícola que establece un conjunto de actividades para seleccionar la semilla adecuada para el suelo y la humedad requerida para el cultivo, el tratamiento de la tierra en donde se va poner la semilla.

Luego la siembra en los surcos que están preparados, el uso de fertilizante durante el proceso de siembra, el cuidado necesario para aporcar la caña, el riego constante para las plantaciones de una manera ordenada y por lo último el tipo de corte que se utilizara al momento que la caña se encuentre en sus condiciones óptimas de cosecha, siendo el tipo de corte mecanizado o de forma manual.

La Caña de azúcar (*Saccharum FFI cinarum L.*) es un importante cultivo agroindustrial cultivada en diferentes partes del mundo, principalmente para la plantación de azúcar blanco(Bodhinayake et al. 1998). Es un cultivo de larga duración con el metabolismo C4 y produce biomasa muy pesado exigiendo grandes cantidades de humedad, nutrientes y luz solar para la productividad óptima (Gopalsundaram et al. 2012). (Cairo-Cairo, Diaz-Martin, & Rodriguez-Urrutia, 2017)

El suelo es uno de los factores ambientales más importantes y se considera la fuente principal en el suministro de nutrientes esenciales para las plantas, las reservas de agua y un medio para el crecimiento de las plantas (Ghaemi et al. 2014). Mantener o mejorar la calidad del suelo es crucial para la productividad agrícola y la seguridad ambiental que han de ser preservados para las generaciones futuras (Reeves 1997). (Cairo-Cairo et al., 2017)

La calidad del suelo se define como ' la capacidad de un específico clase de suelo para funcionar, dentro de los límites naturales o gestionados de los ecosistemas, para mantener la productividad vegetal y animal, para mantener o mejorar la calidad del agua y del aire, y apoyar a la salud humana y habitación (Karlen et al. 1997). La calidad del suelo se puede considerar como principal indicador de uso y manejo sostenible de la tierra (Gong et al. 2006). (Cairo-Cairo et al., 2017)

Llegando a un acuerdo nuestras variables de estudios las cuales son la calidad de la caña de azúcar, el azúcar de caña, y la fertilización de precisión, en esta revisión bibliográfica precisaremos los puntos más relevantes sobre dichas variables.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del problema

Disminución de la calidad de la caña de azúcar por el mal manejo de riego y fertilizantes de precisión.

Objetivo general:

Identificar las características que influyen en la calidad de la caña de azúcar.

Objetivos específicos:

1. Sistematizar los antecedentes históricos y conceptuales en la producción de la caña de azúcar.

Suribós (1995), expresa que la especie *Saccharum officinarum* fue importante en la dieta de las civilizaciones primitivas, alrededor de 3000 años a.C., y era empleada para ser mascada y para ingerir su jugo. La referencia más antigua que existe del azúcar es del siglo IV a.C. en Persia, donde se usaba con fines medicinales; además se le valoraba como un artículo de lujo, por lo que era vendido a elevados precios. También manifiesta que La India es considerada como el primer centro de explotación comercial de la caña, donde se hizo azúcar. Además, declara que Cristóbal Colon, en el segundo viaje realizado a América, en 1493, introdujo la caña en la isla La Española, que es hoy República Dominicana y Haití. El clon introducido fue el Creola, presumiblemente un híbrido entre *S. barberi* y *S. officinarum*. De esta isla se difundió hacia Cuba, Puerto Rico, México, Colombia, Perú y a otros países del continente. Los portugueses introdujeron la planta en Brasil en el año 1500. (LARGO, 2015)

Otro aspecto muy importante es la manera de cómo se introdujo los primeros orígenes de la planta en el país Ávila (2011), declara que el ingreso se da en el siglo XVI entre 1526 y 1533. Se supone que fue introducida desde México a la Audiencia de Quito por comerciantes del cacao y difundida su siembra hasta las estribaciones de los Andes occidentales. (LARGO, 2015)

Además, manifiesta que mediante rudimentarias instalaciones se molía la caña para extraer su jugo azucarado del cual, mediante un proceso primitivo se elaboraba panela, azúcar morena y aguardiente. Por 1832, el general Juan José Flores había instalado un ingenio en

la hacienda La Elvira en las inmediaciones de Babahoyo, donde se cultivaba unas 60 cuadras de caña de azúcar mediante el brazo de 60 esclavos y 40 trabajadores. También expresa que fue por un censo tomado en 1836, se conoce que en los valles calientes de la Sierra se establecieron varios trapiches e ingenios azucareros, que recibían la producción de más de 8 000 cuadras de caña, distribuidas entre las provincias de Chimborazo, Azuay e Imbabura, en esta última figura la importante superficie de 2 735 cuadras. (LARGO, 2015)

Asimismo, manifiesta que Rafael Parducci llegó en 1862 a Guayaquil y estableció uno de los primeros ingenios del país, fundó el ingenio La María, En 1889, con una maquinaria de última generación instaló la industria, con lo cual la propiedad pasó a la categoría de agroindustrial pues llegó a producir hasta 20 000 quintales de azúcar por zafra, además de subproductos como panela, licores, melaza, etc. (LARGO, 2015)

La caña de azúcar fue utilizada y cultivada desde los tiempos más remotos, lo cual motivó su difusión y los cruces que hacen muy difícil el estudio de sus orígenes. La teoría más comúnmente admitida señala el *Saccharum robustum* como la especie botánica de inicio y la isla de Nueva Guinea como uno de los centros de origen y dispersión más notable. (J. M. Mesa López, H. García Pérez, R. González Acosta & Instituto, 1976)

En sus inicios, la industria azucarera se desarrolló a partir de las llamadas "cañas nobles", que no eran más que representantes de *S. officinarum*, que fueron denominadas de esta forma por el grosor y la consistencia suave de sus tallos, así como por su alto contenido de azúcar. Entre los cultivares empleados en aquellos tiempos se destacó la caña Otaheite o caña Borbón, que llegó a cultivarse a nivel mundial por sus altos rendimientos, pero fue sustituida al sufrir el ataque de un complejo de enfermedades. Se empleó entonces la Cheribon o caña transparente, que está representada por tres formas diferentes (clara, rayada y morada), por lo que recibió diferentes nombres en los países en que se cultivó. (J. M. Mesa López, H. García Pérez, R. González Acosta & Instituto, 1976)

La caña de azúcar, en sus tallos, almacena el alimento máspreciado y más consumido a nivel mundial, prácticamente el 100% de los más de 7 mil millones de personas que pueblan el planeta Tierra, consumen directa o indirectamente, unos gramos de azúcar cada día. Por otra parte, las reservas de combustible fósil, principal responsable del impresionante desarrollo alcanzado por la humanidad, tienden a su agotamiento, siendo la caña de azúcar la única planta capaz de producir la mayor cantidad de energía por unidad de superficie, mediante la

obtención de biocombustibles que pueden ser mezclados con los derivados del petróleo, alargando la vida útil de las reservas de los hidrocarburos. (J. M. Mesa López, H. García Pérez, R. González Acosta & Instituto, 1976)

De acuerdo a Van Dillewijn (1952), La estructura del tallo de la caña se puede dividir a grandes rasgos en dos partes: una región exterior periférica o corteza, y una sección de médula suave interior, que difieren principalmente en las concentraciones relativas de células que contiene zumo (parénquima) y haces de fibrovascular. La corteza tiene una fuerte cutícula externa a menudo cubierto con una capa de cera, que evita la evaporación del agua de las células internas y les da la protección contra daños mecánicos y ataque de microorganismos. El término “corteza” se refiere normalmente a la capa externa relativamente delgada del tallo, pero a veces también se toma como la capa adyacente de tejido denso en el que hay una alta concentración de los haces vasculares y relativamente pocas células de jugo. (Wong Sak Hoi & Martincigh, 2013)

Características del tipo de siembra

La caña de azúcar pertenece a la familia de las gramíneas y al género *Saccharum*., en el cual existen seis especies: *S. spontaneum*, *S. robustum*, *S. barberi*, *S. sinense*, *S. edule* y *S. officinarum*. Los clones comerciales de caña de azúcar son derivados de las combinaciones entre las seis especies anteriores, predominando las características de *S. officinarum* como productora de azúcar. (Ministerio de agricultura, 1991)

Esta planta requiere altas temperaturas durante el período de crecimiento y bajas temperaturas durante el período de maduración. Mientras más grande sea la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante la maduración mayores serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar. Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este cultivo son: para la germinación entre 32°C y 38°C, para el macollamiento 32 °C y para el crecimiento 27 °C. (Ministerio de agricultura, 1991)

La precipitación anual adecuada para este cultivo es de 1.500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses). La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo, durante el período de maduración esta cantidad debe reducirse, para restringir el crecimiento y lograr el acumulo de sacarosa. (Ministerio de agricultura, 1991)

Es indispensable la presencia de la luz solar para la producción de azúcares y pureza de la planta en condiciones normales de humedad ayudando al crecimiento adecuado lo cual es un factor influyente para el desarrollo y maduración. La caña de azúcar crece satisfactoriamente en una gran variedad de tipos de suelos, pero los más adecuados para este cultivo son los de textura franca o franco arcillosos, bien drenados, profundos, aireados ricos en materia orgánica, topografía plana y semiplana y con pH entre 5,5 y 7,5. (Ministerio de agricultura, 1991)

A continuación, se describe el proceso de sembrío de la caña de azúcar. La semilla de caña la constituye un trozo de tallo con tres yemas como máximo. La siembra de semilla de caña de alta calidad, es probablemente el paso más simple e importante que los cañeros deben tener en cuenta para mejorar la producción. Por esta importante razón, la producción de semilla debe ser una parte integral en el planeamiento de la plantación. (Ministerio de agricultura, 1991)

- La calidad de la semilla está determinada por la ausencia de enfermedades, la pureza varietal y la capacidad de germinación.
- Las enfermedades más serias en el país como son el carbón, el mosaico, el raquitismo de las socas y la roya se pueden propagar al sembrar semilla infectada.
- La producción de semilla en semilleros manejados técnicamente es la forma más fácil de asegurar que la semilla sea pura.
- Un semillero es un área exclusiva del cañaveral para producir la semilla, la cual debe provenir del primer o segundo corte únicamente; la cosecha posterior se deja como caña comercial.
- Los semilleros deben planearse con anticipación a la siembra, con el fin de obtener la cantidad de semilla necesaria para la plantación comercial. Una hectárea de semillero en excelentes condiciones produce alrededor de 60 toneladas de semilla, con la cual se siembran hasta seis hectáreas.
- La semilla de caña debe provenir de caña joven, de siete a nueve meses de edad y del primer o segundo corte como máximo, para asegurar una

germinación uniforme, evitar la resiembra y minimizar el combate de malezas.

- Es importante tener en cuenta que, si se deja transcurrir mucho tiempo entre el corte de la semilla y la siembra, puede disminuir la germinación, el tiempo máximo recomendado es cinco días después del corte.
- Para evitar el raquitismo de las socas, que puede transmitirse en la semilla de caña, además de los cuidados en el semillero y en la corta, los trozos deben ser tratados preferiblemente con calor, procedimiento que es parte esencial de cualquier esquema de producción de semilla de caña. (Ministerio de agricultura, 1991)

La cantidad de semilla necesaria para sembrar una hectárea oscila entre 8 a 10 toneladas de acuerdo con la capacidad de brotamiento y macollamiento de la variedad y con el peso de los tallos, los que pueden ser delgados. (Ministerio de agricultura, 1991)

Preparación del suelo

La caña de azúcar es una planta perenne y su vida económica se prolonga durante varios ciclos ya que permite cinco cortes (socas) o más, beneficio que se obtiene con una buena preparación del terreno. La secuencia de las labores para la preparación y adecuación de tierras se describe a continuación. (Ministerio de agricultura, 1991)

- Levantamiento topográfico: el plano topográfico debe incluir las vías internas de la finca, la localización de los cercos existentes y la posición de la fuente de abastecimiento de agua. (Ministerio de agricultura, 1991)
- Limpieza o descepada: consiste en eliminar los desechos de los cultivos diferentes a la caña o en la destrucción de las cepas viejas, en caso de renovación. (Ministerio de agricultura, 1991)
- Nivelación: se debe efectuar en época seca, siguiendo la conformación natural del terreno y con un desnivel de 2 por mil, el cual permite un control eficaz del agua superficial, tanto para fines de desagüe como de riego. Se emplean traíllas, tractores, moto niveladoras y landplane. (Ministerio de agricultura, 1991)
- Subsolada: su objetivo principal es romper y fragmentar las capas de tierra impermeables que se van formando en las tierras cultivadas, especialmente con este

cultivo por el tamaño y peso de la maquinaria de cosecha, para mejorar el drenaje interno y la aireación del suelo. Se recomienda hacerla a una profundidad de 50-60 cm y una separación entre cortes de 1,50 m. (Ministerio de agricultura, 1991)

- Arada: esta labor persigue romper y voltear la capa arable del terreno, a una profundidad de 25 cm en suelos poco profundos y de 35-40 cm en suelos profundos, se debe efectuar en época seca, con arados de disco o vertedera o también con rastras pesadas tipo Rome. (Ministerio de agricultura, 1991)
- Rastrea: se utiliza para cortar, desterronar y voltear el suelo, hasta mullirlo, así como para destruir e incorporar los residuos de cosecha. Se aconseja una o dos pasadas de rastra, utilizando rastras de varios discos deben impedirse el afinamiento excesivo del suelo, especialmente en zonas muy ventosas. (Ministerio de agricultura, 1991)
- Surcada: los surcos, si las condiciones y la topografía del terreno lo permiten, deben ser trazados con gradientes de 1 a 2%, en líneas rectas o en contorno. Para esta labor se utiliza un implemento, especial de zanjeadores o cuerpos. Existen surcadores de uno y dos cuerpos, dependiendo de la potencia del tractor con que se hace la labor. (Ministerio de agricultura, 1991)

Los surcadores trabajan a una profundidad aproximada de 25-30 cm y la tierra que desplaza hacia los lados forma un camellón que van entre los surcos. La semilla se coloca en el fondo del surco en la mayoría de las siembras y a una distancia de 1,40 a 1,60 m entre surcos, dependiendo de la topografía del terreno la altitud local y la variedad utilizada. Sin embargo, en las regiones muy lluviosas y en suelos pesados, se debe utilizar un surcador especial, que es un implemento con tres cuerpos de zanjeadores, distanciados 1,25 m y entre ambos cuerpos lleva un escardillo en forma de V que hace un pequeño surco sobre el camellón. La semilla se coloca sobre el camellón en el pequeño surco que se ha formado, para protegerlo de la humedad excesiva durante la germinación y desarrollo. (Ministerio de agricultura, 1991)

Siembra

La siembra puede efectuarse manualmente o con sembradoras mecánicas. San & José, 1991)
(Ministerio de agricultura, 1991)

- La siembra a chorro continuo es el sistema más recomendado, siempre que se cuenta con semilla de buena calidad.

- La semilla se coloca acostada en el fondo del surco.
- Este sistema, conlleva un ahorro importante en la cantidad de semilla requerida.
- Las distancias de siembra más empleadas en el país son las de 1,40 a 160 m entre surcos.
- La semilla debe quedar cubierta con una capa de suelo de 3 a 5 cm, una capa más gruesa retrasa la emergencia y puede afectar la germinación de la semilla.
- La humedad es esencial para promover el brote de las yemas; el retraso en el riego generalmente ocasiona una baja germinación de la plantación.(Ministerio de agricultura, 1991)

La agricultura es una labor que acompaña al hombre hace miles de años, y sus procesos han evolucionado con el transcurso del tiempo. Según la FAO, un tercio de la población global deriva su sustento de la agricultura, y en economías emergentes esta puede representar hasta el 30 % del PIB. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

En la última década, la generación de metodologías para la recomendación de dosis de fertilización ha sido motivo de la atención de especialistas en fertilidad de suelos y de economistas, debido a la creciente necesidad de utilizar más eficientemente a los fertilizantes, al incremento de sus precios y al imperativo de conservar el ambiente. Con el objetivo de generar dosis de fertilización para caña de azúcar que se cultiva en los diferentes tipos de suelo. (Palma-López et al., 2002)

Al quemar la caña de azúcar, un cortero corta entre dos y tres toneladas diarias mientras que, si se quema la caña, se alcanza un rendimiento de entre cinco y seis toneladas diarias por cortero. Por consiguiente, quemar la caña de azúcar antes de la cosecha facilita la tarea de cortar generando un aumento del 100% en la productividad de los corteros. Éste es uno de los principales motivos por los cuales dicha actividad se ha popularizado en todos los países productores de caña de azúcar, como Brasil, Australia, Cuba, Estados Unidos y Colombia, entre otros. (Álvarez, 2007)

El riego de precisión parte fundamental para el desarrollo

(Rondon, 2012) según este autor el diseño de un sistema de micro irrigación comienza con la determinación del caudal y el número de emisores necesarios para humedecer un determinado volumen de suelo (Rodrigo et al., 1994). Esta información se obtiene a partir de una adecuada estimación de la forma y dimensiones del bulbo húmedo, formado a partir de un emisor (Boswel, 1989). Lo anterior depende de las propiedades y características físicas del suelo, del volumen, caudal de agua aplicado por el emisor y de la topografía del terreno. (Medina, 1988 y Bresler, 1999 y Phene 2000).

(Teresa et al., 2017) expresa que durante la escasez de agua se reduce la tasa de crecimiento del follaje, se acelera la senescencia foliar y disminuye la producción de materia seca y sacarosa. (Lopes et al., 2011) La manifestación de la falta de agua inicia con la disminución de la conductancia estomática, lo que provoca menor tasa de asimilación de CO₂. (Du et al., 1996)

Si continúa esta situación, mermará la actividad de diversas enzimas (Du et al., 1996) hasta incluso inhibirla fotosíntesis (Ghannoum, 2009). En contraste, cuando el estrés hídrico ocurre durante la madurez es posible que se incremente el contenido de azúcar en los tallos, pero si se prolonga ocasionará el efecto adverso. (Robertson et al., 1999). (Teresa et al., 2017)

Esto ha obligado a emplear fertilizantes sintéticos para proveer aquellos elementos que demanda el cultivo cuando el suelo no es capaz de hacerlo en tiempo y forma; sin embargo, de acuerdo con Garside et al. (2005), cuando se procede sin prevenir el deterioro del suelo, se corre el riesgo de abatir el rendimiento del cultivo o de ocasionar problemas de contaminación. (Landeros et al., 2016) (Teresa et al., 2017)

Por ello, se ha considerado al medio edáfico como otro factor principal que limita la producción (Singh et al., 2007) e incluso Sánchez et al. (2002) aseveran que el suelo afecta más a la caña de azúcar que la precipitación pluvial. (Teresa et al., 2017)

También hacen énfasis en la relevancia de los aspectos edafológicos Palma et al. (2002) y Salgado et al. (2008), quienes proponen incluso ajustar las dosis de fertilizante por tipo de suelo en las áreas de abasto de los ingenios azucareros. (Teresa et al., 2017)

Los rendimientos de la caña de azúcar cambian en razón directa al gradiente de humedad en la que se ubica cada parcela, donde los promedios de lluvia total anual y rendimiento en

plantilla son: riego=zona húmeda (2104mm y 83t·ha-1) >zona de transición =zona seca (1301mm y 74,5t·ha-1). La tendencia anterior coincide con lo señalado por diversos autores, ya que según Ramburan et al. (2011), la variación genotipo por ambiente es explicada por la precipitación pluvial de una región, porque la producción de caña de azúcar es función de la disponibilidad de agua (Wiedenfled, 2000). En riego, Méndez (2012) considera que el rendimiento de la caña de azúcar aumenta si se suspende el mismo de 45 a 60 días antes de su cosecha. (Teresa et al., 2017)

Sin embargo, hay discrepancias en los valores del volumen de agua requerido para este cultivo, ya que Dabrowski et al. (2009) reportan que la planta consume 1252mm de agua durante todo su ciclo, mientras que Goldemberg et al. (2008) indican entre 1500 y 2500mm por año, con lo cual podría suponerse que la zona seca en el área cañera en evaluación no sería viable para la producción de caña de azúcar pero esto es discutible porque regiones como el sur de Asia se producen en promedio 60t·ha-1 en 4,2×106ha (Singh et al., 2007), cuyo gradiente de lluvia anual fluctúa de 775 a 2160mm del noroeste al noreste de la India, respectivamente. (Sontakke et al., 2008). (Teresa et al., 2017)

Uso de fertilizantes

Se estima la dosis de fertilización (DF) N, P y K para cada unidad de suelo mediante un modelo conceptual, que se basa en el balance entre la demanda del nutrimento (DEM) por el cultivo, el suministro que hace de éste el suelo (SUM) y la eficiencia del fertilizante (EF). El algoritmo respectivo es $DF = (SUM-DEM)/EF$. Para estimar la demanda, se consideró la producción de materia seca y la concentración de N, P y K de la biomasa aérea de la caña de azúcar. (Palma-López et al., 2002)

El suministro de P y K se estimó a partir de los resultados del análisis químico de suelos y los aportes de N a partir de la cantidad de los residuos de cosecha y su manejo. Se definieron cinco unidades de suelos, los cuales se clasificaron en Subunidad o familias. (Palma-López et al., 2002)

Las dosis de fertilización del modelo conceptual debieron ser ajustadas para generar una recomendación de cultivo (EF), ya que sólo parte del nutrimento aplicado es aprovechado. El modelo operativo para calcular la dosis de fertilización, se resume en la siguiente ecuación. (Rodríguez, 1993) (Palma-López et al., 2002)

$$DF = (DEM-SUM)/EF$$

Sin embargo, en muchos casos la práctica de la fertilización es observada por el agricultor promedio como costosa y suntuaria. Esta idea es en la mayoría de los casos desmentida cuando se realizan los estudios necesarios para determinar las necesidades nutricionales del cultivo y ajustarlas a las cantidades de fertilizantes para alcanzar los óptimos económicos de la producción (FAO, 2006). Varios gobiernos a nivel mundial son conscientes de este problema, y por ello la FAO (1989) afirma que en muchos países en desarrollo el uso de fertilizantes se ha incentivado mediante subsidios. (Pérez Vélez, 2014)

La FAO (1989) declara que se observa a nivel mundial que los productores agrícolas no son indiferentes frente a las variaciones de la relación entre los costos de producción y los beneficios obtenidos, siendo el fertilizante el principal insumo evaluado por la mayoría de los pequeños agricultores en los países en desarrollo. (Pérez Vélez, 2014)

Las características físicas químicas que determinan la calidad de la caña de azúcar y su potencial de producción en cualquier variedad cultivada, es el resultado de un complejo proceso donde intervienen la composición genética, el clima, el manejo agronómico y las labores de cosecha que recibe el cultivo (Figura 1). (Aucatoma et al., 2015)

La calidad de la caña que llega a la molienda está dada por la cantidad de azúcar recuperable o rendimiento que se obtiene por tonelada de caña molida, lo cual depende de varias características: (Aucatoma et al., 2015)

- a) alto contenido de sacarosa,
 - b) bajo contenido de materiales extraños
 - c) bajo contenido de sólidos solubles, diferentes de la sacarosa
 - d) bajos niveles de fibra
- (Larrahondo, 1995)



FIGURA 1. FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DE CAÑA DE AZÚCAR

Fuente: (Aucatoma et al., 2015)

Eficiencia de la fertilización

Los parámetros para medir la eficiencia de un fertilizante pueden ser varios:

- Lo absorbido por la planta sobre lo aplicado al sustrato. Estos estudios comúnmente examinan el tipo de fuente del nutriente, lapsos de aplicación, sitio de ubicación y cantidades.
- Relacionando las entradas con las salidas. Por ejemplo, kg cosechados/kg de insumo aplicado. Esta determinación es la que más le interesa al productor, ya que es muy útil para tomar decisiones acerca de la fuente a utilizar (Ludwick, 1986).
- Las prácticas que puedan aumentar o disminuir la eficiencia del fertilizante son un factor crítico. Al respecto, en el documento Estrategias en Materia de Fertilizantes (FAO, 1989) se exponen varias fuentes que influyen la reducción en la eficiencia de los fertilizantes, en donde entre otras; las aplicaciones desequilibradas del insumo, la invasión de arvenses y el ataque de insectos pueden disminuir la eficiencia de fertilizante hasta en un 50%. (Pérez Vélez, 2014)

Implementación de la agricultura de precisión

En años recientes, empresas privadas y públicas pertenecientes al sector industrial, agrícola y de las TIC han unido esfuerzos para proyectar soluciones en el marco de la Agricultura de Precisión (AP), cuyo propósito es mejorar el rendimiento de cultivos, optimizar el uso de recursos, disminuir el impacto ambiental y facilitar la toma de decisiones estratégicas y económicas. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

Por lo anterior, la agricultura de precisión (AP) presenta soluciones de modernización agrícola, mediante la integración de las TIC en los procesos de preparación, cultivo, recolección y producción de los cultivos para permitir desarrollar y articular procesos agrícolas más eficientes, confiables, modernos y seguros. El objetivo general de la agricultura de precisión es integrar la gestión espacial y temporal de la producción a través de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS, Global Positioning Systems), Sistemas de Información Geográfica (SIG), tecnologías de sensores y mapas de terrenos. Con el fin de aumentar la rentabilidad y productividad de los agricultores mediante la generación de mapas de productividad en función de las condiciones agroclimáticas del terreno (Orozco & Llano Ramírez, 2016). La adopción de dichos elementos y tecnologías varía en función

del cultivo, su ubicación geográfica y sus implicaciones derivadas (clima, humedad, tipo de suelo, etc.), además de las necesidades particulares de las empresas y las políticas gubernamentales. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

Como surge la agricultura de precisión

La agricultura de precisión surgió en Estados Unidos como un ciclo de realimentación anual donde se obtenían resultados relacionados con aplicación de insumos en función de las necesidades específicas del terreno. Con el paso del tiempo, se empezaron a utilizar las TIC para mejorar el manejo de suelos y cultivos; como resultado, las aplicaciones de AP se extendieron y adaptaron a diferentes labranzas, productos y países. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

La AP se define como un conjunto de procedimientos y procesos que buscan optimizar espacial y temporalmente el ciclo de vida de diferentes cultivos a través de tecnologías, elementos y estudios de manera amigable con el medio ambiente. (Orozco & Llano Ramírez, 2016). Existe un consenso general acerca de las tecnologías y elementos que se utilizan en la agricultura de precisión, los cuales se encuentran abarcados por la geomática o disciplina de reunir, analizar, interpretar, distribuir y utilizar información geográfica.

Dichas tecnologías y elementos se describen a continuación:

- Sistemas de posicionamiento: claves para el control de tráfico agrícola, puesto que proveen datos en tiempo real de su ubicación, facilitan así su gestión y control, y permiten la implementación de rutas óptimas. Dentro de estos sistemas se destacan GPS, GLONASS, Galileo y BeiDou. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)
- Tecnologías de tasa variable (VRT, Variable Rate Technologies): hacen referencia a elementos de aplicación de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, agua y suplementos necesarios para el cultivo de manera autónoma y dependiente del lugar. Puesto que, dependiendo del sector o área específica del terreno cultivado, la necesidad de requerimientos puede ser diferente, las VRT juegan un papel importante en la optimización de recursos. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)
- Sensores remotos: encargados de capturar datos del cultivo, suelo, humedad, precipitaciones, entre otros, con ayuda de tecnologías inalámbricas como Wi-Fi®, Bluetooth® y redes celulares. Dicha captura se realiza con el objetivo de adquirir

información acerca de la condición del suelo, crecimiento de las plantas, infestación de plagas, niveles de agua y fertilizantes. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

- Sistemas de recomendación aplicados a cosechas: realizan predicciones basados en datos de entrada, ayudándose de algoritmos de machine learning. Específicamente para el tópico agrícola, dichos sistemas presentan mapas de rendimiento y mapas de productividad de los cultivos basados en información de cosechas pasadas, lo que facilita y optimiza la gestión de los cultivos. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)
- Aeronaves pilotadas remotamente (RPA, Remotely Piloted Aircraft): también denominados drones, ofrecen soluciones novedosas y económicas en el ámbito de obtención de imágenes en zonas de difícil acceso, estimación de variables agroclimáticas y monitorización remota de cultivos. Aunque pueden llegar a requerirse permisos y licencias gubernamentales que varían de país a país para su utilización, su uso se ha incrementado en los últimos años por la reducción en su precio y la facilidad para adquirirlos. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)
- Sistemas de soporte a decisiones (DSS, Decision Support Systems): hacen referencia a un conjunto de sistemas de información que complementa los anteriores componentes al facilitar la toma de decisiones por parte del personal relacionado con AP. Los DSS reciben información de sistemas de posicionamiento, de sensores remotos, de elementos que utilizan VRT y de drones, para su posterior procesamiento y despliegue al personal relacionado con el cultivo. Cabe destacar que el sistema propuesto recae en esta clasificación. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

Los elementos descritos anteriormente conforman el dominio para la aplicación de AP en un cultivo. La transferencia, almacenamiento y procesamiento de datos facilitan la toma de decisiones de tipo económico, ambiental y logístico. La figura 2 muestra un esquema general del proceso de AP en donde pueden utilizarse, además de GPS, los demás elementos descritos previamente. De la figura se observa que el esquema es cíclico, por lo que los procesos y las decisiones tomadas en etapas previas se tienen en cuenta para etapas futuras (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

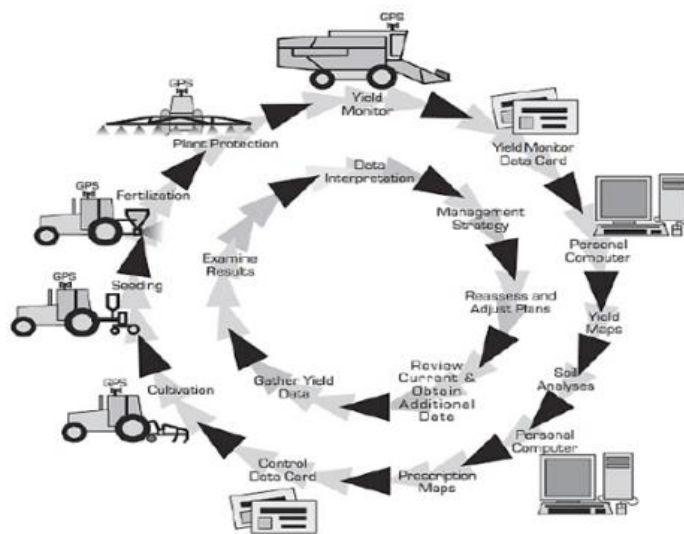


FIGURA 2.ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE AGRICULTURA DE PRECISIÓN APLICADO A UN CULTIVO

Fuente: (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

La inversión inicial para implementar tecnologías y procedimientos de AP es considerable y el retorno sobre la inversión (ROI, Return of Investment) requiere tiempo. Por tanto, para los agricultores con poca capacidad adquisitiva es complejo planear y ejecutar dichos proyectos. Para mitigar este desafío, es preciso que los gobiernos ejecuten políticas para ayudar a los agricultores a mejorar sus procesos productivos. Algunas políticas pueden ser: facilidad en la adjudicación de créditos para elementos de AP, junto con acompañamiento y asesoría en la utilización y mantenimiento, entre otros. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

La complejidad de las nuevas herramientas y tecnologías implica un mayor grado de aprendizaje de habilidades para el correcto manejo de estas, lo que puede variar de persona a persona, pudiendo llegar a afectar así el adecuado despliegue de AP. Para esto, se requiere de capacitación e información al personal que utilizará los elementos de AP para mitigar los posibles riesgos del cambio tecnológico. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

No existen estándares o reglas de decisión globales hacia la implementación, uso y adopción de tecnologías de AP para los productores, lo que dificulta los tiempos de implementación. Esto es particularmente complicado, puesto que los cultivos y sus requerimientos dependen considerablemente de la ubicación, el clima, el tipo de suelo, entre otras variables. Por esto, estandarizar procedimientos y técnicas se convierte en una tarea minuciosa y laboriosa; la

estrategia para la mitigación de este desafío recaería más en estudiar casos ya implementados de tecnologías de AP y analizar cómo adaptar dichas implementaciones a entornos locales presentan resultados de desempeño de un sistema de recomendación de cinco fases para el uso de fertilizantes en cultivos de caña de azúcar, de donde indican los valores de nutrientes requeridos en cada dosis de fertilización aplicada. (Orozco & Llano Ramírez, 2016)

Nutrientes

Existen 16 elementos nutritivos esenciales para la caña de azúcar, dentro de estos encontramos al Carbono, Hidrogeno y Oxigeno, los cuales no son minerales y la planta, la toma del bióxido de carbono y del agua. Los nutrientes restantes son el nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Los micronutrientes necesarios para el desarrollo normal de la planta son boro, cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc; estos se requieren en cantidades muy pequeñas. (GARCIA, 2013)

El incremento de la producción de la caña por hectárea requiere la conjugación de varios factores que actúan simultáneamente para lograr mayores tonelajes. Para aumentar y conservar los rendimientos del campo cañero es indispensable impulsar la fertilización procurando aplicar dosis adecuadas y efectuar las prácticas de cultivo, principalmente el combate de las malas hierbas en el momento oportuno. (GARCIA, 2013)

La mayoría de los suelos responden a la fertilización y producen incrementos del 30% o más en comparación con campos no abonados. Desde luego que dicho comportamiento depende del manejo del fertilizante y aplicación de las dosis adecuadas en la época conveniente para el mejor desarrollo de las plantas y una colocación que pueda ser fácilmente adsorbido por las raíces (GARCIA, 2013)

El suministro del nutrimento por el suelo comprende, por un lado, la capacidad del suelo para suministrar el nutrimento y, por otro, la eficiencia de la planta para absorber el nutrimento disponible. En estos términos, la capacidad del suelo para suministrar nutrimentos depende de los diversos factores que intervienen en la dinámica de los nutrimentos, sean éstos factores del suelo, del clima y del manejo, según el nutrimento de que se trate. Así, para el nitrógeno, el suministro depende de factores de suelo y clima que afectan la mineralización de la materia orgánica del suelo y de los residuos de cosecha del ciclo anterior; para el fósforo, el suministro depende de factores de suelo, como su capacidad

de fijación de fósforo, y de manejo, en relación con fertilizaciones previas y su acumulación en los reservorios lábiles y no lábiles. (Palma-López et al., 2002)

Por su parte, la eficiencia de absorción de la planta depende del tipo de sistema radicular de la planta, en cuanto a su densidad de raíces para el caso de los nutrimentos inmóviles, como el fósforo y el potasio, y la profundidad para el caso de nutrimentos móviles, como el nitrógeno (Rodríguez, 1993). (Palma-López et al., 2002)

De esta manera, la eficiencia de absorción depende del cultivo según su tipo de sistema radicular, así como de factores de suelo, clima y manejo. Un índice de suministro de nutrimentos por el suelo, para el fósforo y potasio, lo da el análisis de suelo. Sin embargo, para el nitrógeno, Rodríguez (1993) consideró que el suministro no es adecuadamente medido mediante índices químicos, que más bien es función de los residuos de cosecha y las raíces incorporadas, y del nitrógeno inmovilizado de la fertilización del ciclo anterior, cuando el sistema se encuentra en equilibrio. Otros investigadores han considerado el nitrógeno potencialmente mineralizable. (Stanford y Smith, 1972) (Palma-López et al., 2002)

El manejo balanceado de nutrientes es esencial para alcanzar altos rendimientos y mejorar la eficiencia en su uso, lo que beneficia por igual a los agricultores, la sociedad y el ambiente. Revisiones recientes de estudios conducidos en varias partes del mundo concluyen que entre el 30 y 50 % del rendimiento de los cultivos es atribuible a los nutrientes aplicados. (M. García, Quispe, & Ráez, 2003).

El aumento razonable de la productividad en las áreas agrícolas actuales contribuye a la conservación de los hábitats de la vida silvestre, al reducir la presión para derivar más tierras a la agricultura. Se estima que los aumentos de productividad obtenidos mediante tecnologías agrícolas y el uso de los fertilizantes nitrogenados han evitado la conversión a tierras de cultivo de aproximadamente 970 x 106 ha, en todo el mundo desde 1961. (M. García et al., 2003)

Esto representa una superficie mayor a la totalidad de las tierras de los EE.UU. (940 x 106 ha). De este análisis se deriva la importancia de los fertilizantes nitrogenados. Desafortunadamente, las grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados que se han aplicado en la agricultura moderna han originado residuos contaminantes, que en la

actualidad ocasionan serios problemas en muchos lugares del planeta, por lo que se impone realizar un uso racional y óptimo de esos insumos. (M. García et al., 2003)

Para la caña de azúcar, la dosis adecuada de este nutriente depende de un factor interno, determinado genéticamente por las exigencias de cada variedad, y numerosos factores externos, que influyen sobre la cantidad de este nutriente que queda a disposición de la planta y es aprovechado por ella. (M. García et al., 2003)

La mayoría de las investigaciones realizadas en diferentes países cañeros han confirmado que los retoños necesitan mayor cantidad de N que la caña planta y la ausencia de respuesta de esta; pero esos resultados, en general. (M. García et al., 2003)

Además de los beneficios en el campo, la fertilización con fósforo es también de gran importancia en la calidad de la caña de azúcar, esencial en las unidades industriales. Según Korndörfer(2004), la presencia de fósforo en el caldo juega un papel fundamental en el proceso de aclaración. (Santos, Tiritan, Foloni, & Fabris, 2010)

Por otra parte, el nitrógeno es esencial para la síntesis de aminoácidos, cloroplastos y clorofila. Su aplicación a suelo aumenta el número y el tamaño de las hojas, lo que resulta en un aumento en la actividad de la caña de azúcar fotosintética y rendimiento (Cha-Um y Kirdmanee 2008). En la caña de azúcar, la demanda de nitrógeno y la respuesta del cultivo varían de acuerdo con las etapas de desarrollo fisiológicas, que a su vez se ven afectados por las diferencias genéticas o ambientales (Kumara y Bandara 2001) (Izquierdo-Hernández et al., 2016)

Brasil es uno de los mayores consumidores de fertilizantes en el mundo, utilizando aproximadamente 13,4 millones de toneladas de fertilizantes NPK en 2013, sólo por detrás de China, India y los EE.UU.. De este total, sólo el 28% (3,75 millones de toneladas) se produjo en el país (IPNI 2014). El consenso en la comunidad científica es que el nitrógeno es el nutriente más limitante en todo el mundo (Malhi et al. 2001). (de Castro et al., 2017)

En Brasil, el N en tarifas de fertilización de caña de azúcar normalmente se aplican en función de las expectativas de rendimiento de la media, que a menudo no se logran, en gran parte debido a las pérdidas a través de la escorrentía, lixiviación, y de nitrificación todos los cuales son influidos por el suelo y características climáticas. tecnología de frecuencia variable que se puede utilizar para predecir con mayor precisión los requisitos de N de

acuerdo con la variabilidad del suelo no se ha adoptado comúnmente en Brasil (Amaral y Molin 2014). (de Castro et al., 2017)

Una de las alternativas para aumentar la eficiencia de la absorción de N por el cultivo es la adopción de mejores prácticas de gestión. De hecho, con el creciente interés de la comunidad científica en la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero, los investigadores han observado que el método de aplicación N puede efectuar tales emisiones (Liu et al. 2005). Según van Kessel et al. (2013) La aplicación de fertilizante N en el suelo más profundo que 0,05 m puede reducir N 2 las emisiones de O, en particular en climas húmedos (de Castro et al., 2017)

2. Analizar los aspectos que determinan la calidad de la caña de azúcar.

La utilización de maduradores químicos es una práctica actual de gran importancia en el cultivo de la caña de azúcar, ya que permite mejorar el nivel sacarino y la calidad global de la materia prima cosechada. Su principal ventaja radica en que permite anticipar la maduración y mejorar la calidad de todo el espectro varietal cultivado. Esta tecnología representa la única estrategia pre-cosecha disponible por medio de la cual se busca modificar las condiciones naturales de maduración de la caña de azúcar. Adelantando esta fase, se logra un incremento temprano del contenido de sacarosa sin afectar la producción de caña, incluso consiguiendo aumentos en los rendimientos culturales. Asimismo, esta práctica agronómica beneficia también a la actividad industrial, pues al anticipar la maduración de la caña, permite aprovechar la capacidad de molienda fabril al inicio de zafra. (A. R. García, Paz, & Luccioni, 2013)

Los maduradores son productos químicos, generalmente herbicidas del grupo de los reguladores del crecimiento que, inhibiendo la elongación de los tallos sin afectar severamente la fotosíntesis, favorecen la acumulación de azúcar. Su acción se da principalmente a nivel enzimático. (A. R. García et al., 2013)

Para que el uso de los maduradores sea efectivo, se deben contemplar las características ecológicas de cada región cañera, la época y las dosis utilizadas, como así también las variedades disponibles, su capacidad productiva y el manejo del cañaveral. También importan las condiciones meteorológicas al momento de la aplicación y entre aplicación y cosecha. Por todo lo mencionado es que, para un uso efectivo de esta tecnología, se requiere un ajuste particularizado a cada situación. (A. R. García et al., 2013)

Los autores (A. R. García et al., 2013) dejaron claro que una decisión importante que debe tomar el agricultor es la de elegir el grupo de madurez de la soja que va a plantar. La elección dependerá de la calidad del suelo del campo, la duración del verano, la fecha de la primera helada temprana del otoño y las precipitaciones.

Con relación a la caña de azúcar es muy viable conservar varias especies de semilla para obtener varias cosechas que nos puedan indicar cual especie es de mayor calidad, por lo tanto, en la caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbrido) como en la mayoría de las especies comerciales cultivadas, los híbridos modernos poseen una estrecha base genética. Uno de los objetivos de todo programa de mejoramiento genético es precisamente ampliar esa base genética. En tal sentido, la conservación del fondo genético (genofondo) es tarea de primer orden (Min Agricultura España, 2014). (Arellano-Litardo et al., 2015)

El comienzo de la temporada de cultivo de caña de azúcar coincide con un período de escasez de precipitaciones. Como resultado de ello, ya causa del hecho de que el 80% de las plantaciones no son de regadío, el cultivo se somete a un estrés significativo de agua en esta etapa. En estas condiciones, es de gran importancia para lograr una rápida recuperación del cultivo de la caña con el fin de asegurar altos rendimientos. Por lo tanto, el uso de bioactivadores metabólicos en cultivos de caña de azúcar constituye una herramienta de gran interés agrícola, ya que permiten el cultivo se recupere rápidamente, asegurando de este modo que las plantaciones tendrán mayores rendimientos. (Experimental & Obispo, 2013)

La mayoría de los cultivos tienen su tiempo de prosperidad, así como su momento de escasez y la caña de azúcar, no es la excepción, así como indica en el párrafo anterior, por tal motivo es muy importante la recuperación de los cultivos mencionados para establecer una cosecha productiva.

Características de los suelos durante la siembra de la caña de azúcar

Los subproductos frescos de la industria azucarera (cachaza, bagazo y vinaza) incorporados al suelo generan un impacto negativo sobre las plantas. Por tal motivo, el compost es una alternativa para el aprovechamiento de los subproductos, el cual debe ajustarse a las exigencias de la norma técnica colombiana 5167 para su uso como biofertilizante. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del compost elaborado con diferentes combinaciones de subproductos del proceso de molienda de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.). (Bohórquez, Puentes, & Menjivar, 2014)

El compost como acondicionador orgánico natural mejora a mediano y largo plazo las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incrementa la porosidad, disminuye la densidad aparente, consolida la estructura y consistencia, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, capacidad buffer, la concentración de algunos nutrientes esenciales y la actividad biológica del suelo (Labrador, 2001; Ward, 2002; Brady and Weil, 2004; Quiroz y Pérez, 2013). En 2004, la Fundación de Hogares Juveniles Campesinos (FHJC) recomendó el compostaje como el mejor método para aprovechar los residuos orgánicos y mejorar los suelos de las fincas pequeñas bajo el enfoque de agricultura orgánica. (Bohórquez et al., 2014)

Con relación a la utilización de compost a partir de residuos de agroindustria como acondicionador de suelos, Jaramillo (2012) evaluó agrónomicamente el efecto enmendante de dos tipos de compost a partir de alperujo sobre suelos calizos de fertilidad orgánica baja en España, obteniendo resultados sobresalientes. (Bohórquez et al., 2014)

La utilización del compost que se genera de diferentes residuos implica un conocimiento adecuado de sus propiedades; esto permite conocer en qué condiciones y tipos de suelos es posible su uso, ya sea como fertilizante, enmienda orgánica o acondicionador; por esta razón, la investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del compost realizado en la planta del ingenio Riopaila Castilla para determinar qué combinación de subproductos genera un compost de mejor calidad, de tal forma que pueda ser utilizado como acondicionador de suelos, cumpliendo con la Norma Técnica Colombiana (NTC 5167). (Bohórquez et al., 2014)

En su característica más descriptiva el suelo debe contener vitaminas, nutrientes y aminoácidos para un buen cultivo de caña de azúcar, lastimosamente la mayoría de los suelos quedan fértiles por el demasiado uso de las cosechas.

Los fertilizantes y nutrientes que debe contener para su desarrollo

La necesidad de implementar sistemas de producción más sostenibles llevó a la adopción de la caña de la cosecha en verde. Cuando la caña de azúcar se cosecha sin quemar, una cantidad residuo significativo permanece en el campo (7-30 t de materia seca / ha) (Thorburn et al, 2001;. Robertson y Thorburn, 2007;. Romero et al 2009 y Digonzelli et al. , 2011). Este residuo puede mantenerse sobre el suelo como abono orgánico, que puede ser incorporado en la mayoría de las capas superficiales del suelo. (Digonzelli, Ullivarri, Medina, Romero,

& Quinteros, 2015)

Como consecuencia de los altas actividades industriales y agrícolas, las lluvias ácidas cargadas de contaminantes, incluyendo nutrientes que son característicos de una región dominada por plantaciones de caña de azúcar en el centro norte de Venezuela, Doseles de bosques y cultivos agrícolas puede modificar la química de precipitación a través de la absorción, la lixiviación y outwash de iones depositados. Este artículo describe el cambio en la química de las lluvias ácidas después de pasar a través de un dosel de caña de azúcar. (Sequera, 2013)

Lluvias ácidas enriquecidos con amonio (NH_4), fósforo (P) y azufre (S) son característicos del norte de Venezuela (Morales et al., 1998), una región actualmente apoyo plantaciones de caña de azúcar, donde las actividades agrícolas e industriales significativos tienen lugar la generación de ingresos significativo anualmente. (Sequera, 2013)

Nitrógeno (N) entradas (NH_4^+ y nitrato NO_3^-) (. López-Hernández et al, 2012) en la precipitación se consideran de gran importancia en la economía N de los ecosistemas naturales, pero en ecosistemas agrícolas, estas entradas son de menor importancia cuando se compara con las necesidades de N para la producción de cultivos (Stevenson, 1982;. Thorburn et al, 2005). N y otros nutrientes presentes en la precipitación y deposición seca puede originarse a partir de una variedad de fuentes naturales y antropogénicas, incluyendo la contaminación del aire (Rodrigo et al., 2003). Las emisiones de contaminación antropogénica son beneficiosas, ya que algunos elementos depositados son nutrientes para los bosques y cultivos (López-Hernández et al., 2012), pero nocivos, así en determinados ambientes contaminados, por ejemplo, donde la deposición de metales traza es importante (Pritsch et al., 2006). (Sequera, 2013)

(Sequera, 2013) expresa que se describe los cambios en la química del agua de lluvia tropical ácido después de pasar a través de un dosel de caña de azúcar a lo largo del desarrollo de su tercer retoño. Se hace especial hincapié a la cuantificación de las entradas de macronutrientes (N, K, P) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, y Cu) en el agroecosistema. Por lo tanto, se estudió si la deposición elemento (particularmente para los macronutrientes N, P, K), constituyen una proporción correspondiente de los nutrientes acumulados en el dosel caña de azúcar.

Plagas que más atacan el cultivo de la caña

El cultivo de caña es muy vulnerable al daño por roedores, ya que este proporciona refugio y alimento por largos períodos a estos organismos, factores indispensables para su sobrevivencia. (Comentario personal de Orozco, 2003). (Quintero-Romanillo¹, Barreras-Fitch, Orozco-Gerardo, & Rangel-Cota, 2009a)

El daño que causa el roedor a los tallos de caña afecta el peso y contenido de azúcar, pues reduce los niveles de sacarosa e incrementa la susceptibilidad de la planta a enfermedades bacterianas y fungosas; además los tallos se acaman, con lo que se dificulta la cosecha. Actualmente la Cia. Azucarera de Los Mochis presenta grandes mermas en la producción de caña de azúcar debido a la incidencia de diversas plagas, entre ellas la rata de campo. Para contrarrestar y buscar soluciones a este problema generado por los roedores plaga se han usado diversos métodos de control, desde gatos, trampas de resorte, destrucción de matorrales, inundación de nidos, cebos envenenados, resultando este último el más utilizado. (Comentario personal de Orozco, 2003). (Quintero-Romanillo¹, Barreras-Fitch, Orozco-Gerardo, & Rangel-Cota, 2009b)

Actualmente en Guatemala, Chile, Costa Rica y Veracruz, México se emplean aves rapaces en el control de la rata de campo, con las cuales se han obtenido resultados exitosos, contribuyendo a reducir las poblaciones de roedores y los daños ocasionados al cultivo de la caña de azúcar (Muñoz et al., 2004). (Quintero-Romanillo¹ et al., 2009b)

En el presente trabajo se hace un estudio sobre taxonomía de aves rapaces, con la finalidad de conocer las especies susceptibles de ser utilizadas en control biológico de la rata de campo en la zona de abastecimiento de caña de azúcar de la Compañía Azucarera de Los Mochis S.A. de C.V. en Ahome, Sinaloa. (Quintero-Romanillo¹ et al., 2009b)

Con respecto a las ratas que afectan a la caña de azúcar también existen precedentes de un tipo de mosca que afectan con más impacto a los cultivos.

Se han realizado diferentes estudios relacionados con los factores que influyen en la incidencia de la mosca pinta en la caña de azúcar, pero usualmente se estudian los factores por separado. Diferentes autores mencionan que la precipitación y la temperatura son favorables para el desarrollo de la mosca pinta (Salazar & Badilla, 1997; Garca-Garca et al., 2006). Respecto a la dinámica poblacional de adultos y ninfas, Evans (1972) y Badii & Castillo (2009) determinaron que las ninfas de la mosca pinta tienen una distribución

binomial negativa; es decir, los insectos tienen una disposición espacial en agregados. Esta disposición espacial se debe principalmente a factores bióticos y abióticos, como la precipitación y la temperatura (Castro et al., 2005). (Quintero-Romanillo¹ et al., 2009b)

También se ha estudiado la disposición espacial en relación a la dinámica poblacional (Pires et al., 2000; Castro et al., 2005). Se ha propuesto el control de maleza como los zacates *Pangola Digitaria decumbens* Steud (1930), *Johnson Sorghum halepense* (L.) Pers. 1805, y *Privilegio Panicum maximum* Jacq. 1781, para eliminar otras hospederas naturales de la mosca pinta y así reducir el nivel de infestación (Enrquez et al., 1999). Otros trabajos se han orientado a evaluar la rastra fitosanitaria, el aporque y la requema (Badilla, 2002), así como el control químico de las malezas con la aplicación de ingredientes activos como ametrina, atrazina, glifosato, paraquat, y 2,4-D (Perdomo, 2004). (Quintero-Romanillo¹ et al., 2009b)

Además, se han realizado estudios relacionados con el muestreo de los huevos, ya que su control se considera como una práctica preventiva para reducir la incidencia de adultos en años posteriores, además de obtener información de las poblaciones de la plaga para mejorar la toma de decisiones en los métodos de control a utilizar. (Canela-Cantellano, 2015). (Quintero-Romanillo¹ et al., 2009b)

Estas plagas en general son las que más afectan al cultivo, y debido a ello las industrias azucareras están implementando métodos para poder erradicar estos males que asechan a los cultivos de caña de azúcar.

Mediante la revisión bibliográfica se citó varios artículos científicos que contribuyeron al cuidado de sembrío de caña de azúcar, desde que es semilla hasta el proceso de corte en verde o manual.

Se caracteriza a este, un producto de mayor demanda para el consumo humano, en si este producto es reconocido a nivel mundial por sus beneficios tales como el calcio, hierro, potasio, etc., las cuales proporcionan energía y fortalecen al organismo.

Siendo de mayor prioridad el cuidado del suelo y la aplicación de la agricultura de precisión, es necesaria la fertilización adecuada para el cultivo, aunque el exceso de la misma, afecta directamente al suelo provocando esterilización por un tiempo definido.

La aplicación apropiada de la agricultura de precisión resulta favorable para aumentar la productividad de los cultivos, en base a esto, es sustancial la aplicación de tecnología (tics)

que permitan el buen manejo de flujos sustanciales económicos, y es apreciable el incremento de los cultivos y el uso eficiente de los recursos, generando beneficios para las industrias.

Los mayores beneficios son para los cañicultores, debido a la implementación de nuevas tecnologías en sus procesos de fertilización, son radicalmente efectivos para generar calidad de caña de azúcar. En la actualidad es significativo el aporte a la elaboración de los productos con mayor calidad.

De esta manera se establece la obtención y realización de un producto de calidad, es necesario el uso adecuado de tecnologías que permitan realizar el trabajo con mayor comodidad ofreciendo a los consumidores productos certificados y reconocidos por sus trabajos. Una excelente disposición de cosecha depende del tipo de suelo que se vaya a escoger para el cultivo.

CONCLUSIONES

- Es un hecho muy importante las condiciones climáticas del lugar donde se va a llevar a cabo esta actividad, la cual genera mayor productividad y utilizando de una manera óptima los recursos para ello resulta ser más favorable el sembrío de la caña de azúcar siendo un factor importante, el clima cálido y zonas tropicales para su cultivo, esto es debido que la caña de azúcar durante los primeros ciclos de vida debe de estar a altas temperaturas para generar sacarosa y la formación de los macollajes de la planta.
- Se concretó que, para el proceso de la obtención de la caña de calidad, deben regirse normas en el cuidado del cultivo y llevar un control de la misma, basándose en el uso apropiado de fertilizantes y supervisando todo el proceso desde que es semilla hasta su desarrollo.
- La implementación de la agricultura de precisión es un hecho de gran valor generando impactos en el uso de la mano de obras por lo cual reduciría e impulsando que los cultivos sean más rentables y generando mayores productividades para el beneficio de las empresas.
- Se dedujo que para obtener una calidad de caña de azúcar influyen varios elementos que se encuentra relacionado desde que es semilla y sus procesos en la siembra, el uso de fertilizantes, factores ambientales y cosecha. La composición de estos elementos define la calidad de la materia prima, para la elaboración de producto final que es azúcar.
- Para un desarrollo adecuado de la planta; es necesario saber el tipo de suelo, temperaturas, precipitaciones, plagas y enfermedades que puedan dañar a los cultivos.
- Concluyendo para el adecuado acondicionamiento del hábitat de la planta, es necesario, el uso debido de fertilización, riego y manejos de plagas aportando un punto muy relevante para la obtención de calidad del producto.
- En la parte agrícola aporta mucho la fertilización, el riego y el manejo de plagas, además el tipo de cosecha que se aplique y el tiempo definido entre la quema, el corte y la molienda.
- Gracias a la agricultura de precisión que se presenta como una técnica novedosa que aumenta la productividad en las empresas agrícolas, por ende, se busca la

optimización del proceso productivo mediante los diferentes usos de SIG, drones, sensores, etc., presentada como una creciente propuesta prometedora de las necesidades de la industria agrícola, aunque para su implementación se presentan desafíos.

- Los cultivos están relacionados con la nutrición nitrogenada, que ayudan al suelo de una forma de abono orgánico y en la cual inicia los ciclos de caña a partir de la preparación del terreno, además atenúan efectos de compactación, restos de sembríos anteriores, aumentando el ciclo orgánico, las condiciones físicas e hidrofísicas del suelo, para el desarrollo adecuado de raíces.
- Las plagas que afectan al cultivo de caña de azúcar siendo una de ellas los roedores que directamente afectan al tallo de la caña de azúcar y disminuye el nivel de sacarosa haciendo que la calidad disminuya, en base a ello las industrias azucareras facilitan la implementación de aves directamente a los cultivos de cañas, para erradicar la plaga de roedores.
- Aunque como plaga la mosca pinta es una de las mayores amenazas que afectan a los cultivos como infestación, tales como los huevos que dejan en las hojas del cultivo, y tal motivo hace que se vaya deteriorando rápidamente antes de su corte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, E. D. (2007). Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=201024652016>.

<https://doi.org/10.5944/educxx1.17.1.10708>

Arellano-Litardo, A. C., Korneva, S. B., Fischer, F. C., Tola, N. A., Ramos-Leal, M., & Pincay-Flores, A. (2015). Obtención de semilla biotecnológica de caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbrido) de alta calidad genética y fitosanitaria en el Ecuador Obtainment of sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) biotechnological seed of high genetic and phytosanitary quality in Ecuador. *Rev. Colomb. Biotecnol*, XVII(1), 101–110. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50710>

Aucatoma, B., Castillo, R., Mendoza, J., Silva, E., Garcés, F., & Vásquez, E. (2015). Carta informativa 17. *Cincae*, 1, 16.

Bohórquez, A., Puentes, Y. J., & Menjivar, J. C. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar Quality evaluation of compost produced from agro-industrial byproducts of sugar cane, 15, 73–81.

Cairo-Cairo, P., Diaz-Martin, B., & Rodriguez-Urrutia, A. (2017). Soil quality indicators in Vertisols under sugarcane. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(11), 1477–1488. <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1289372>

de Castro, S. G. Q., Decaro, S. T., Franco, H. C. J., Graziano Magalhães, P. S., Garside, A., & Mutton, M. A. (2017). Best Practices of Nitrogen Fertilization Management for Sugarcane Under Green Cane Trash Blanket in Brazil. *Sugar Tech*, 19(1), 51–56. <https://doi.org/10.1007/s12355-016-0443-0>

Digonzelli, P. A., Ullivarri, J. F. De, Medina, M., Romero, E. R., & Quinteros, H. R. (2015). Dynamics of sugar cane harvest residue decomposition, 92(1), 39–49.

Experimental, E., & Obispo, A. (2013). Assessment of Bio-Activators in Sugarcane in Tucumán, Argentina, 28(2), 2012–2014.

García, A. R., Paz, C. M., & Luccioni, E. M. (2013). Evaluación de dos líneas de investigación de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC): Maduración química de la caña de azúcar y Variedad de soja Munasqa RR. *Rev. Ind. Y Agríc. de Tucumán Tomo*, 90(1), 9–23.

- García, M., Quispe, C., & Ráez, L. (2003). MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS. *Industrial Data*, 6(6), 89–94.
- GARCIA, P. C. (2013). *Pedro cruz garcia*. Universidad Autónoma Agraria “ANTONIO NARRO.” Retrieved from http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4492/62617/CRUZ_GARCIA%2C_PEDRO_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Izquierdo-Hernández, J., Salgado-García, S., Luz, L. del, Palma-López, D. J., Ortiz-Laurel, H., Cordova-Sánchez, S., & Castelán-Estrada, M. (2016). Nutritional and Physiological Response of Sugarcane Varieties to Nitrogen Fertilization in a Haplic Cambisol. *Sugar Tech*, 18(5), 493–499. <https://doi.org/10.1007/s12355-015-0416-8>
- J. M. Mesa López, H. García Pérez, R. González Acosta, I. J. G. e I. S., & Instituto. (1976). ESTRATEGIAS Y NUEVOS RETOS DEL PROGRAMA CUBANO DE MEJORAMINETO. *Instituto de Investigaciones de La Caña de Azúcar. AZCUBA*, (Tabla 1), 1–65. Retrieved from [http://www.inica.azcuba.cu/sites/default/files/Edicion No 1 2013.pdf](http://www.inica.azcuba.cu/sites/default/files/Edicion%20No%201%202013.pdf)
- LARGO, M. F. E. (2015). Universidad técnica de machala, (69), 141. Retrieved from http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/1983/1/CD769_TESIS.pdf
- Ministerio de agricultura. (1991). Cultivo de la caña. *Aspectos Técnicos Sobre Cuarentena Y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica.*, 178. Retrieved from <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/tec-cana.pdf>
- 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>
- Palma-López, D. J., García, S. S., Olán, J. J. O., Narcía, A. T., Espinoza, L. D. C. L., Cruz, J. Z., ... Martel, M. a C. (2002). Sistema Integrado Para Recomendar Dosis De Fertilizacion En Caña De Azucar (Sirdf). *Terra*, 20, 347–358.
- Pérez Vélez, J. P. (2014). Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola. *Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias Medellín, Colombia 2014*, 1, 112.
- Quintero-Romanillo¹, A. L., Barreras-Fitch, R. C., Orozco-Gerardo, J. A., & Rangel-Cota, G. (2009a). Determination of birds of prey species in the supplying area of

- Sugarcane (*Sacharum officinarum*) of the sugar company of LOS MOCHIS S. A. OF C. V., which can be used in integrated pest management as biological control. *Ra Ximhai*, 5(2), 239–245. Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/461/46111507009.pdf>
- Quintero-Romanillo¹, A. L., Barreras-Fitch, R. C., Orozco-Gerardo, J. A., & Rangel-Cota, G. (2009b). Determination of birds of prey species in the supplying area of Sugarcane (*Sacharum officinarum*) of the sugar company of LOS MOCHIS S. A. OF C. V., which can be used in integrated pest management as biological control. *Ra Ximhai*, 5(2), 239–245.
- Rondon, A. M. C. C. P. (2012). Determinación de la forma y dimensiones del bulbo húmedo en el riego subsuperficial para el cultivo de la caña de azúcar Form and dimensions determination of the humid bulb in the sub-superficial irrigation for the sugar cane cultivation.
- Santos, D. H., Tiritan, C. S., Foloni, J. S. S., & Fabris, L. B. (2010). Caña de azúcar en ABONO PRODUCTIVIDAD CON PIE FILTRO enriquecido con fosfato soluble. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 40(4), 454–461. <https://doi.org/10.5216/pat.v40i4.7272>
- Sequera, D. (2013). Sugar cane nutrient requirements and the role of atmospheric deposition supplying supplementary fertilization in a Venezuelan sugar cane plantation, 26(3), 337–348.
- Teresa, M., La, P. D. E., Azúcar, C. D. E., Régimen, P. O. R., Uso, H. Y., En, F., & Someros, S. (2017). Y USO DE FERTILIZANTES EN SUELOS SOMEROS.
- Wong Sak Hoi, L., & Martincigh, B. S. (2013). Sugar cane plant fibres: Separation and characterisation. *Industrial Crops and Products*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.02.017>