

EVACUACION DEL EXCESO DE AGUA DEL SUELO EN LOTES SEMBRADOS CON  
CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum Officinarum*) EN ZONAS DE ALTA PLUVIOSIDAD DEL  
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

PRESENTADO POR:

FABIO ERNESTO RENGIFO VELASCO

NESTOR FERNANDO RENGIFO VELASCO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

CEAD PALMIRA

PALMIRA VALLE

OCTUBRE DEL 2019

EVACUACION DEL EXCESO DE AGUA DEL SUELO EN LOTES SEMBRADOS CON  
CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum Officinarum*) EN ZONAS DE ALTA PLUVIOSIDAD DEL  
DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

PRESENTADO POR:

FABIO ERNESTO RENGIFO VELASCO

NESTOR FERNANDO RENGIFO VELASCO

COMO OPCION PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE AGRONOMIA

PRESENTADO A:

MARIA DEL CARMEN GARCES

INGENIERA AGRONOMA

DIRECTORA PROYECTO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA CEAD PALMIRA

PALMIRA VALLE

OCTUBRE DEL 2019

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorar cada día más. Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi trabajo de grado plasmada en el presente informe a mi familia y amigos por su amor, permanente cariño y comprensión

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a mi universidad, por haberme permitido formarme en ella, gracias a todas las personas que fueron partícipes de este proceso vital que fortalece mi futuro, gracias a todos ustedes los responsables de realizar su pequeño aporte en un momento tan importante en mi vida, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de mi paso por la universidad. Gracias a mis padres, esposa e hijos que fueron mis mayores promotores durante este proceso, gracias a Dios, que fue mi principal apoyo y motivador para cada día continuar sin una rendición alguna.

## Tabla de contenido

<b>RESUMEN .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>4. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>5. METODOLOGÍA .....</b>	<b>14</b>
5.1 GEOPOSICIÓN.....	14
5.2 CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	14
5.3 ESTIMACION DE LÁMINAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE POR EXCESO DE PLUVIOSIDAD .....	15
5.4 COMPORTAMIENTO DE LA PLUVIOSIDAD DE LA ZONA.....	15
5.5 DISEÑO DEL IMPLEMENTO .....	15
5.6 CONSTRUCCIÓN DEL IMPLEMENTO .....	17
5.7 VALIDACIÓN DEL IMPLEMENTO CONSTRUIDO.....	18
5.8 PROCESO DE EVACUACIÓN DE AGUA.....	18
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>20</b>
6.1 COMPORTAMIENTO DE LA PLUVIOSIDAD DE LA ZONA.....	20
.....	20
6.1.1 Pluviosidad Haciendas.....	21
6.2 TRABAJO DE MANTENIMIENTO DEL IMPLEMENTO .....	22
6.2.1 Actividad mecánica por hacienda. ....	25
<b>7. DISCUSION .....</b>	<b>26</b>
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>

**Tabla de figuras y tablas**

FIGURA 1..... 11

FIGURA 2..... 16

FIGURA 3..... 17

FIGURA 4 .....19

FIGURA 5 ..... 20

FIGURA 6 ..... 21

FIGURA 7 ..... 21

FIGURA 8 ..... 23

TABLA 1..... 22

TABLA 2..... 25

## RESUMEN

Este estudio tiene como finalidad presentar la construcción, ajustes, y validación de un implemento agrícola nombrado “despuntador”, el cual constituye un sistema de arrastre que remueve la tierra para dar paso al agua en zonas de alta pluviosidad en cultivos de caña del ingenio Mayagüez S.A.

El implemento se construyó dada la necesidad de evacuar los altos niveles de humedad presentes, principalmente en épocas de lluvia en las haciendas Zanjón Oscuro, Corcobado, Laguna de Clara Eugenia, Embrujo, Iscuande, Jubileo, y Española. Pertenecientes al ingenio Mayagüez S.A. Los datos fueron obtenidos a través de un sistema de pluviómetros a lo largo de cada una de las haciendas.

Los resultados obtenidos presentan una gran diferencia entre la labor manual realizada para guiar el exceso de agua, y la labor realizada con el implemento, presentando mejoras tanto en tiempo de la labor, como en el costo de la misma.

Palabras claves: Caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*), Implemento agrícola, Pluviosidad, Producción, Anegamiento.

## ABSTRACT

This study aims to present the construction, adjustments, and validation of an agricultural implement called "a highlight", which constitutes a trawling system that removes the land to make way for water in areas of high rainfall in cane crops of the ingenio Mayaguez S.A.

The implement was built due to the need to evacuate the high humidity levels present, mainly in rainy seasons on the haciendas Zanjón Oscuro, Corcobado, Laguna de Clara Eugenia, Embrujo, Iscuande, Jubileo, and Spanish. Belonging to the ingenio Mayaguez S.A. The data were obtained through a system of rain gauges along each of the haciendas.

The results obtained differ greatly between the manual work done to guide excess water, and the work done with the implement, presenting improvements both in the time of the work and in the cost of the work.

Keywords: Sugar cane (*Saccharum Officinarum*), Agricultural implement, Pluviosity, Production, Flooding.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), requiere entre 700 y 1200mm de agua en su ciclo vegetativo de producción. En los predios del ingenio Mayagüez, hacienda zanjón oscuro ubicado en Puerto Tejada, Corregimiento Bocas del Palo, se presenta alta pluviosidad entre los rangos de 1.200 a 2.200mm, anuales generando así un estrés hídrico por anegamiento, limitando la absorción radicular que requiere el cultivo, que afecta el desarrollo de la planta.

Respecto a las propiedades físicas del suelo, cabe mencionar que aquellos suelos con mayor contenido de arcilla en sus horizontes son más propensos a la alta retención hídrica y la conductividad hidráulica, se tiene pues en la zona entre un 29% y un 35,8% del contenido de arcilla (Madero, Peña, Escobar, & García, 2011). Comúnmente el suelo se considera anegado cuando el exceso de agua satura los poros de aire presentes en el perfil (que incluye en algunos casos una muy delgada capa de agua sobre la superficie del suelo) (Vásquez, 2017).

Es entonces cuando se busca encontrar la forma más eficiente de realizar un sistema de mantenimiento que mantenga la humedad y expulse los niveles de agua que dificultan el crecimiento y la absorción de minerales del cultivo.

Esta investigación se planteó una forma de evacuar el exceso de agua del suelo en lotes sembrados con caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*), en zonas de alta pluviosidad del Cauca, para realizarlo se diseñó, construyó y validó un implemento agrícola denominado “**despuntador**”, el cual optimizó la evacuación de láminas de agua de los lotes inundados por exceso de lluvia.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Evacuación del exceso de agua del suelo en lotes sembrados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en zonas de alta pluviosidad de departamentos del Valle del Cauca.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diseñar un implemento que optimice los procesos de evacuación de exceso del agua en lotes sembrados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en zonas de alta pluviosidad de departamentos del Valle del Cauca.

Construir implemento diseñado que optimice los procesos de evacuación de exceso del agua en lotes sembrados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en zonas de alta pluviosidad de departamentos del Valle del Cauca.

Validar implemento construido que optimice los procesos de evacuación de exceso del agua en lotes sembrados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en zonas de alta pluviosidad de departamentos del Valle del Cauca.

### 3. JUSTIFICACIÓN

El sector azucarero por medio de los cultivos de caña (*Saccharum Officinarum*), ha beneficiado a una gran parte de la población del departamento del Cauca, , en el 2017 el 0,6% del PIB Nacional, y un 4,3% del PIB regional (compitiendo con lo que genera el puerto más importante del suroccidente colombiano) lo que ha impactado de manera positiva la economía de las regiones donde se desarrolla la actividad, pues el PIB per cápita es considerablemente más alto en municipios cañicultores y ha generado conocimiento por medio de capacitaciones a las personas que se benefician de la actividad, con lo que se busca obtener avances en el esquema laboral y productiva (Asocaña, 2019). También, con la implementación del cultivo de caña se han mejorado las vías de acceso en el departamento que comunican las regiones haciendo asequibles las distancias de transportes para una mayor movilidad a la región (Cenicaña, 2017).

Cabe resaltar entonces la que actualmente se le está dando una importancia a la producción de caña principalmente en el sector de los combustibles, pues luego de la aprobación del aumento de etanol en el combustible fósil la demanda de este compuesto está en aumento, y teniendo en cuenta que actualmente Colombia está aumentando constantemente las ventas de bioetanol alcanzando en el año 2017 la cantidad 513.336 toneladas vendidas, es necesario un aumento en la eficiencia de la producción de los ingenios azucareros, ya que es de este producto que se extrae mayoritariamente el bioetanol puesto al comercio nacional (Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia, 2018).

Ahora, teniendo en cuenta la importancia nacional y regional de la caña de azúcar se resaltan algunos riesgos que corren determinados sectores por los cambios climáticos y la ubicación del terreno de cultivo, pues se debe tener en cuenta las posibles inundaciones del sector, pues puede resultar inconveniente el nivel de humedad que registre el suelo, pues la producción de caña puede

disminuir hasta un 40% por un exceso de humedad en el suelo (Cenicaña, 2015). Además, es posible que suceda un alto a la producción de caña de azúcar por dicho nivel de pluviosidad en la tierra, como ya pasó en el año 2017 donde se tuvo que suspender las operaciones de fábrica de materia prima para el bioetanol (Caracol Radio, 2017).

Por otra parte, se resalta la relación entre la cantidad de humedad y factores físicos internos en la planta asociados a factores ambientales, pues según Unigarro (2014), los factores ambientales, principalmente los que refieren a la humedad y a la captación del agua a la planta son fundamentales en la producción de sacarosa en la caña de azúcar, y puede influir de forma negativa tanto un nivel de abastecimiento hídrico bajo como uno que supere la demanda de la planta.

Se propone entonces que con la implementación de un equipo agrícola que ayude a optimizar las labores manuales que se realizan para evacuar los excesos de humedad de los suelos en lotes sembradas con cultivo de caña por la alta pluviosidad, esto ayudará principalmente a disminuir el tiempo invertido para esta labor y costos de producción, además de evitar así que el exceso de humedad ocasione daño a la planta por pudrición y dificultad en el acceso de la maquinaria al cultivo.

## 4. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE LA CAÑA (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L), es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. Fue introducido en Egipto alrededor del 647 D.C. y alrededor de un siglo más tarde, a España (755 D.C.). Desde entonces, el cultivo de la caña de azúcar se extendió a casi todas las regiones tropicales y sub-tropicales. En los viajes de Cristóbal Colón a América la trasladaron a las islas del Caribe y de ahí pasó a la parte continental americana, particularmente a la zona tropical.

A México llegó en la época de la conquista (1522 aprox.), fue así como la primera plantación se llevó a cabo en el estado de Veracruz, instalándose posteriormente los primeros ingenios azucareros en las partes cálidas del país como parte de la colonización. Distribución global de la Caña de Azúcar Los países productores de caña de azúcar del mundo están ubicados entre los 36.7° de latitud norte y 31.0° al sur del ecuador extendiéndose desde tropicales a subtropical zona (Lopez, 2015).

La caña de azúcar, es la materia prima de la agroindustria azucarera y esta es una actividad de alto impacto social por su producción, por el empleo que crea en el campo colombiano y porque el azúcar está enraizado profundamente en la economía y la cultura del país. El azúcar es uno de los productos básicos de consumo, su producción se realiza en los ingenios a partir de los jugos de caña de azúcar, dando origen a una agroindustria que genera gran cantidad de empleos, participando directamente la economía nacional (Asocaña, 2019).

## 4.2 EL CULTIVO DE LA CAÑA

El cultivo de caña de azúcar en su ciclo de plantilla tiene un desarrollo vegetativo de duración variable, dado a que depende de la variedad y de la influencia del clima. De la siembra a la cosecha el cultivo puede durar desde 11 a 18 meses. En este periodo la caña de azúcar pasa por cuatro etapas: germinación y/o emergencia, amacolla miento o ahilamiento, rápido crecimiento y maduración. En tanto, el desarrollo de las socas (segundo corte de la caña) tiene una duración de 11 a 13 meses y se distinguen tres etapas: brotación y amacolla miento, rápido crecimiento y maduración (Buenaño, 2009).

La caña se propaga mediante la plantación de trozos de caña, de cada nudo sale una planta nueva idéntica a la original; una vez plantada la planta crece y acumula azúcar en su tallo, el cual se corta cuando está maduro. La planta retoña varias veces y puede seguir siendo cosechada. Estos cortes sucesivos se llaman “zafras”. La planta se deteriora con el tiempo y por el uso de la maquinaria que pisa el suelo formando compactación y afectando la parte radicular de la planta, así que se debe replantar o renovar cuando el estimativo de costos de producción estén por debajo de lo presupuestado, aunque existen cañaverales de 25 o más años de edad (Buenaño, 2009).

La caña se puede cosechar a mano o a máquina. La cosecha manual se hace a base de personas con machete o rulas que cortan los tallos y los organizan en chorras para su transporte, o como menciona la fundación CODESARROLLO (2006) “la caña es cortada a ras del suelo, se parte en dos y tres trozos, esto con el fin de facilitar el transporte en mulas”. La cosecha mecánica se hace con cosechadoras que cortan la mata y separan los tallos de las hojas con ventiladores.

Una máquina puede cosechar 30 toneladas por hora y para realizar la cosecha requiere de realizar una preparación previa, para posteriormente realizar la siembra, el cuidado y la recolección

de la caña, para esto hay diferentes máquinas que se pueden adecuar en la parte posterior, según la actividad que se requiera desarrolla. Existen maquinas tanto para pequeños, como para grandes cultivos, dependiendo de las necesidades del productor (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), 2015)

Los recursos vegetales necesitan en su fase fenológica, el recurso hídrico y el proceso fotosintético, para crecer y desarrollarse para cumplir su ciclo de vida, el 3% de agua que absorben las plantas son utilizadas para la fotosíntesis y otros procesos metabólicos, y el 97% del agua restante tiene como función el transporte de alimentos o nutrientes por el sistema radicular, que haciende hasta la superficie de las hojas donde se evapora en forma de transpiración (Arboleda, 2009).

El cultivo caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) requiere entre 700 y 1200mm de agua en su ciclo vegetativo de producción. Respecto a las propiedades físicas del suelo, cabe mencionar que aquellos suelos con mayor contenido de arcilla en sus horizontes son más propensos a la alta retención hídrica y la conductividad hidráulica, el factor humano interviene con prácticas agrícolas que definen el cuidado y los criterios que se deben considerar para la conservación y el uso adecuado del suelo y el cultivo (Aguilar, 2015). Comúnmente el suelo se considera anegado cuando el exceso de agua satura los poros de aire presentes en el perfil (que incluye en algunos casos una muy delgada capa de agua sobre la superficie del suelo) (Vásquez, 2017).

Las labores culturales son aquellas actividades de mantenimiento y cuidado que se lleva en el desarrollo vegetativo durante la producción de cualquier planta, como la producción a campo abierto en el cual se brindan las condiciones y los requerimientos que la planta necesita para crecer adecuadamente, teniendo en cuenta factores climáticos y ambientales. Estos factores pueden ser diversos y deben agruparse en el tiempo determinado en la fase de levante y la finalidad de la

producción hasta llegar a cosecha o recolección (Aguilar, 2015), dentro de los cuales, realizando una adecuada labor de investigación que permita hacer análisis comparativos en cuanto a la parte de inversión y la rentabilidad que supere cumplan los beneficios de las dos actividades, puede haber una mejora de costos por tecnologías que permitan ser sostenibles y competitivos en el tiempo.

Estas actividades ofrecen una mayor eficiencia en la aplicación de los fertilizantes como líquidos y granulados todo depende de la humedad que exista en el suelo. Siguiendo el protocolo establecido por el manual de manejo de suelos producto del instituto nacional tecnológico (INATEC, 2010), no solo se puede obtener el conocimiento necesario para realizar una labor de cultivo, sino que se puede mitigar el impacto creado por las prácticas agrícolas en el terreno preservando el medio ambiente y sus recursos.

Las labores culturales son actividades, de laboreo que normalmente se hace en este tipo de cultivos, bien sea manual o mecánicas, dentro de las prioridades de mantenimiento o levante del cultivo hay labores que se desencadenan de acuerdo a la necesidad. Entre las necesidades se encuentran: la adecuación del terreno, el diseño, la nivelación de lotes, construcciones de vías o callejones, construcciones de obras de riegos y captaciones, la preparación de suelos (decepada, cincelada, rastro-arado, subsolador, rastrillada, surcada), la siembra de la caña, el aprovisionamiento de la semilla (corte, semilla típica, amarre, arrume de paquetes, cargue de paquetes), riegos, control de maleza, fertilización, aporque, y el control de plaga y de enfermedades. También se requiere para el acondicionamiento de un terreno el levantamiento de una “soca”, el cual necesita de un repique de la cepa, encalle, re encalle (manejo de residuos), labores de rotulación o des compactación, resiembras, macolla miento, controles químicos, fertilizaciones, y labores de mantenimientos (bordas, canales, recibidoras, guadañas,) (Calvache,

2019). En estas últimas labores de mantenimiento se requieren de diferentes implementos, tanto si el trabajo es de manera manual, como si es de manera mecánica. A continuación, se presentan las diferencias entre las necesidades encontradas entre el mantenimiento y acondicionamiento de un terreno teniendo en cuenta un anegamiento proveniente de las lluvias y los altos niveles de pluviosidad.

En la labor manual (Figura 2), una pala calibre No. 8, una lima No. 4, personal equipado de elementos de protección personal como lo son, el sombrero, dulce abrigo, botas de caucho, camisa manga larga y Jean. Al realizar esta labor se hace un corte longitudinal, sacando bocados para darle guía a la lámina de agua que se encuentra en la superficie, dicho movimiento de tierra queda al extremo paralelo del desagüe para que sea fluido y salga por la pendiente de inclinación que se realizó.



Figura 1. Labor manual de apertura de una guía de evacuación para dar salida al exceso de agua que afecta al cultivo en el lote 140 de la Hacienda Zanjón Oscuro.

En algunos surcos las láminas son más altas, con una capacidad de anegamiento por diferentes labores realizadas que impiden una uniformidad en el suelo, como son: los subsuelos, cultivos, abonos incorporados y otras labores culturales. Esta labor en cañas con edades de 0 a 4 meses es más factible evacuar el exceso por el desarrollo de sepas que cubren un área determinada dentro de la longitud del surco, por ende, el exceso de agua sale con facilidad.

Una labor cultural en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*), en la evacuación de anegamientos por alta pluviosidad, en relación se menciona la actividad cultural (pie de surco) que consiste en la abertura del suelo hasta llegar donde se encuentra la lámina del agua para que ser evacuada, en un canal primario o secundario.

En la práctica de la agricultura y la revolución que fue la introducción de las maquinas al agro dan un mayor rendimiento esquema productivo que permite hacer análisis evaluativos que ayuden a las diferentes actividades agrícolas. Donde es muy notorio que ha reducido substancialmente el tiempo en las labores y con ello ha incrementado notoriamente su productividad.

Actualmente se realiza, además del uso de la mano de obra para la extracción de exceso de humedad, un drenaje con varios tipos de sistemas de drenaje. Entre los sistemas de drenaje se encuentra el drenaje a dos profundidades, en la cual se instalan tuberías entre 1.6 y 1.9 metros de profundidad, y otro a 60cms, usado principalmente para suelos con alta permeabilidad; Se encuentra también el drenaje superficial usado principalmente mediante la remoción de tierra para dar paso al agua, o la construcción de diques que eviten el aumento por zonas aledañas; Por último está el drenaje topo que se hace a partir de una excavación del suelo bajo unas condiciones muy específicas (Cenicaña, 2015).

Actualmente se ha diseñado un sistema de drenado superficial que se enfoca principalmente en el diseño y construcción de un sistema de zanjas, surcos y canales, los cuales guían el exceso de agua hasta un lugar de fácil evacuación de residuos (Garcia, Heuguet, Lopez, Morales, & Vásquez, 2017). Para implementar este tipo de sistemas se debe tener en cuenta el tipo de suelo, y el nivel de elevación que tiene. Además, para realizar este modelo se debe tener en cuenta la preparación desde un tiempo antes de la cosecha y no responde a una propuesta eventual que dependa de la posibilidad de cambios en el nivel de humedad, sino exclusivamente a la preparación del terreno estudiado.

## **5. METODOLOGÍA**

### **5.1 GEOPOSICIÓN**

El trabajo del implemento agrícola se desarrolló en un predio correspondiente al Ingenio Mayagüez, en la Hacienda Zanjón Oscuro ubicada en el Municipio de Puerto Tejada corregimiento Bocas del Palo, en la parte Sureste del Municipio de Cali, el cual limita con el corregimiento el Hormiguero al Sur, al Oriente con el Municipio de Puerto Tejada, al Norte limita con Candelaria Valle y al Occidente con el corregimiento el Carmelo.

### **5.2 CONDICIONES AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Según reporta el ingenio Mayagüez en su página, la ubicación geográfica del terreno de cultivo provee de unas condiciones climáticas y ambientales las cuales son: “una altura de 990 m.s.n.m., con temperatura media anual de 24°C, oscilación media de temperatura de 14°C, humedad relativa mínima de 69%, humedad relativa máxima de 78% y precipitación anual de 1200 ml.” (2018).

Por otra parte según (Garcia, Heuguet, Lopez, Morales, & Vásquez, 2017) los suelos en la zona presentada contienen un nivel de arcilla entre 29% y un 35,8% lo que vuelve al suelo en una consistencia arcillosa y susceptible a inconvenientes por niveles altos de humedad.

Por último se menciona que los lotes deben tener diseños topográficos que consisten en planimetría y altimetría en diferentes puntos de la longitud de los surcos, esto propicia la adecuación acertada del terreno y la distribución de los surcos y toda la actividad cultural en la zona (Aguilar, 2015).

### **5.3 ESTIMACION DE LÁMINAS QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE POR EXCESO DE PLUVIOSIDAD**

Cuando el nivel de humedad producto de las lluvias en la región producen una concentración alta de pluviosidad a través del tiempo, se va acumulando las humedades y empieza a haber un anegamiento en el cual los poros (macros meso y micro) llenos de líquido aumentan considerablemente en los suelos, las láminas formadas crean un espejo donde se realiza la evacuación teniendo en cuenta el volumen de dicha lámina, de acuerdo a la precipitación que marca en un tiempo determinado se estima el nivel freático del suelo, mediante la salida a los canales primarios y secundarios donde tiene unas dimensiones, esto permite calcular, y sacar unos análisis de verificación que permita tener registros de la concentración de agua que se obtuvo en el momento de la lluvia y lo que sale cuando se hace la guías con el “despuntador” obteniendo un suelo drenado.

### **5.4 COMPORTAMIENTO DE LA PLUVIOSIDAD DE LA ZONA**

Se realizó una recolección de datos de los años 2017, 2018 y 2019 de los niveles de pluviosidad, en las haciendas Zanjón oscuro, Corcovado, Laguna Clara Eugenia, El Embrujo, Iscuande, Jubileo, La Española. Haciendas pertenecientes de igual forma al ingenio Mayagüez.

### **5.5 DISEÑO DEL IMPLEMENTO**

Para realizar el diseño se tuvo en cuenta que tuviera o cumpliera con una distancia que propiciara el arrastre del suelo de forma óptima, evitando que el tractor deba meterse y dañar el terreno de forma imprudente. Se tuvo en cuenta también el calibre de los enganches, ya que debían ser suficientes para la remoción de tierra, pero no tan grandes como para que remueva materia orgánica o la misma siembra.

Se diseñó entonces, a partir de un proceso de observación y una necesidad en campo, un implemento que propicie la formación de cortes paralelos a los surcos de caña establecidos en los lotes, los cuales comprenden diferentes medidas de faja de surco, los cuales deben corregir las distancias existentes en las distancias de siembra en cada lote. Entonces se ideó romper el suelo o hacer corte con material de hierro pesado que puedan generar cortes en el suelo, donde forma a una figura de un rombo y sobre ellas dos barras metálicas por encima, sujeta con tornillos en forma de pasadores para formar una estructura solidad. Se diseña palas de corte con 2 brazos adaptada a la dos barras o extensiones y unos acoples que permitan engranar a un tractor para poder ejecutar movimiento.

En la figura 3, se presenta el diseño del implemento el cual se denominó “**despuntador**” que consta de dos extensiones tipo telescopio para distancia de 1,40 mts, 1,90mts, con dos brazos y punteras, de tipo gradual.

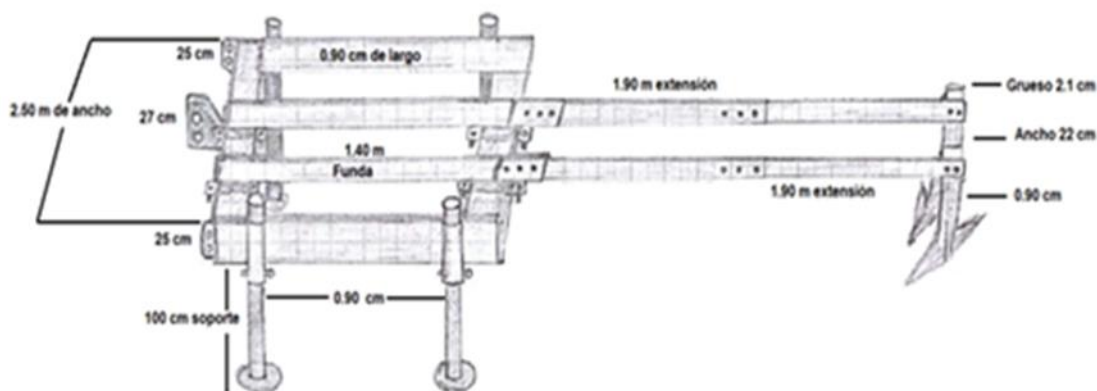


Figura 2. Diseño del despuntador

Enganches de tres puntos, con láminas calibre de 1 pulgada por 5 ml

Barras telescópicas de pulgada y media por 15cm de ancho, de largo 1.90cm.

Bajantes o brazos de 0.90 cm de largo, ancho 2.1 cm de grosor y 22 cm de largo.

Construcción base de soporte de barras telescópicas, rectángulo de 2.50 m de largo, de ancho 9.7 cm, con lamina de 1 pulgada.

Fundas telescópicas con lamina de 2 pulgadas, 28 tornillos de  $\frac{3}{4}$  por 6 pulgadas de largo, pasadores de enganche de  $\frac{7}{8}$  con 4 pulgadas de largo, 4 soportes de 3 pulgadas y 0.90 de largo, punteras de cambio con lamina de pulgada, 25 cm de ancho con aleta de 10cm frontal.

## 5.6 CONSTRUCCIÓN DEL IMPLEMENTO

El tiempo que sé que se empleó para la construcción del implemento agrícola en el taller agro industrial Ramiro Tejada fue de 90 días, en los cuales se realizó la adecuación del diseño a las máquinas que permitían moldear el material del que se iba a componer, este material debía ser pesado y macizo para que realizara la debida labor, por lo tanto, se construyó mediante hierro sólido con su debido espacio para cada unión dentro del mismo implemento y con el tractor.



Figura 3. Ajustes finales del implemento

## 5.7 VALIDACIÓN DEL IMPLEMENTO CONSTRUIDO

Los suelos donde se hizo el estudio, en su mayoría son planos con mucha consistencia en su parte estructural y textural arcillosos, que se convierte en una zona de alta retención de humedad, limitando la parte de oxigenación del suelo, impidiendo el desarrollo de los sistemas radiculares de las plantas.

En la hacienda Zanjón Oscuro Hacienda zanjón oscuro se validó el equipo, haciendo las prácticas en campo y corrigiendo las medidas pertinentes, para el funcionamiento de la evacuación del exceso de agua, que se encontraba en los diferentes lotes, tomando diferentes medidas de prueba de errores y ensayos cual era la más adecuadas y promediando tiempos requeridos,

## 5.8 PROCESO DE EVACUACIÓN DE AGUA

El proceso de evacuación del exceso de agua se inicia cuando se presenten lluvias prolongadas, como es el tiempo de invierno en zonas de alta pluviosidad, que genere el anegamiento y que tenga espejos de agua, una vez detectado la necesidad de evacuación del exceso de agua se procede hacer el alistamiento, que consta de:

Una persona calificada que cuantifique el problema de que área está afectada y hace un análisis de presupuesto (tiempo, rendimiento), un operador calificado que hace el alistamiento de la máquina (**tractor**), la cual debe estar en óptimas condiciones y estar preparada para la labor, contando con llantas, motor, tracción, combustible, además también se debe preparar adecuadamente el implemento agrícola (**despuntador**), el cual debe contar con sus vertederas o palas de corte, las cuales deben estar en óptimas condiciones, con las medidas adecuadas para

realizar la evacuación de la lámina de agua existente en el suelo. Por último, se necesita de unas coordenadas del sitio a laborar y horas presupuestas que dependen del marco de acción.

A continuación, se posiciona la maquina con su respectivo implemento agrícola **“despuntador”** para la evacuación del exceso de agua, se cuadra en marcha de adentro hacia fuera en el sentido paralelo al surco longitudinal o por la pendiente de inclinación, teniendo en cuenta los niveles de curva topográficos de salida o punto bajo. Una vez cuadrada la máquina, el operador acciona el mecanismo de los alces hidráulicos, calibrando la profundidad de corte de evacuación, y poniendo en marcha hacia delante teniendo en cuenta si el corte se realizó bien, pues si hay inconformidad hay espacio para calibrar el **“despuntador”**.



Figura 4. Proceso de evacuación del exceso de agua con el “despuntador”

Teniendo en cuenta las recomendaciones existentes para la evacuación, se entra a hacer diversos recorridos en diferentes suelos y niveles de anegamientos, con distintas capacidades en campo, lo cual nos permite el paso del agua consistente con la necesidad presentada.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 COMPORTAMIENTO DE LA PLUVIOSIDAD DE LA ZONA

A continuación, se plantea la información obtenida a partir del registro del nivel de pluviosidad en cada hacienda analizada. En la figura 5 se encuentra cada una de las haciendas en el año 2017 y se presentan unos altos niveles principalmente en los meses de marzo mayo y noviembre, como era de esperar ya que son estas las épocas de lluvias en la región.

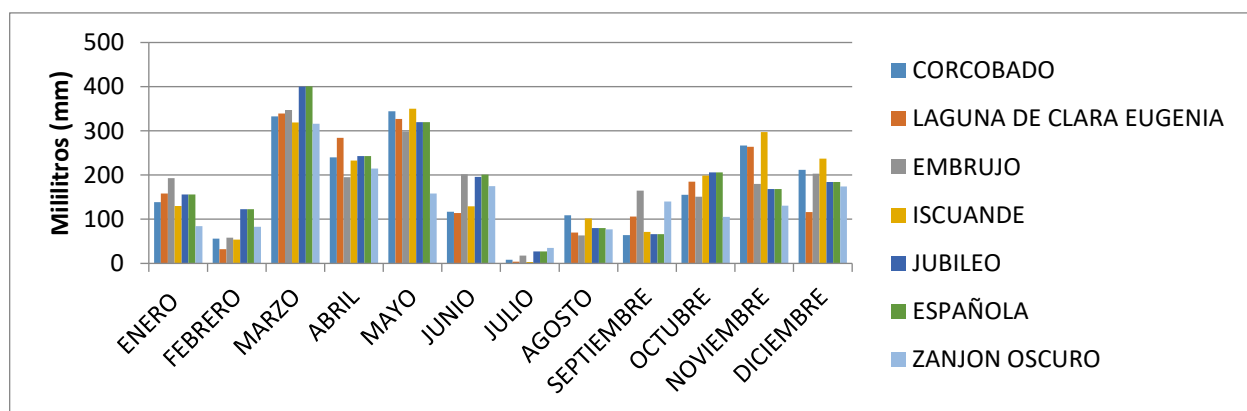


Figura 5. Niveles de pluviosidad por mes en cada hacienda. Año 2017.

Por otra parte, en la Figura 6 aunque disminuyó el nivel de pluviosidad por la diferencia en los niveles de humedad registrados, sin embargo, se debe tener en cuenta que fue en el 2017 donde se presentó un ciclo de preocupantes inundaciones y de gran cantidad de lluvias a lo largo del país. Lo cual indica que, aunque no necesariamente va a llegar a los niveles del 2017 es necesaria una intervención por los niveles presentados en el 2018 los cuales siguen siendo altos para el eficiente cultivo de caña de azúcar. (*Saccharum Officinarum*).

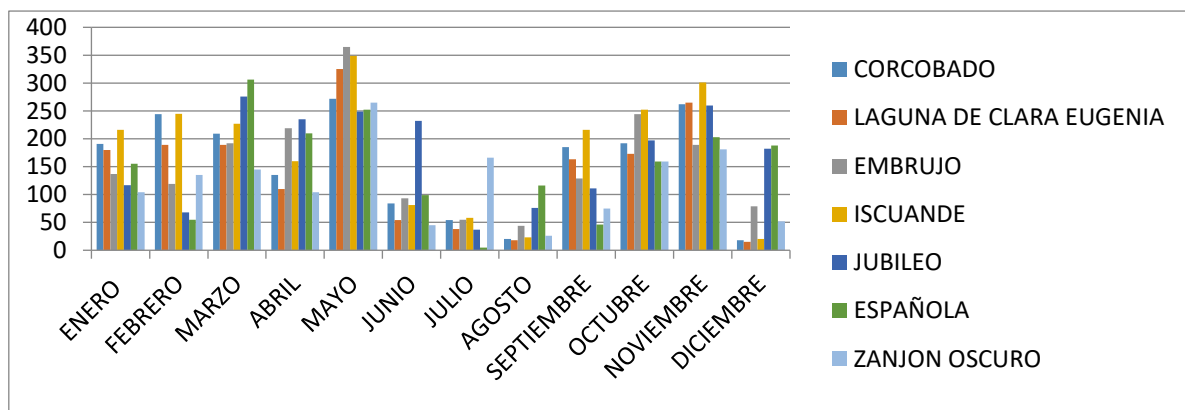


Figura 6. Niveles de pluviosidad por mes en cada hacienda. Año 2018.

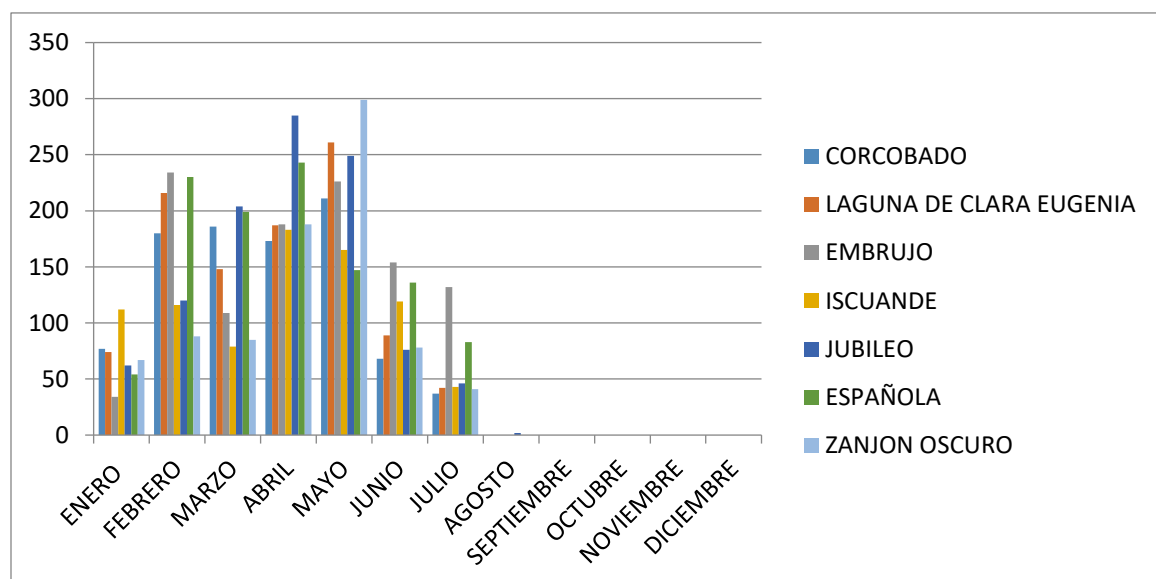


Figura 7. Niveles de pluviosidad por mes en cada hacienda. Año 2019.

Se menciona también el último año registrado con una disminución en los niveles de humedad, que como se mencionó puede nuevamente volver a subir en cualquier momento en época de lluvias y que la preparación del terreno puede no ser suficiente para un cultivo eficiente.

### 6.1.1 Pluviosidad Haciendas

A continuación, se muestra el comportamiento de alta pluviosidad anual en las diferentes zonas determinadas.

**Tabla 1.**

Registro de pluviosidad por año.

<b>HACIENDA</b>	<b>AÑO 2017</b>	<b>AÑO 2018</b>	<b>AÑO 2019</b>
<b>CORCOBADO</b>	2042	1860	932
<b>LAGUNA DE</b>	1999	1845	1017
<b>CLARA EUGENIA</b>			
<b>EMBRUJO</b>	2074	2148	1077
<b>ISCUANDE</b>	214	1719	817
<b>JUBILEO</b>	2169	2040	1044
<b>ESPAÑOLA</b>	2175	1794	1092
<b>ZANJÓN OSCURO</b>	1653	1457	846

De acuerdo con los registros de precipitaciones anuales, y datos históricos surge la necesidad de crear soluciones para la evacuación del exceso de agua, para evitar anegamientos y pérdidas en el desarrollo en un esquema productivo de un cultivo establecido.

## **6.2 TRABAJO DE MANTENIMIENTO DEL IMPLEMENTO**

Dos extensiones como muestra la Figura 4, que entrarán paralelamente en el sentido del surco haciendo un corte de ancho de profundidad de 40cm y de ancho 30cm; y longitudinal donde se encuentra el espejo de agua, con lo cual se buscará evacuar la lámina de agua que se encuentra en la superficie.

Este equipo trabajará con el tractor a doble en 1ra y 2da velocidad para realizar esta labor, marcha lenta; ubicándose en el mismo sentido del surco o sea paralelo, calibrando el equipo con sus respectivas punteras dentro de la suerte o donde se encuentra el espejo de agua, para darle salida al fluido que impide las labores que requiere el cultivo en fase productiva.



Figura 8. Realización de la actividad mecánica con el implemento diseñado para la evacuación del exceso de agua

En la validación se pudo observar que con el despuntador 840 pies de surcos en un tiempo de 8 horas equivalente a 105 pies de surcos por hora, resultando en un promedio de 0.8. a 1 minutos por surco. De igual forma este ensayo se realizó en una hectárea dando cuenta de un costo de \$45.130 por hora por el alquiler de la maquinaria (Tractor 90 caballos de fuerza)., se tiene en

cuenta también que el costo por horas es de \$ 45.130. pesos. (equivalente a 429 pesos por pie de surco) lo que se logró hacer por día es de 14.7 hectáreas

- Costo del operador por hora \$5.200 pesos
- Costo del implemento por hora \$2430 pesos.
- Alquiler de maquinaria 90 caballos de fuerza por hora \$37.500

Mientras que manualmente el número de 50 a 57 pies de surcos en un tiempo de 8 horas, siendo en promedio un tiempo determinado entre 8 a 10 minutos por surco. Dicha medición se realizó a partir de un ensayo, en el cual se realizaron 57 pies de surcos equivalentes a una hectárea en 8 horas promedio. Teniendo en cuenta que la base salarial por 8 horas es de \$ 50.360, el costo de pie de surco por unidad es de \$ 883 pesos.

Los siguientes registros son tomados mediante prácticas hechas en campo con evidencias tangibles, que muestran una efectividad a corto, mediano y largo plazo.

Esta labor manual (cultural) se realizó en diferentes zonas para medir unos promedios respecto al laboreo de pie de surcos en diferentes tipos de suelos, arrojando resultados que se promediaron en las diferentes partes, para lograr un estándar, y establecer objetivos claros.

Los ensayos se tomaron de la siguiente manera por un día laborado de 8 horas:

Suelos arcillosos 50 pie de surcos

Suelo franco arenoso 60 pie de surcos

Suelo franco arcilloso 55 pie de surcos

Suelos francos limosos 65 pie de surcos

Dando un margen promedio de 57 pie de surco por 8 horas (persona) los resultados se hicieron en las siguientes haciendas, Zanjón oscuro, Corcobado, Laguna Clara Eugenia, El Embrujo, Iscuande, Jubileo, La Española, con un área 111,49 hectáreas, la cual está conformada con 6447 pie de surcos con un ancho de fajas de 1,65 metros.

Con estos resultados una persona hace un promedio de 342 pie de surcos en 48 horas, lo que se quiere mostrar que un periodo de 18 semanas se debe realizar la totalidad pie de surcos (6447).

**Tabla 2.**  
Comparativos costo y rendimiento

TABLA DE COMPARATIVOS COSTO Y RENDIMIENTO									
MANO DE OBRA	PIE DE SURCOS POR HORA	PIE DE SURCOS DIA DE 8 HORAS	AREA REALIZADA	VALOR POR HECTAREA	COSTO DE PIE DE SURCO	AREA DE TRABAJO Y ENSAYOS	PIE DE SURCOS ESTIMADOS POR EL AREA	COSTO TOTAL DE AREA ESTIMADA	BENEFICIO COSTO
mano de obra manual	14,7 ud	57 ud	1 has	\$50.360	\$ 883	1600 has	20.070 ud	\$ 17.721.810	\$9.111.780
mano de obra mecanica	105 ud	840 ud	14,73 has	\$45.130	\$ 429	1600 has	20.070 ud	\$ 8.610.030	

### 6.2.1 Actividad mecánica por hacienda.

La actividad realizada con el implemento agrícola para la evacuación de aguas lluvias en la zona sur del cauca, se hicieron los ensayos en diferentes fincas donde se presenta la mayor pluviosidad y así tener unos resultados que sean medibles para la viabilidad del proyecto

Esta labor mecánica con el implemento (despuntador) que es ayudada con un tractor mayor de 75 caballos de fuerza para halar de una forma paralela al sentido de siembra buscando la evacuación de las láminas que estén afectando el cultivo, y por ende dañando el suelo en sus composiciones físicas,

Los ensayos se tuvieron muchas variables como (distancia de volteo en los callejones, terrenos irregulares, y el mismo anegamiento al momento de efectuar la labor, dieron como resultado en unas fincas así

**Zanjón oscuro** 838 pie de surcos por 8 horas con el implemento agrícola (despuntador)

**Santa marta mejía** 839 pie de surcos por 8 horas con el implemento agrícola (despuntador)

**La joya** 843 pies e surcos por 8 horas con el implemento agrícola (despuntador)

Logrando un promedio de 843 pies de surcos por 8 horas

Todo cultivo establecido tiene una fase inicial un desarrollo y una fase final (producción) para lograr este resultado existen muchas labores y variables que se realizan con el recurso humano (pulso, fuerza), estas labores son medidas de acuerdo a unos factores que están encadenados en una fase productiva con un objetivo principal.

En total, el tiempo que se empleó para la labor de evacuación de exceso de agua en suelos con alta pluviosidad, con la técnica del implemento “despuntador” para 1,600 hectáreas fueron 108 días. Teniendo una base de pruebas y ajustes que permitieron hacer análisis y desarrollo detallado en la actividad, tiempo muerto o cesante, fueron un total de 90 días en tiempo real en la realización de esta labor, siendo efectivo el tiempo requerido de mejoras en el equipo. El tiempo inerte se tuvo muy en cuenta porque la labor es muy dispendiosa por sus condiciones de humedad.

## 7. DISCUSION

La productividad en los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*), depende de diferentes factores, donde las lluvias juegan un papel importante en la producción como tal, dentro

de su desarrollo o fenología de la planta se habla de transpiración, evaporación y el manejo de balance hídrico, en cuanto a la parte de irrigación se requiere, bien sabemos que la planta sufre un estrés hídrico por falta o exceso de fuentes hídricas, pero en este caso sería por exceso de anegamiento en los cultivos de caña azúcar (*Saccharum Officinarum*), Según datos del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable del cultivo, para el periodo 2009–2015 tuvo una tasa de crecimiento de 5%; incremento que deja ver la importancia de implementar cambios en la mejora de la mecanización agrícola, específicamente en el desarrollo de la parte hídrica, la cual se considera una práctica reciente e innovadora en el valle del cauca. Es por ello que se vuelve necesario realizar acciones encaminadas a mejorar los procesos de evacuación de láminas de agua sobre las superficies cuando son afectadas por alta pluviosidad (SAGARPA, 2015).

Los resultados presentados dan cuenta no solo de una diferencia entre la actividad manual y mecánica, sino de las diferencias comprendidas entre los registros de pluviosidad de cada hacienda específicamente hablando, y como se puede ver beneficiada cada una independiente, o el ingenio en su totalidad.

Según los datos de Mayagüez (2018) el nivel de precipitación supera los 1200 mm por año, sin embargo, los datos obtenidos al analizar los suelos arrojan que se presenta un nivel de pluviosidad de hasta 2176 ml. Lo cual podría presentarse por la diferencia en el nivel de precipitación en cada mes, y es que los meses donde más precipitación se presenta según las figuras 5, 6 y 7 son en los meses de mayo y noviembre, siendo estos los meses donde más se requiere una medición de la posibilidad de una pluviosidad que sea contraproducente por el anegamiento presente. Cabe mencionar también la posibilidad de que los datos presentados por Mayagüez tienen en cuenta los días de sequía y además las zonas aledañas a los cultivos.

Por otra parte, hay un mayor gasto de recursos por parte de la maquinaria pesada, siendo de más de \$ 50.360 pesos, comparándose con el precio de tener al obrero haciendo el proceso de forma manual. Lo que se presenta como una posibilidad a discutir, pues si el largo de la zona es de un tamaño considerable se podría pensar en realizar los 840 pies (aprox) por jornada laboral, mientras que en un área de 5 hectáreas podría verse indiferente al cambio de manual a mecánico.

Teniendo en cuenta que la actividad manual se dificulta, ya que se deben mover suelos, en difíciles condiciones cuando se encuentra en bastante anegamiento, surge así la necesidad de crear y elaborar un implemento que ayude a realizar la labor en menor tiempo.

Debido a que la labor manual se requiere mucho desgaste físico y es donde nace la necesidad de ser más eficiente y proactivos, por medio de la tecnología (mecánica) que ayude a facilitar mejores labores con rendimientos que superen la eficacia sin ocasionar daños al medio, y perjudicar un sistema agroecológico.

## 8. CONCLUSIONES

En este proyecto observamos en los análisis las zonas donde se efectuó la actividad, donde nos muestra un comportamiento de altas incidencias de lluvias, la cual crea un factor de necesidad de innovar, crear y solucionar el problema de anegamiento en los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*), que detienen el desarrollo radicular y por defecto la toma de nutrientes

Los análisis que se obtuvieron, arrojaron que en los años que hubo una alta pluviosidad fue en el año de 2017 al 2018, con una pluviometría de hasta 2176. Se espera que el nivel de pluviosidad se mantenga o aumente en los meses de noviembre y mayo, siendo estos los años de mayor precipitación. En ambos años presentaron una alta incidencia de lluvias y es ahí donde se requiere la evacuación en un menor tiempo posible para que la planta no entre en estrés hídrico por exceso.

Es entonces a partir de una propuesta de la innovación de un implemento agrícola para una la evacuación de los pies de surcos, que se espera la producción de caña de azúcar (*Saccharum Officinarum*), se contemple de una forma muchos más eficiente brindando una mayor facilidad y una reducción de costos en tanto sea una producción a gran escala de este producto anual tan importante a nivel regional y nacional.

## **9. RECOMENDACIONES**

Se recomienda en primer lugar, hacer ajustes en las vertederas de corte para evitar el arrastre en algunas ocasiones en suelos limosos o arenosos (livianos) por palas de corte vertical y evitar movimiento de suelos que sean contraproducentes con el objetivo del cultivo. Además, también es necesario hacer la labor a tiempo antes del periodo de lluvia, para mayor rendimiento en la realización de los pies de surcos, y así evitar sobrecostos, para así, con esta actividad se mejorar las condiciones de suelo (textura, estructura, preserva la materia orgánica y biológica).

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, N. (09 de Enero de 2015). *Ficha Técnica del cultivo de la Caña de Azúcar*. Obtenido de [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD\\_upload/nutriciondebovinos\\_com\\_ar/Archivos/File/CA%C3%91A\\_DE\\_AZ%C3%9ACAR,\\_FICHA\\_T%C3%89CNICA.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/File/CA%C3%91A_DE_AZ%C3%9ACAR,_FICHA_T%C3%89CNICA.pdf)
- Arboleda, F. M. (2009). carta trimestral cenicaña 2009. *Cenicaña*, [www.cenicana.org](http://www.cenicana.org).
- Asocaña. (2019). *Aspectos generales del sector agroindustrial de la caña 2018-2019. Informe anual*. Obtenido de <https://www.asocana.org/documentos/2352019-D0CA1EED-00FF00,000A000,878787,C3C3C3,0F0F0F,B4B4B4,FF00FF,2D2D2D,A3C4B5.pdf>
- Buenaño, D. (2009). *Influencia en el método de plantación en crecimiento inicial de la caña de azúcar (sacharium spp.) Cultivar limeña en suelos del orden inceptiosoles de pastaza*. (A. Socorro, Ed.) Puyo, Ecuador: Universidad Estatal Amazónica. Obtenido de <http://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46>
- Calvache, O. (2019). *DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS LABORES AGRONOMICAS REALIZADAS EN EL CULTIVO DE LACAÑA DE AZÚCAR EN EL VALLE DEL RIO CAUCA*. (F. D. AGROPECUARIAS, Ed.) Palmira, Valle del Cauca, Colombia: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA . Obtenido de [https://www.academia.edu/8216699/Labores\\_Ca%C3%B1a\\_PLANTILLA-\\_APOYO](https://www.academia.edu/8216699/Labores_Ca%C3%B1a_PLANTILLA-_APOYO)
- Caracol Radio. (16 de 05 de 2017). Lluvias obligan a suspender cosecha de caña en el Valle. *Caracol Radio Cali*. Obtenido de [https://caracol.com.co/emisora/2017/05/16/cali/1494970648\\_243537.html](https://caracol.com.co/emisora/2017/05/16/cali/1494970648_243537.html)
- Cenicaña. (2015). *Drenaje de los suelos cultivados con caña de azúcar*. Colombia. Obtenido de <https://www.cenicana.org/drenaje-de-suelos-cultivados-con-cana-de-azucar/>

Cenicaña. (2017). CeniRed. págs. <http://www.cenired.org.co/index.php/centros-de-investigacion/cenicana>.

CODESARROLLO. (Mayo de 2006). SOSTENIMIENTO DE 90 HECTÁREAS DE CAÑA PANELERA Y ADECUACIÓN DEL BENEFICIO DE PANELA. *PanelaMonitor, Producto: Panela*. Obtenido de <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/sostenimiento-de-90-hectareas-de-cana-panelera-y-adequacion-del-beneficio-de-panela.pdf>

Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA). (Julio de 2015). Cosecha de caña azucar en estado verde. *Boletín técnico informativo*. Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114363/1.-\\_Boletin\\_Julio\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114363/1.-_Boletin_Julio_2015.pdf)

Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia. (2018). *El Ambiente y la Calidad del Aire deben ser la prioridad*. Colombia: Boletín informativo No. 189 Miércoles 12 de Septiembre de 2018. Obtenido de <https://www.fedebiocombustibles.com/nota-web-id-3064.htm>

García, M., Heuguet, G., López, S., Morales, D., & Vásquez, D. (2017). *Diseño de un sistema de drenaje para los cultivos de caña de azúcar ubicados en la suerte 52 de la hacienda la cabaña municipio de puerto tejada*. Cali: Facultad de ingeniería. Javeriana Cali.

Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). (2010). *Prácticas de conservación de suelos y agua*. Obtenido de [jica.go.jp](http://www.jica.go.jp): [https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual\\_de\\_Conserbacion\\_de\\_Suelo\\_y\\_Agua.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Conserbacion_de_Suelo_y_Agua.pdf)

- Lopez, J. (2015). *LA CAÑA DE AZUCAR (Saccharum officinarum) PARA LA PRODUCCIÓN DE*. (U. N. UNAD., Ed.) Medellín: ESCUELA DE CIENCIAS AGRICOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/3586/3/1042996781.pdf>
- Madero, E., Peña, M., Escobar, B., & García, L. (2011). *Compactación de suelos cultivados con caña de azúcar en la zona sur del Valle del Cauca, Colombia*. Cali, Colombia: Acta Agron., Volumen 60, Número 3, p. 244-251, 2011. ISSN electrónico 2323-0118. ISSN impreso 0120-2812.
- MAYAGUEZ.E . (14 de DICIEMBRE de 2018). *ENERGIA EN EVOLUCION AZUCAR-ALCOHOL, CARBURANTES- CONGENERACION DE ENERGIA*, pág. <HTTPS://WWW.INGENIOMAYAGUEZ.COM>.
- SAGARPA. (2015). *Secretaria de agricultura ganaderia desarrollo rural pesca y alimentación*. Obtenido de Nota tecnica informativa TECNIFICACIÓN Y MAQUINARIA ENE EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114373/Nota\\_Tecnica\\_Informativa\\_Octubre\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/114373/Nota_Tecnica_Informativa_Octubre_2015.pdf)
- Unigarro, C. (2014). *Efecto de las avriables edafoclimáticas y biométricas sobre el contenido de sacarosa de la caña de azucar en el valle geográfico del rio Cauca*. San Juan de Pasto: Centro de investigación de la caña de azucar (Cenicaña).
- Vásquez, J. (21 de Febrero de 2017). EFECTO DEL CLIMA EN LA PRODUCCION DE CAÑA Y AZUCAR EN CENTRAL. Obtenido de <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/5.-AGRICULTURA-CA%C3%91ERA.pdf>

