



“Por un Desarrollo
Agrario
Integral y Sostenible”

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Trabajo de Pasantía

Evaluación de láminas de riego con pivote frontal
en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum
officinarum*) en SER San Antonio 2015-2016

Autor

Br. Jairo Antonio Escalante Chavarría

Asesores

Ing. David López Campos

Ing. Denis José Moreno Lacayo

Managua, Nicaragua

Abril, 2022

Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable Tribunal Examinador designado por el Decanato de la Facultad de Agronomía como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrícola para el desarrollo sostenible

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente (Grado académico y nombre)

Secretario (Grado académico y nombre)

Vocal (Grado académico y nombre)

Lugar y Fecha: _____

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General	2
2.2 Objetivos Específicos	2
III. CARACTERIZACIÓN	3
3.1 Antecedentes	3
3.2 Ubicación de SER San Antonio	3
3.3 Área de Producción Agrícola de Ser San Antonio	3
3.4 ¿Quiénes somos?	4
3.5 Eslogan	4
3.6 Visión	4
3.7 Misión	4
3.8 Para lograrlo	4
3.9 Valores	5
3.10 Principales productos	5
3.11 Política de calidad	5
3.12 Política Ambiental	6
3.13 Política de Inocuidad	6
3.14 Política de higiene y seguridad de trabajo	6
IV. FUNCIONES EN EL ÁREA DE TRABAJO	7
4.1 Funciones de Trabajo en el Área de experimentos de variedades de caña de azúcar	7

4.1.1 Preparación de Suelo	7
4.1.2 Selección de la variedad de caña de azúcar para experimentos (curvas de madurez en vivas código 11050)	8
4.1.3 Siembra para experimentos de curvas de madurez en vivas 11050)	9
4.1.4 Monitoreo de Plagas (Trampas para ratas)	11
4.1.5 Control de malezas experimento vivas (código del lote 11050)	12
4.2 Funciones de Trabajo en el área de control calidad	12
4.2.1 Muestreos de Despoblaciones	12
4.2.2 Calibración de Equipos con fertilizantes	13
4.2.3 Evaluación de Equipo e Implementos de Siembra Mecanizada	13
4.2.4 Evaluación de Láminas de Riego para el sistema de riego por pivote frontal en Nipororo código (65018)	14
V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO	15
5.1 Pivote de avance frontal (Lote Nipororo, Código 65018)	15
5.2 ¿Qué es TDR300?	19
5.3 Toma de pluviometrías y lecturas de humedad	20
5.4 Definiciones	23
5.4.1 Capacidad de Campo (CC)	23
5.4.2 Punto de Marchitez Permanente (PMP)	23
5.4.3 Limite Productivo (LP)	24
5.4.4 Ecuación para calcular lámina de agua Bruta	24
5.4.5 Lámina de agua Neta	24
5.4.6 Para calcular la Lamina Neta se Aplica la siguiente Fórmula	25
5.4.7 Patrón de distribución	25
VI.RESULTADOS OBTENIDOS	26
VII. CONCLUSIONES	34
VIII. LECCIONES APRENDIDAS	35
IX. RECOMENDACIONES	36
X. LITERATURA CITADA	37
XI. ANEXOS	38

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la oportunidad de culminar una de mis metas, quien ha guiado mis pasos; quien ha sido mi sustento en momentos difíciles teniendo su misericordia inigualable; A mis padres a quienes agradezco mucho por su apoyo, comprensión, consejos y palabras de aliento; quienes motivaron a mi esfuerzo contra obstáculos y vicisitudes que se hicieron presentes; de manera especial a mi madre Alicia que sin ella no lo hubiese logrado, ya que con su amor me impulsa para seguir hacia delante.” Te agradezco madre porque sé que tu felicidad y tu orgullo está en ver a tus hijos convertirse en personas de bien”.

A mis compañeros, amigos presentes y pasados quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas. Los maestros (Ing. David López, Lic. Sergio Ramírez) que durante estos años estuvieron apoyándome para alcanzar esta meta.

Con mucho cariño, Muchas Gracias.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, porque me concede la oportunidad de concluir una de mis metas, por regalarme sabiduría, entendimiento y sobre todo paciencia.

Agradecido con las personas que me asesoraron Ing. Gregorio Varela (Decano de la Facultad de Agronomía), Ing. David López C., Ing. David Linarte, Ing. Gustavo Robleto, Ing. Denis Moreno Lacayo quienes me brindaron tiempo, disposición, amabilidad y conocimientos. A Ing. Alcides Picado (Gerente del Área de Campo SER San Antonio), quien me autorizó laborar como pasante en el Departamento de Investigación Agrícola.

Agradezco de manera especial al personal académico de la Universidad Nacional Agraria (UNA), quienes brindaron la posibilidad de tener formación académica, también a mis maestros quienes fueron y serán los encargados de transmitirnos conocimientos que son útiles en nuestro desarrollo profesional.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Monitoreo del pivote Nipororo 65018	26
2. Datos de Laboratorio	26
3. Evaluación de Pluviometría del Pivote Nipororo 65018 (Programa Biosalc)	27
4. Evaluación 1 del pivote de riego Nipororo	29
5. Evaluación 2 del pivote de riego Nipororo	30
6. Evaluación 3 del pivote de riego Nipororo	31
7. Evaluación 4 del pivote de riego Nipororo	32
8. Evaluación 5 del pivote de riego Nipororo	33

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Reme (descepado 1er pase)	8
2 Siembra para Experimentos vivas código (11050)	9
3. Riego por gravedad	10
4. Extracción de muestras (macollas variedad CP 72-2086)	10
5. Ubicación de Trampas para Ratas en los Experimentos	11
6. Sembradora con aplicación de producto (Hongo entomopatógenos)	14
7. Ubicación por QFields del lote Nipororo - código 65018.	15
8. Estaciones para la toma de humedad en surco y calle.	17
9. Ubicación de Pluviómetros y estaciones de humedad	18
10. Dibujo del Pivote frontal	18
11. Altura de los bajantes hasta sus difusores	19
12. Lectura con TDR300	20
13. Monitoreo de la Humedad en la etapa de (germinación y emergencia)	21
14. Pivote estacionado por paso del acarreo	22
15. Lectura de Pluviómetro	23
16. Esquema de Distribución de agua a medida que disminuye la humedad en el suelo	25
17. Monitoreo (Pivote Nipororo 65018)	28
18. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 1)	28
19. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 2)	29
20. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 3)	31
21. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 4)	32
22. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 5)	33

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Lectura de pluviómetros	38
2. Caja de control pivote	39
3. Manómetro, regulador de presión	40
4. Lectura de humedad	41
5. Toma de humedad en etapa de amacollamiento	42
6. Sensor de humedad TDR 300 con sus probas de repuesto de diferentes medidas	43

RESUMEN

En este informe se dan a conocer las actividades efectuadas de pasantía en la empresa SER San Antonio durante el período comprendido del 02 de febrero hasta 29 de julio del 2016 con una duración de seis meses, regido mediante un plan de actividades laborales, supervisadas y orientadas por el jefe del Departamento de Investigación Agrícola. El Departamento Agrícola se caracteriza por investigar en unidades experimentales las diferentes variedades del cultivo de caña de azúcar en cuanto a su rendimiento, resistencia a enfermedades, etc. con el propósito de seleccionar las mejores variedades de las futuras producciones en SER San Antonio. Las actividades del manejo del cultivo de caña de azúcar se desarrollaron en el lote de vivas (código 11050) iniciando desde la actividad de preparación de suelo, corte de semilla, siembra, control de plagas y enfermedades, control malezas, aplicación de herbicidas, muestreo de macollas para análisis de las concentraciones de azúcar mediante laboratorio; posterior a estas actividades, se llevó a cabo el monitoreo de la pluviometría del sistema de riego pivote frontal y medición de la humedad del suelo por medio del sensor de humedad (TDR300). La ejecución de estas actividades permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Agrícola para el desarrollo sostenible aplicando las técnicas de manejo que utiliza la empresa SER San Antonio en el cultivo de caña de azúcar, permitiendo el fortalecimiento con relación al campo de acción de la carrera.

Palabras claves: sistema de riego, pivote frontal, pluviometría, humedad del suelo, sensor de humedad.

ABSTRACT

This report describes the internship activities carried out in the company SER San Antonio during the period from February 2 to July 29, 2016, with a duration of six months, governed by a plan of work activities, supervised, and guided by the head of the Agricultural Research Department. The Agricultural Department is characterized by researching in experimental units the different varieties of the sugarcane crop in terms of yield, disease resistance, etc. The purpose is to select the best varieties for future production at SER San Antonio. The sugarcane crop management activities were carried out in the vivas lot (11050), starting at the beginning of the season. starting with soil preparation, seed cutting, sowing, pest and disease control, weed control, herbicide application, sampling of tillers for analysis of sugar concentrations in the laboratory. After these activities, rainfall monitoring of the front pivot irrigation system and measurement of soil moisture using a moisture sensor (TDR300) were carried out. The execution of these activities has allowed me to put into practice the knowledge I acquired in the Agricultural Engineering career and to learn the technical management used by the company SER San Antonio in the cultivation of sugar cane, which allowed me to strengthen in relation to the field of action of the career.

Key words: irrigation system, front pivot, rainfall, soil moisture, moisture sensor.

I. INTRODUCCIÓN

Las pasantías se consideran un requisito indispensable para la graduación y culminación de estudios, donde la Universidad Nacional Agraria (UNA) es una Institución Académica de Estudio Superior comprometida a la formación de profesionales en el campo agrario, que impulsa a sus estudiantes a innovar y desarrollar en el ámbito profesional ubicándolos en las diversas empresas del país para asumir funciones y realizar las actividades agrícolas orientadas en determinada institución. (UNA, 2019)

El período de pasantía estuvo comprendido entre el 02 de febrero al 29 de julio del 2016 en la empresa SER San Antonio (ISA), se dio a conocer a través de este informe las características de dicha empresa, sus principales productos, algunas de sus políticas y mencionar la participación en algunas actividades en el departamento de investigación agrícola para el manejo de diversas variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*); mediante unidades experimentales considerando como tema medular la evaluación de láminas de riego del sistema por pivote frontal en el lote Nipororo con el código 65018 en SER San Antonio.

Como resultados se consideró los datos de pluviometría con sus respectivas laminas en (mm) y la toma de humedad en el suelo en porcentajes (%) para analizar los coeficientes de uniformidad mediante el control semáforo de cada evaluación y con el objetivo de conocer la eficiencia y calificar el manejo operativo del pivote frontal Nipororo código 65018. (Urrutia y Quiñónez, 2014)

El programa Biosalc fue una herramienta que se utilizó para introducir los datos de campo e indicar mediante la gráfica de líneas el comportamiento y disponibilidad de la humedad que garantiza el suelo franco arcilloso al cultivo de caña de azúcar antes y después de haber sido irrigado por el pivote Nipororo - código 65018

La finalidad de monitorear los contenidos de agua es evitar que la humedad llegue al punto de marchitez (PM), que mantenga el rango del límite productivo (LP) manteniendo los intervalos de riego de 7 días y vuelva a llevarse a su capacidad de campo (CC).

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Evaluar las láminas de riego con pivote frontal Nipororo (código 65018) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) SER San Antonio 2015-2016.

2.2 Objetivos Específicos

- Monitorear el contenido de humedad del suelo en surco y en calle a partir del riego por pivote frontal Nipororo en el código (65018).
- Analizar el coeficiente de uniformidad mediante control de semáforo.
- Determinar la eficiencia de aplicación del pivote frontal Nipororo en el código (65018).

III. CARACTERIZACIÓN

3.1 Antecedentes

Fundado en 1890, junto a cuatro empresarios visionarios, un comerciante genovés llamado Francisco Alfredo Pellas Canessa, organizó la Nicaragua Sugar Estates Limited, con el objetivo de fundar un ingenio azucarero de alta producción. Es así como nace el Ingenio San Antonio, hoy SER San Antonio. La compañía fue inscrita en Londres, Inglaterra en ese año y en Granada, Nicaragua, 40 años después.

En el siglo XIX, la primera zafra del Ingenio San Antonio produjo cerca de 40 mil quintales de azúcar. En 1959 alcanzó el millón de quintales. La zafra 2006-2007 superó los 5 millones de quintales y actualmente la producción es de aproximadamente 7 millones de quintales. Los rendimientos agrícolas e industriales de Ser San Antonio están entre los más altos del mundo. Es fuente de empleo para más de 9 mil personas en tiempo de zafra.

SER San Antonio inició siendo una central azucarera y con el tiempo se ha ido diversificando hasta convertirse en un moderno complejo agro-energético eficiente y eco amigable, que se dedica a la producción y procesamiento de azúcar, biocombustible, alcohol, energía eléctrica, camarones y melaza. Esta es pionera en RSE (Responsabilidad Social Empresarial) al igual que el resto de las empresas del Grupo Pellas, enfoca sus prácticas de Responsabilidad Social alrededor de 4 ejes: **Colaboradores, Comunidad, Medioambiente-Mercado y Competitividad**. Perteneciendo a la identidad corporativa SER que agrupa a las empresas agro-energéticas y licoreras que el Grupo Pellas tiene en América Central.

3.2 Ubicación de SER San Antonio

Las oficinas corporativas se encuentran ubicadas en Managua, Nicaragua. La planta está localizada a 120 km al noroeste de Managua, en el municipio de Chichigalpa, departamento de Chinandega y a 30 km del Puerto de Corinto, en el Pacífico de Nicaragua.

3.3 Área de Producción Agrícola de Ser San Antonio

El área de siembra abarca una extensión de 30 669 hectáreas, ubicadas principalmente en el departamento de Chinandega, caracterizado por la excelente calidad de sus suelos francos arenosos. Existen también plantíos en el colindante departamento de León.

De este total, 14 605 hectáreas pertenecen a SER San Antonio, 3 160 son alquiladas por la empresa y 12 904 (colonos) son producidas por agricultores independientes quienes entregan su producción al ingenio.

3.4 ¿Quiénes somos?

El Ingenio San Antonio es un complejo agro-energético que se dedica mayoritariamente a la producción de azúcar, etanol y energía eléctrica. Es una empresa líder en el sector agroindustrial tanto en Nicaragua como a nivel internacional.

El Ingenio San Antonio, forma parte del conglomerado SER que agrupa a: Cía. Licorera, SER San Antonio, SER Chumbagua y una pequeña Operación de Alcoholes en Panamá.

3.5 Eslogan

“En el Ingenio San Antonio se Produce la mejor azúcar al menor costo de forma sustentable”.

3.6 Visión

Ser los productores más rentables y de mejor calidad de azúcar, energía renovable, alcohol y de bebidas espirituosas de marca.

Que Flor de Caña sea la marca de ron Premium de mayor venta mundial y líder en el mercado de espíritus destilados en Centroamérica.

3.7 Misión

Producir y comercializar globalmente azúcar, energía renovable, alcohol, rones y otros derivados de la caña de azúcar, con excelente calidad, creando marcas y al menor costo.

3.8 Para lograrlo:

Alineamos nuestras organizaciones de manera que nuestra **visión sea compartida por todos** y que las fuerzas del **mercado** y la **satisfacción de nuestros clientes** sean factores determinantes en lo que hacemos.

Valoramos a nuestro personal, somos sensibles a sus necesidades y nos proponemos capacitarlo, remunerarlo adecuadamente y motivarlo en la búsqueda de la **Excelencia**. Operamos bajo estrictos **principios éticos** y **compartimos los mismos valores**. Estamos apasionadamente comprometidos con la **innovación** la **eficiencia**, el **mejoramiento continuo** y la **Responsabilidad social**.

3.9 Valores

- **Confiable:** El ser confiable reúne los valores de honestidad, integridad, lealtad y capacidad de cumplir.
- **Respeto:** El respeto por nuestros clientes, colaboradores, el medio ambiente y por nuestra comunidad nos coloca en un nivel superior y nos asegura permanencia.
- **Humanidad:** Los principios y normas que promueve el desarrollo humano son el corazón de la ética.
- **Responsabilidad:** Somos responsables de lo que hacemos y la responsabilidad exige de nosotros la excelencia.

3.10 Principales productos

Azúcar - Capacidad de producción mayor a 6 500 000 qq zafra⁻¹

Energía – Capacidad de cogeneración Eléctrica: 79.3 MWH

Alcohol Deshidratado – Capacidad de Producción: 600 000 l día⁻¹

Alcohol Combustible para Exportación (Etanol): 340 000 l día⁻¹

→ En Periodo de Zafra se generan más de 8 000 empleos directos.

→ Abastece 50 % del mercado nacional de azúcar.

→ Único Productor de azúcar refinada en Nicaragua.

→ Exporta 60 % de su producción al mercado mundial.

→ Manzanas sembradas: Más de 46 000 manzanas (mz).

→ Duración de la zafra: 175 días aproximadamente.

→ Capacidad de Molienda: 19 000 t día⁻¹

→ Área Forestal plantada con árboles de Eucalipto: 1 250 manzanas.

3.11 Política de calidad

“En el Ingenio San Antonio se debe producir la mejor azúcar al menor costo”

Esto significa que nuestra empresa debe mantener dentro de un concepto de mejoramiento continuo enfocado a la reducción de costos, cumpliendo con los requisitos de calidad específicos.

3.12 Política Ambiental

Estamos comprometidos a prevenir la contaminación ambiental con el propósito de proteger el medio ambiente local y global para ello observamos las directrices siguientes:

- Cumplir la Legislación ambiental aplicable y otros requisitos voluntariamente suscritos, manteniendo una actitud de permanente adecuación a los mismos.
- Implementar Procesos de Gestión Técnica y ambiental orientados a la prevención, mitigación, control y compensación del deterioro ambiental y a la potencialización de los efectos benéficos.
- Usar eficientemente los recursos naturales permitiendo el desarrollo sustentable de la industria azucarera.
- Mantener capacitado al personal en asuntos ambientales vinculados con sus actividades.
- Contribuir a la mejora del entorno ambiental de la comunidad aledaña a la empresa con la ejecución de proyectos de educación, protección y de restauración ambiental.

3.13 Política de Inocuidad

En Nicaragua Sugar Estates Limited producimos alimentos inocuos e idóneos, comprometidos con cada una de nuestras familias en que el azúcar en nuestra mesa cumpla con los más altos estándares de seguridad alimentaria.

3.14 Política de higiene y seguridad de trabajo

Existe un área exclusiva la cual es responsable de elaborar y ejecutar programas de prevención de riesgos laborales y desarrollar capacitaciones sobre el tema.

Todas las actividades de los diferentes procesos y áreas de trabajo cumplen con las condiciones necesarias de conformidad y el cumplimiento de la legislación normas y requisitos nacionales, e internacionales, siendo responsabilidad de todos los colaboradores la mejora continua, manteniendo el control sobre los riesgos y la eliminación oportuna de los peligros asociados a todas las actividades de los procesos involucrados.

IV. FUNCIONES EN EL ÁREA DE TRABAJO

Al iniciar las pasantías en el Departamento Agrícola se orientó la función de asistente del Ing. Denis Moreno Lacayo quien se encarga de supervisar los experimentos del área de variedades de caña de azúcar a través de unidades experimentales también se asumió la misma participación en el área de control calidad con el Ing. David Linarte, llevándose a cabo las siguientes actividades:

4.1 Funciones de Trabajo en el Área de experimentos de variedades de caña de azúcar

4.1.1 Preparación de Suelo

Según Duarte *et. al.*, (2019:1) refiere que la preparación del suelo consiste en:

La creación de surcos donde será plantada la caña. Esta se orienta para permitir el desarrollo y anclaje del sistema radicular, es decir las raíces de la planta. Podemos entender por preparación como los trabajo que debemos de llevar a cabo para favorecer las características propias del suelo, con el fin de facilitar la brotación y crecimiento de los cultivos de forma óptima.

Una buena preparación de un suelo tiene un gran impacto en la germinación del cultivo de caña de azúcar y así alcanzar los rendimientos de producción estimados ,se llevó a cabo la preparación en los experimentos de vivas código (11050), donde se empezó a remover con grada fina (descepado) con la actividad 294 ahí estuve supervisando el inicio de la preparación, rompió en el descepado rumbo surco con el objetivo de borrar el muro de la siembra, picar la cepa y la incorporación de los residuos de cultivos, dicha grada consta de 40 discos y diámetro de 24 pulgadas, sucesivamente se dio el pase con ROME para la destrucción de los residuos que quedaron en el descepado, se utiliza normalmente ROME pesadas de 20 discos y diámetros de 36 pulgadas para el volteo del prisma del suelo con un tractor (código OPA y código del implemento ITA) de potencia de 335 HP ,oriente que realizara el cruce de ROME trazando un Angulo ligero de 35° hacia la derecha a partir del rumbo surco para picar el residuo de cosecha existente de mejor manera; el tractor realizó la labor con una velocidad de 8km/h con el fin de dar velocidad para lograr la distribución e incorporación de los residuos al suelo y también para alcanzar los rendimientos de 0.50 hr/ha el empalme del implemento no debe ser menor de 20cm.y para cumplir con las normas de calidad, la profundidad de trabajo debe ser de 1/3 del diámetro del disco y cumplir con el 80 % de puntos evaluados.

Posteriormente se realizó la actividad de roturación con el primer pase de subsuelo, se dio luego del pase de ROME, se encontraba poca presencia del residuo de cosecha y se procedió a fracturar el suelo buscando la profundidad de 24 pulgadas (60 cm), con el fin de destruir las capas compactadas del suelo y de esta manera mejorar la estructura, facilitar el movimiento del agua, aire y distribución de las raíces en el suelo.

El ángulo de trabajo fue de 45° con respecto al pase de ROME, el subsolador constaba de 5 cinceles curvos de 28 pulgadas de longitud y la velocidad de trabajo fue de 6 km h⁻¹ porque se encontraba compacto.



Figura 1. ROME (descepado 1er pase), Ingenio San Antonio, marzo 2016.

4.1.2 Selección de la variedad de caña de azúcar para experimentos (curvas de madurez en vivas código 11050).

Se realizó la visita al laboratorio (vivero) ubicado en los Brasiles-Managua donde son recibidas las diversas variedades de caña de azúcar procedentes de EE. UU, se asigna una persona (operario) para darle mantenimiento por el tiempo de un año, posteriormente se estudian las variedades mediante experimentos situados en vivas (código 11050) en SER San Antonio.

Los Experimentos se siembran en semilleros de uno y dos surcos:

El de un surco es para realizar el muestreo de azúcar periódicamente en determinadas fechas.

El de dos surcos se corta la semilla para multiplicarlo en un semillero de cinco surcos por diez metros de largo por cada variedad, habiéndose escogido las variedades más sanas y con mejor azúcar pueden ser 20 metros a 30 metros lo estipulado y de estos semilleros se extrae la semilla para la siembra de los experimentos (curvas de madurez) las cuales se introducen 12 variedades obviamente las más sanas y mejor rendimiento. En estas curvas se le da un seguimiento por tres años, siendo en cada año el filtro de curvas de enfermedades.

4.1.3 Siembra para experimentos de curvas de madurez en vivas 11050)

La siembra de la caña empieza en el mes de noviembre con el inicio de la Zafra y concluye en el mes de julio con la Zafrita, que es la siembra temporal de caña, Esta se realiza mediante prácticas modernas de agricultura, haciendo uso de tecnología láser y GPS. Se hace de forma manual en un 56% del terreno cultivable y de manera mecanizada en el resto del área (44 %).

Para los Experimentos del área de variedades de caña de azúcar se realiza la siembra de manera manual tomando 6 esquejes por 1 metro, es decir **siembra triple** de la variedad **CP 72-2086** (se pone en el surco 3 esquejes de 20 pulgada ósea que en 40pulgadas alcanzan los 6 esquejes que sería el metro de siembra) ver figura 3, El mismo día se realizó el tapado con azadón, posteriormente se aplicó riego por gravedad, proveniente de la presa san ramón y se rego cada 12 días en suelo franco (**vivas**) y en suelo arcilloso (**Borrel**) cada 20 días.



Figura 2 Siembra para Experimentos vivas código (11050), Ingenio San Antonio, febrero 2016.

El Ingenio San Antonio cuenta con sistemas de riego que utiliza tecnología que permiten ahorrar el gasto de agua con el fin de mejorar la producción, Los tipos de riego que se efectúan son riego por **gravedad**, por **pivote**, por **aspersión** y por **goteo**.

En los experimentos de vivas (código del lote 11050) se aplicó el riego por gravedad donde la presa (San Ramón, ubicada en el Ingenio San Antonio) abastecía un seccionado de tierra, creado por un tractor pasadisero, donde el agua circula por gravedad hasta llegar a los experimentos filtrándose entre los surcos. La labor se realizaba con operarios que con pala abren el paso del agua.

El trabajo consistió en supervisar la ejecución de la actividad de riego por todo el experimento y evitar alguna erosión o desborde del agua sobre los surcos, lo que ocasiona pérdida de tiempo que incurren en gastos en las reparaciones al utilizar el personal o maquinaria.



Figura 3. Riego por gravedad, Ingenio San Antonio, febrero 2016.

La extracción de las macollas se realiza anualmente para la etapa de madurez el cual se extrae dos macollas (30 tallos) por cada variedad, luego se etiquetan con (sticker) por pares para llevarse al laboratorio (de información agrícola), donde se realiza el peso de las macollas y luego extraer el jugo de la caña (molino) para finalmente procesar los porcentajes de azúcar (%) de cada variedad.



Figura 4. Extracción de muestras (macollas variedad CP 72-2086), Ingenio San Antonio febrero 2016.

4.1.4 Monitoreo de Plagas (Trampas para ratas)

Se realizó la actividad del monitoreo de plaga de ratas, de manera que dos operarios armaron las trampas con sus respectivos cebos que son trozos de cañas mezclados con vainilla también existe otra aplicación que es el recuming (maíz quebrado con aceite), el objetivo es armar todo el número de trampas y ser ubicadas en el perímetro de la parcela con afectación, , en uno de tantos monitoreos se atraparon (294 ratas de 350 trampas ubicadas en las parcelas experimentales de vivas código 11050), este monitoreo fue supervisado periódicamente (cada ocho días) manteniéndose la primera aplicación ya que se observó que el roedor era atraído más por la aplicación de vainilla y trozos de caña, la actividad se programó hasta la cosecha.

Las ratas y ratones se reproducen y desarrollan con rapidez, especialmente cuando las condiciones ambientales son favorables. En países tropicales como el nuestro son continuos los ciclos de reproducción por lo que puede ser considerable el daño de las ratas en los tallos de la caña, si las infestaciones son altas puede tener un 10 % de daños por rata.



Figura 5. Ubicación de Trampas para Ratas en los Experimentos, Ingenio San Antonio febrero 2016.

4.1.5 Control de malezas experimento vivas (código del lote 11050)

Se llevó a cabo la aplicación del herbicida (pre emergente) la actividad con el fin de que todo el producto fuese bien distribuido y bien aplicado para buscar el objetivo de evitar la germinación de malezas, el control se realizó de manera manual a los cinco días después de la siembra luego de la aplicación del pre emergente los trabajadores (operarios) utilizaron machetes, azadones y ganchos de madera para eliminar las malezas o plantas indeseables (**voluntarias - rottboellia, zacate de gallina - cynodon**) que se encontraron dentro de los surcos y calles, colabore en dicha actividad al brindar mi apoyo físico tomando el azadón para eliminar malezas y se realizaba tomando dos surcos de ida y dos de vuelta con el fin de obtener avance en esta labor. Luego de cuatro meses se volvió aplicar el herbicida post emergente que es la última aplicación.

Existe también la aplicación de manera mecanizada para otras zonas o regiones en estos experimentos no se usa la aplicación mecanizada al menos sea caso sea necesario por lo general los experimentos son tratados de manera manual ya que son parcelas de menores hectáreas. Por ello el control químico es de aplicación terrestre manual donde un operario con el debido equipo de protección manipula una bomba de mochila.

4.2 Funciones de Trabajo en el área de control calidad

El responsable del equipo de trabajo de control calidad Ing. David Linarte quien asigno llevar los registros de la pluviometría en el monitoreo del pivote de riego Nipororo código (65018). Por lo que este experimento está orientado al perfil de mi carrera de ingeniería agrícola por ello es una de las razones que considere de mucha importancia abordar esta actividad como tema de pasantía, como extra plan de trabajo abordamos ciertas actividades que menciono a continuación:

4.2.1 Muestreos de Despoblaciones

La actividad consistió en llevar a cargo un grupo de cuatro operarios para evaluar el porcentaje de despoblación de un determinado lote.

El procedimiento que se realizó fue valorar por medio de muestreos (los espacios que no tiene planta germinada), a partir de un metro a más, se considera como despoblado, los operarios se extienden en las entradas del lote ingresan al campo para avanzar de un extremo a otro y cada quien abarca un radio visual de manera que tengan la máxima cobertura para realizar un muestreo preciso, luego los datos son llevados a la oficina y se ingresan al programa Biosalc para determinar el porcentaje (%) despoblado, para que un lote sea removido se considera el 30 % de despoblación, si el resultado es de un 15 % o 20 % de despoblación entonces pasa a manos de la resiembra estos parámetros se basan en una toma de decisión en cuanto a la rentabilidad de producción de dicho lote.

4.2.2 Calibración de Equipos con fertilizantes

Se Calcula mediante la formula siguiente:

$60 \times 40 \div 18 \text{ segundos} \times 3.50 \times 900 \div 10,000 \text{ m}^2 = 41.99$ libras es la descarga del equipo a esa dosis y velocidad.

Descarga por minuto: 60 s.

Recorrido en (metros): 40 metros.

Velocidad del Equipo en segundos a 8 km h^{-1} : 18 s

Ancho de labor entre surco: 3.50

Dosis en lbs: 900 libras

1 ha: 10 000 m^2

Variantes son: Velocidad, Ancho de Labor, Dosis \times ha

4.2.3 Evaluación de Equipo e Implementos de Siembra Mecanizada

La Empresa SER San Antonio ha implementado un sistema de manejo integrado de plagas que hace énfasis en el control biológico como componente principal, eliminando casi en su totalidad el uso de pesticidas.

En 1992 inició el control biológico en la caña de azúcar y cuenta con técnicas avanzadas para el monitoreo de plagas, tales como sistemas de posicionamiento geográfico y esquemas de monitoreo. Desde el año 2000 dispone de un laboratorio de producción de hongos entomopatógenos para el control de plagas y se implementa al momento de la siembra mecanizada con (dosis de 15 a 20 L/ha de hongo combinado con un volumen de agua de 500 L/ha), además de ser utilizados en el Ingenio también se comercializan a nivel nacional (otros ingenios azucareros y productores cafetaleros), así como internacionalmente (El Salvador y Honduras).

Se utilizan dosis mínimas de insecticidas de baja toxicidad y sólo en ocasiones muy puntuales y en áreas muy limitadas de siembra. Dadas estas características, no hay ningún efecto contaminante, además de que su aplicación se da en áreas alejadas de las poblaciones.

Para sus prácticas agrícolas, emplea agroquímicos que fundamentalmente son fertilizantes y herbicidas y en mucho menos incidencia algunos rodenticidas, más una cantidad no significativa de insecticidas para el control de malezas, plagas y enfermedades de la caña.

Todos los productos cuya toxicidad requiere aprobación por los entes autorizados, la tienen al ingresar al país, estos productos se registran en el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), previo a los avales toxicológicos y eco toxicológicos emitidos por el Ministerio de Salud y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), respectivamente. A su vez están registrados en la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).



Figura 6. Sembradora con aplicación de producto (Hongo entomopatógenos), Ingenio San Antonio, mayo 2016.

4.2.4 Evaluación de Láminas de Riego para el sistema de riego por pivote frontal en Nipororo código (65018)

La evaluación del sistema de riego por pivote frontal en el lote de “Nipororo, código 65018” surge por el resultado inaceptable en los coeficientes de uniformidad del pivote “La puerta 14050” por lo tanto se realizó la evaluación del pivote Nipororo del código 65018.

La participación en el equipo de control calidad consistió en tomar los datos de la pluviometría, tomar la humedad del suelo haciendo uso del instrumento (TDR300), luego de cada monitoreo en el campo ingresaba los datos a una matriz digital (Biosalc), chequeaba los parámetros del pivote (velocidad de avance, velocidad del viento, caudalímetro, presión, presencia de alguna fuga ya sea en sus torres o en la tubería del pivote y revisión de boquillas.

V. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLADO

5.1 Pivote de avance frontal (Lote Nipororo, Código 65018)

La Evaluación del pivote se realizó en el lote de **Nipororo** Código **65018**, ubicado en la empresa exportadora de azúcar, energía y etanol SER San Antonio, municipio de Chichigalpa, departamento de Chinandega, Nicaragua; variedad de caña **CP-73-1547**, tipo de suelo franco arcilloso y sistema de riego de avance frontal. El estudio inicio el día **15 de marzo al 28 de abril del 2016**.

La superficie total es de 29 manzanas con una distancia de 709 metros lo que recorre el pivote en el lote Nipororo y con un ancho del lateral de 270 metros de las cuales son abastecidas por una bomba cuya potencia es de (850 galones/minuto).

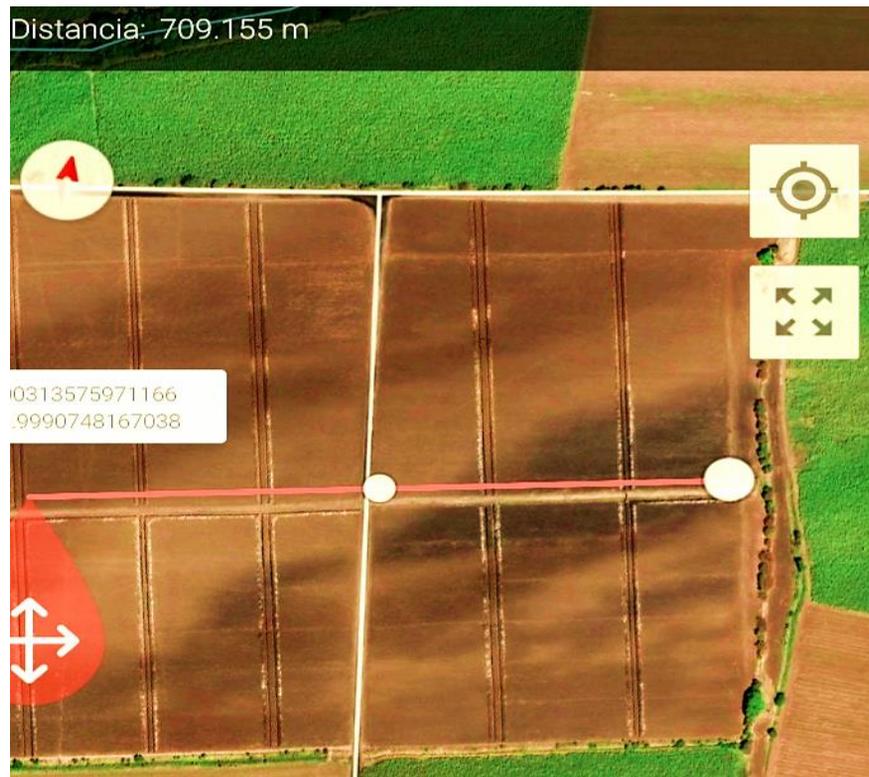


Figura 7. Ubicación por QFields del lote Nipororo - código 65018, Ingenio San Antonio, marzo 2016.

El pivote Nipororo (65018), es una estructura de acero galvanizado o aluminio, armada sobre 6 torres de metal, cada torre se mueve sobre dos ruedas (gomas) propulsadas por motores eléctricos, los cuales se abastecen de energía producida por un generador que se ubica a un extremo del pivote, mediante una tubería metálica transporta el agua hacia el cultivo (caña de azúcar, *Saccharum officinarum*) a lo largo de la tubería cuelgan bajantes cuyos aspersores están ubicados a distancias variables del suelo (como mínimo 60 cm de altura y máximo 93 cm de altura); cada tramo va

unido a una torre soportado y articulado con el tramo anterior; es importante que las torres avancen siguiendo siempre la misma línea.

Este sistema es accionado por una caja de control (manipulado por un operador asignado al pivote) que permite el avance de manera frontal regando una superficie total de 20 hectáreas es decir 29 manzanas, una trocha principal divide en 2 cuadros el código de Nipororo y a lo largo del área existen alimentadores de agua (hidrante) cada 300 metros.

Es necesario mencionar que al terminar un circuito de riego se modifica manualmente la dirección de las ruedas y son tirados por un tractor desde uno de sus extremos en sentido a las agujas del reloj hasta el siguiente circuito de riego ya que el pivote irriga otros códigos, pero la evaluación solamente se hizo en el código (65018), el sistema de pivote frontal demanda más mano de obra que el fijo (circular), sin tomar en cuenta otros gastos que mantiene este sistema en mano de obra.

La información disponible en este sistema permite determinar condiciones de trabajo, por ejemplo:

Caudalímetro 800 gal min⁻¹



- Presión del sistema.
- Dirección de la marcha (atrás o adelante).
- Funcionamiento en húmedo.
- Funcionamiento en seco.
- Velocidad del sistema (%).
- Tiempo de funcionamiento.
- Caudal.
- Velocidad actual del viento (con sensor de viento).
- Acumulación de aguas lluvias (con sensor de lluvia).

La separación entre torres varía entre 25 y 75 metros, aunque las más frecuentes son de unos 38mts (tramo corto) y 50mtrs (tramo largo). la distancia del primer tramo que es más corto es de 40 metros y los otros cinco tramos son de 46 metros, los de tramo largo son más económicos que los de tramo corto lo único que no se adaptan mejor a ondulaciones del terreno y al transmitir más peso hay mayores posibilidades de atascos, la pendiente oscila entre (0 a 1 %) se estima que la inversión por hectárea regada disminuye al aumentar la longitud del equipo, aunque el costo de aplicación de agua permanece constante teniendo en cuenta los gastos energéticos a medidas de la cantidad de hectáreas.

La evaluación del experimento Nipororo (65018) inicio el día 14 de marzo del 2016 en el Ingenio San Antonio; con la instalación de las estaciones para el monitoreo de humedad del suelo, como

se ha mencionado antes el pivote se estructura por seis tramos donde el primer tramo es de menor distancia por lo tanto las estaciones fueron ubicadas de la siguiente forma:

- Tomamos la distancia de cada tramo divididas entre 2 para proporcionar que las estaciones queden en posición central a los tramos del pivote.



Figura 8. Estaciones para la toma de humedad en surco y calle, Ingenio San Antonio, marzo 2016.

- Señalización de las estaciones con estacas de madera ubicándoles tiras de bolsas plásticas para resaltar su ubicación a medida que el cultivo pasara las etapas de desarrollo y luego marcas con GPS las 12 estaciones es decir (realice 24 lecturas 12 en surco y 12 en calle (talud) para tomar los datos de humedad.
- Los Pluviómetros se revisaron antes de ubicarlos para detectar algún daño y evitar el error en las lecturas del riego.
- Posteriormente ubicación de 51 pluviómetros a lo largo del pivote a cada 5 metros de distancia en posición lineal, el total de bajantes son (105 bajantes), 15 para el primer tramo y 18 para los tramos restantes, la ubicación de los pluviómetros empezó del tramo más corto tomando de referencia el 3er bajante ya que un bajante voladizo estaba en posición nula y los 2 bajantes iniciales los descartamos por daños en las mangueras (rotas).



Figura 9. Ubicación de Pluviómetros y estaciones de humedad, Ingenio San Antonio, marzo 2016.

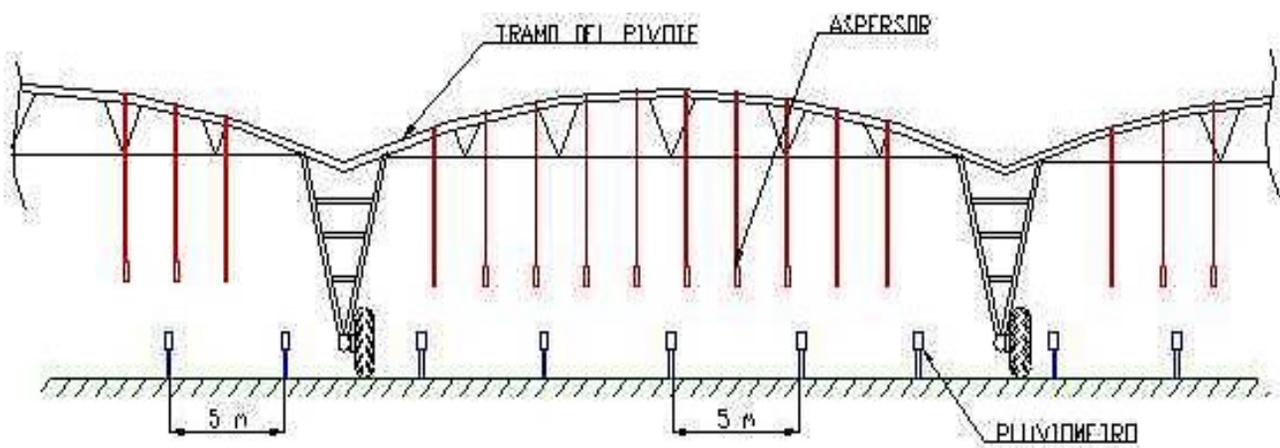


Figura 10. Dibujo del Pivote frontal, Ingenio San Antonio, abril 2016.

Luego de realizar la instalación de los pluviómetros se tomó la altura de los bajantes del suelo a los difusores o boquillas, lo cual varía por las ondulaciones del terreno y el diámetro de boquilla o difusor de cada bajante es de 16.



Figura 11. Altura de los bajantes hasta sus difusores, Ingenio San Antonio, marzo 2016.

5.2 ¿Qué es TDR300?

El sensor o medidor de humedad del suelo FIELDSCOUT TDR 300 es un instrumento electromagnético práctico a la hora de evaluar la efectividad del riego. Permite tomar mediciones del contenido volumétrico de agua a diferentes profundidades (3.8, 7.5, 12 o 20 cm) gracias a sus probas o puyas (**Anexo 6**) de diferente longitud pudiendo así medir la humedad real que está en contacto con las raíces del cultivo.



Figura 12. Lectura con TDR300, Ingenio San Antonio, abril 2016.

El TDR300 tiene dos modos de contenido volumétrico de agua; uno para suelos estándares y otro para suelos más arcillosos.

En el modo VWC (contenido volumétrico de agua) el medidor convierte una señal eléctrica en % de humedad de suelo utilizando una ecuación válida para un amplio rango de suelos minerales. En el modo de Irrigación, el medidor muestra el contenido relativo de agua (RWC) en una escala de 0 a 100 correspondido a una modalidad elegida por el usuario definiendo como un suelo de alta o baja humedad como parámetro de comparación.

Existen otros métodos para medir humedad como: tensiómetro y sensores de matriz granular (GMS) que miden el potencial mátrico y la sonda de neutrones que utiliza fuentes radioactivas.

5.3 Toma de pluviometrías y lecturas de humedad

El día **15 de marzo del 2016** se realizó la primera toma de datos de pluviometría y en el mismo día la toma de datos de humedad del suelo con el instrumento TDR 300.



Figura 13. Monitoreo de la Humedad en la etapa de (germinación y emergencia), Ingenio San Antonio, marzo 2016.

Los datos de lluvia asperjada por el pivote fueron extraídos de los pluviómetros que están graduados con la unidad de medida (pulgadas), estos datos fueron anotados en el formato de pluviometría, donde contiene el número de bajantes por tramo, pluviómetros por tramo y la lectura de irrigación. De igual manera los datos de humedad están contenidos en otro formato para luego introducirlos en una tabla Excel y ser promediados.

→ Fecha **24 de marzo** nuevamente realice la toma de los datos de pluviometría, chequeando las cantidades de agua contenida en los pluviómetros en (pulgadas), también tome la humedad de suelo con el TDR300 en esta lectura reporte la observación de una fuga en una torre del pivote.

→ Fecha **25 de marzo** hasta la **fecha 02 de abril** tome las lecturas de humedad y las realice por días intermedios, donde observamos que el pivote tuvo un intervalo de riego de **9 DDR** (días después de riego) con un porcentaje de humedad del 23.10 % formando la conclusión que la humedad del suelo se encontraba aun en la condición aprovechable.

→ Fecha del **04 de abril** realice la 3ra evaluación de pluviometría y el valor de la lámina fue de **32.62mm** por lo que la humedad en el suelo tuvo un valor de **38.35 %**, las lecturas las tome en el surco y en borde del talud promediando los valores de ambas lecturas y tomando la media total de las 12 estaciones.

→ Fechas **06 de abril** hasta **16 de abril** fueron los días que realice las lecturas de humedad con TDR300 tomando la humedad por días intermedios, notamos mediante los datos digitados que el paso del pivote tendría un intervalo de **12 DDR** (días después de riego) la causa o justificación se debe a que el pivote se estaciono 3 días por el acarreo de caña de otra manera lo hubiese hecho en **9DDR** (días después de riego).



Figura 14. Pivote estacionado por paso del acarreo, Ingenio San Antonio, abril 2016.

→ Fecha **17 de abril** se realizó la 4ta evaluación de pluviometría, donde el pivote paso a las 6:00 a.m. y las lecturas de humedad la iniciamos a las 8:30 a.m. el valor de la lámina fue de **37.74mm** y el porcentaje de humedad fue de **38.23 %**.

→ Fechas **18, 20, 22, 24** y **26 de abril** tome los porcentajes de humedad, donde el día **18 de abril** tuve un valor de **35.03%** y para el día **26 de abril** note una reducción de humedad con un valor de **21.70%**.

Para la última evaluación con fecha del **28 de abril** tome la lectura de cada pluviómetro y de las estaciones de humedad, posteriormente ingrese los datos al programa biosalc y como promedio tuve una lámina de **38.35 mm**.



Figura 15. Lectura de Pluviómetro, Ingenio San Antonio, marzo 2016.

5.4 Definiciones

Para el monitoreo de un Sistema de Riego es necesario determinar los contenidos de humedad de un suelo e identificar su condición: (**Capacidad de Campo, Punto de Marchitez, Límite Productivo y la Humedad Aprovechable**).

5.4.1 Capacidad de Campo (CC):

Es el contenido de agua de un suelo, después que ha sido mojado abundantemente y se ha dejado drenar libremente, evitando las pérdidas por evapotranspiración. Es decir, corresponde al contenido de agua del suelo a una tensión a la cual el agua está retenida, cuando se está a CC varía entre 1/10 de atmósfera para suelos arenosos y 1/3 de atmósfera para suelos arcillosos potencial mátrico del agua de 0.33 bares. Normalmente este contenido de agua se toma alrededor de 24 a 48 horas después de un riego o lluvia abundante, teniendo la precaución de cubrir el suelo con un plástico para evitar la evaporación.

5.4.2 Punto de Marchitez Permanente (PMP):

Es el contenido de agua de un suelo al cual la planta se marchita y ya no recobra su turgencia al colocarla en una atmósfera saturada durante 12 horas. Por convención corresponde al contenido de agua a una tensión o potencial métrico de 15 bares.

5.4.3 Limite Productivo (LP):

Condición de contenido hídrico en el suelo radical (superior o inferior) que determina el intervalo de agua útil para el cultivo.

A través de experiencia se ha demostrado que no se debe de permitir que los cultivos consuman el 100% de humedad aprovechable o disponible en el suelo, es decir que no se debe permitir que la humedad del suelo baje desde capacidad de campo hasta el punto de marchitez permanente, porque la producción del cultivo disminuirá. El porcentaje al cual se permite bajar la humedad del suelo antes de regar sin que la producción disminuya se le denomina punto crítico y se encuentra entre el valor de capacidad de campo y punto de marchitez permanente. El punto crítico varía con el tipo de cultivo, etapa de desarrollo del cultivo, suelo y clima y debe ser evaluado en Experimentos.

Existen otros métodos (directos) para calcular las láminas de agua bruta:

Es la mayor cantidad de agua que un suelo puede almacenar, y es la cantidad de agua que debemos dar al suelo en el primer riego para llevarlo a capacidad de campo, ya que éste se encuentra en punto de marchitez permanente.

5.4.4 Ecuación para calcular lámina de agua Bruta:

$$db = \frac{CC - P.M.P.}{100} * DA * Zr$$

Dónde:

db = lámina de agua bruta (cm).

CC = capacidad de campo en %.

P.M.P. = punto de marchitez permanente en %.

DA = densidad aparente g/cc.

Zr = zona radical del cultivo (cm).

5.4.5 Lámina de agua Neta:

Es la cantidad de agua que se debe reponer al suelo con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración. Una vez que se le ha dado al suelo una lámina de agua bruta (db), es decir que se ha llegado a capacidad de campo, el cultivo empieza a perder agua por evapotranspiración si se deja que pasen muchos días la planta empieza a sufrir un estrés hídrico, por lo que se recomienda reponer una cantidad de agua antes de llegar a este estrés, y ésta depende del cultivo, a este punto se le denomina (D.P.M).

5.4.6 Para calcular la Lamina Neta se Aplica la siguiente Fórmula:

$$dn = \frac{CC - P.M.P.}{100} * Da * Zr * UR$$

Dónde:

dn= lámina de agua neta (cm).

C.C= Capacidad de campo en %.

P.M.P.= Punto de marchitez permanente en %.

Da= densidad aparente en g/cc.

Zr= zona radicular del cultivo (cm)

UR o DPM = umbral de riego o déficit permitido de manejo.



Figura 16. Esquema de Distribución de Agua a medida que disminuye la humedad en el suelo.

5.4.7 Patrón de distribución

La uniformidad de aplicación de agua es un importante criterio para el diseño y evaluación del pivote. Sin embargo, la lámina de aplicación del sistema no es uniforme a través del campo y depende de los aspersores, topografía, movimiento de la máquina y muchos otros factores. Numerosos coeficientes de uniformidad (CU) han sido desarrollados en las últimas décadas. En general, pueden ser clasificados en dos categorías: ponderados por área y no ponderados. Los CU no ponderados por área son calculados directamente desde las observaciones (reales o simuladas) asumiendo que cada observación representa la misma área de suelo. Los CU ponderados son más adecuados para pivotes, puesto que el área de influencia de los aspersores es aumentada hacia el extremo externo del equipo.

VI. RESULTADOS OBTENIDOS

Cuadro 1. Monitoreo del pivote Nipororo 65018, Ingenio San Antonio, 2016

Fechas	% Humedad TDR300	Pluviometría (mm) Láminas	DDR (días después de riego)
15/3/2016	46.23	32.09mm	0
17/3/2016	36.48		2
19/3/2016	30.90		4
21/3/2016	28.46		6
23/3/2016	25.34		8
24/3/2016	56.04	36.11mm	0
25/3/2016	43.73		1
27/3/2016	34.37		3
29/3/2016	30.53		5
31/3/2016	25.46		7
2/4/2016	23.10		9
4/4/2016	38.35	32.62mm	0
6/4/2016	32.20		2
8/4/2016	27.91		4
10/4/2016	25.75		6
12/4/2016	23.02		8
14/4/2016	21.35		10
16/4/2016	18.89		12
17/4/2016	38.23	37.74mm	0
18/4/2016	35.03		1
20/4/2016	28.78		3
22/4/2016	23.84		5
24/4/2016	22.85		7
26/4/2016	21.70		9
28/4/2016	36.55	38.35mm	0

Fuente Propia.

Observación: En la fecha **29/04/2016** con (**15.79mm de precipitación**) y fecha **01/04/2016** con (**58.93mm de precipitación**) fueron las causas que interrumpieron el monitoreo del pivote, por tanto, se tomó la decisión de concluir el monitoreo hasta la fecha **28/04/2016**. Se considera que la estructura de suelo es arcillosa, rica en microporos y por tener una capacidad elevada de retención del agua, aunque puede manifestar una escasa aeración. A partir de estas características del suelo se consideró aprovechar las precipitaciones ahorrando la demanda de agua y economicidad en el sistema.

Cuadro 2. Datos de Laboratorio

Franco Arcilloso:	Clay Loam
Punto de marchitez:	21.60 %
Capacidad de Campo:	35.50 %
Saturación:	48.7 %
Capacidad de Agua disponible:	35.50 – 21.6 = 13.9 %
El límite productivo es el 30% de la CC 25.77%	LP= 72.59 % cc
materia Orgánica= 3.33%	

Cuadro 3. Evaluación de Pluviometría del Pivote Nipororo 65018 (Programa Biosalc)

Tramos	# Bajante	Pluviómetro	Altura (cm)	PLG. /20% Lect. Pluvio.	Prom. /20%	Tipo Boquilla
					1.26	
Tramo 1	3	1	84.00	0.83	1.26	16.00
Tramo 1	5	2	80.00	1.45	1.26	16.00
Tramo 1	7	3	93.00	1.40	1.26	16.00
Tramo 1	10	4	90.00	1.30	1.26	16.00
Tramo 1	12	5	82.00	1.40	1.26	16.00
Tramo 1	14	6	82.00	0.92	1.26	16.00
Tramo 2	1	7	72.00	0.96	1.26	16.00
Tramo 2	3	8	83.00	1.50	1.26	16.00
Tramo 2	5	9	80.00	1.25	1.26	16.00
Tramo 2	7	10	75.00	0.96	1.26	16.00
Tramo 2	9	11	80.00	1.40	1.26	16.00
Tramo 2	11	12	85.00	1.55	1.26	16.00
Tramo 2	13	13	88.00	1.65	1.26	16.00
Tramo 2	15	14	86.00	2.20	1.26	16.00
Tramo 2	17	15	70.00	1.20	1.26	16.00
		Promedio	78.24	1.51		
		Máximo	93.00	2.75		
		Mínimo	60.00	0.80		
		STDV	8.20	0.46		
		CV%	10.48	30.52		

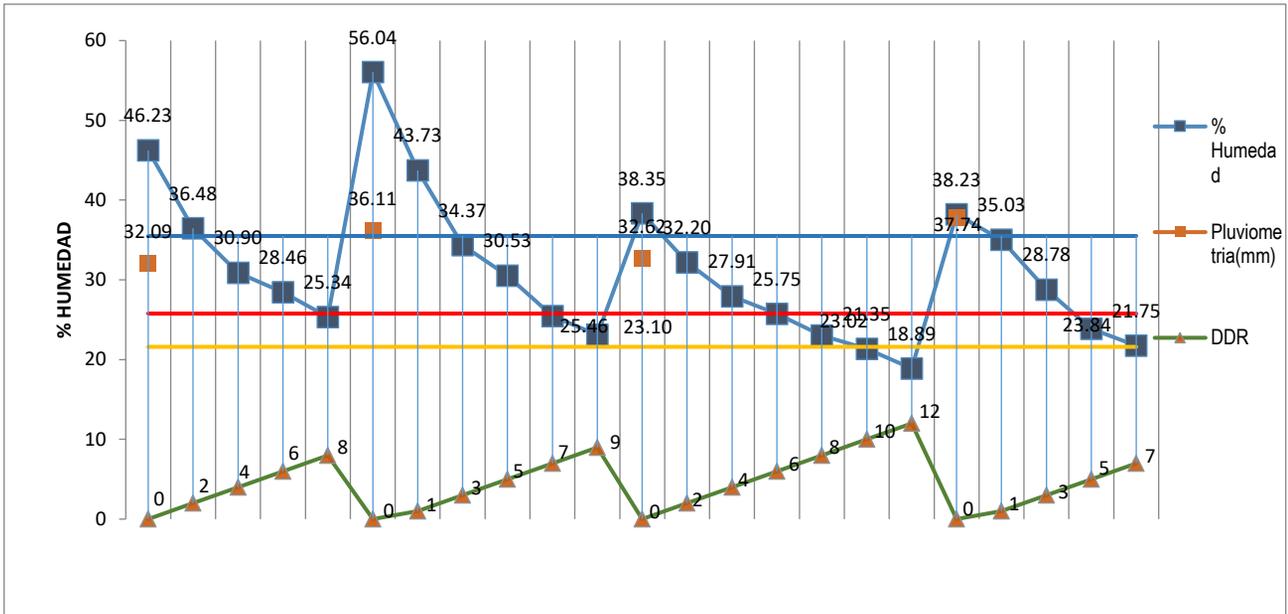


Figura 17. Gráfico de Monitoreo (Pivote Nipororo 65018)

Según la gráfica de monitoreo de humedad vemos las condiciones del suelo como: capacidad de campo (CC), límite productivo (LP) y su punto de marchitez (PMP) exponiendo como resultado un valor máximo de **56.04% de contenido volumétrico de agua el (24-03-16)** y un valor mínimo de **18.89% el (16-04-16)** llegando a punto de marchitez.

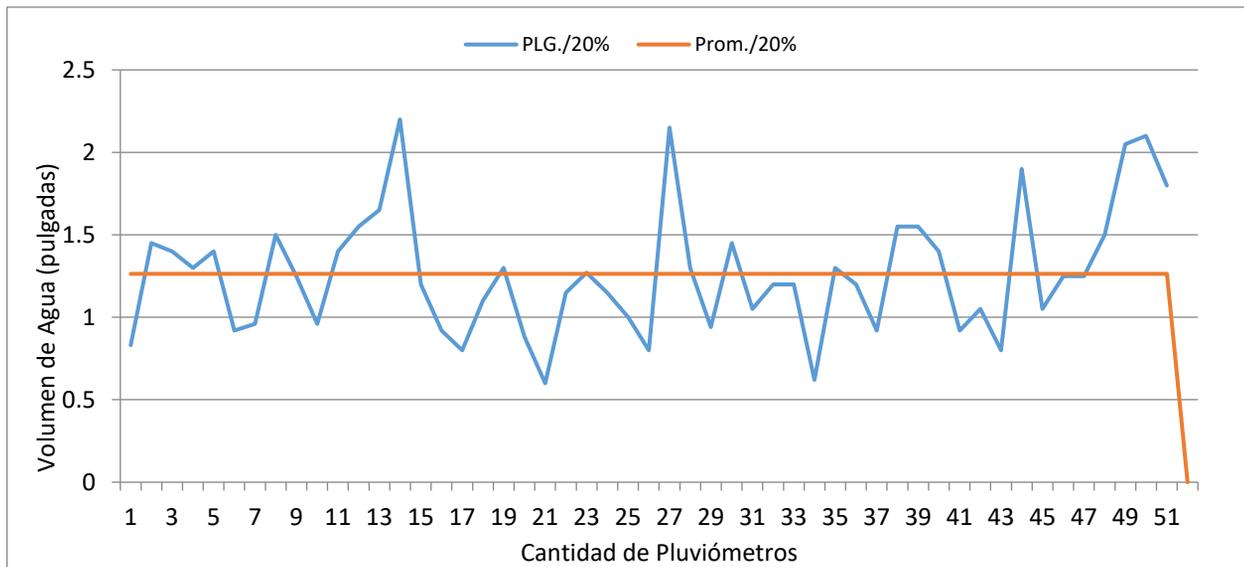


Figura 18. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 1)

Cuadro 4. Evaluación 1 del pivote de riego Nipororo, Ingenio San Antonio Fecha: **15-03-16**

Código – Nombre	Área (Mz)	Variedad	Sistema	Clasificación	Semáforo	Coefficiente de Uniformidad	
65018 NIPORORO 1	29.00	VARIAS	Pivote Lateral	Buena		79.06	
Total, de Pluviómetros	No. Tramos	Bajantes /Tramo	Bajantes / Voladizo	Total, Bajantes	Velocidad del viento (Km/H)	Altura emisores (cm)	Velocidad de Avance
51	6	18	0	105	3.5	60 - 93	20%
							Presión (PSI)
Observaciones	32.09	mm					27

Según la evaluación 1 se observa que cumple con los parámetros de coeficiente de uniformidad permisible, así como lo indica el semáforo de distribución, marcando un color verde con una clasificación buena de 79% de coeficiente de uniformidad (valor >85% = excelente; 75-85%= Buena; Valor <75%= inaceptable). Promedio de lectura en pluviómetros = 1.26pulgadas (32.0 mm).

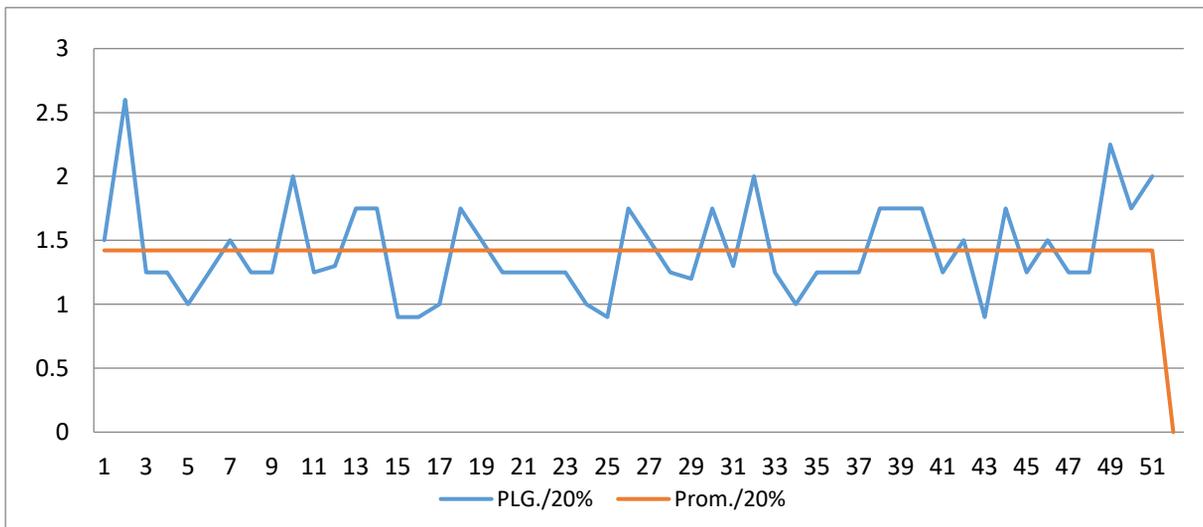


Figura 19. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 2)

Cuadro 5. Evaluación 2 del pivote de riego Nipororo

Fecha: **24-03-16**

Código – Nombre	Área (Mz)	Variedad	Sistema	Clasificación	Semáforo	Coefficiente de Uniformidad	
65018 NIPORORO 1	29.00	VARIAS	Pivote Lateral	Buena		82.42	
Total, de Pluviómetros	No. Tramos	Bajantes /Tramo	Bajantes / Voladizo	Total, Bajantes	Velocidad del viento (Km/H)	Altura emisores (cm)	Velocidad de Avance
51	6	18	0	105	5	60 - 93	20%
Observaciones	36.11	mm					Presión (PSI)
							30

La segunda evaluación también cumple con el parámetro de aceptable como lo indica el semáforo de distribución marcando un color verde con un coeficiente de uniformidad de 82.42% y clasificación (buena), notamos el aumento de la velocidad (5km/h) en comparación a la evaluación 1 que fue de 3.5km/h vemos también el incremento de la presión con un PSI de (30) para la segunda evaluación mientras un PSI de (27) para evaluación 1 donde:

Evaluación 1; lamina (32.09mm) < Evaluación 2; lamina (36.11mm).

Promedio de Lectura de Pluviometría = 1.42pulgadas (36.06mm).

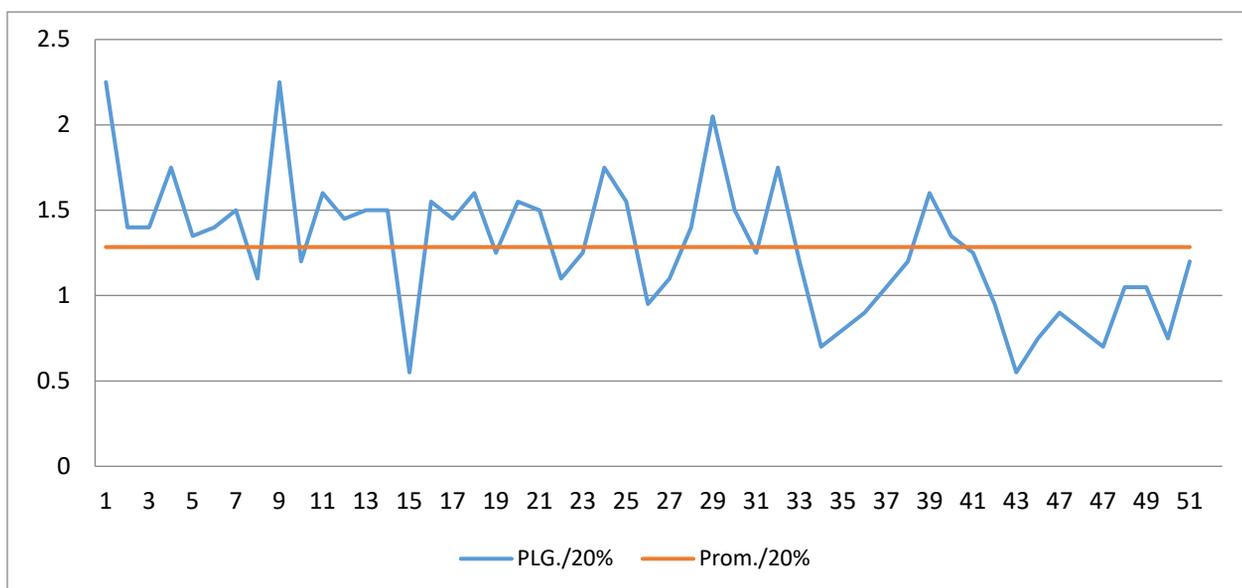


Figura 20. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 3)

Cuadro 6. Evaluación 3 del pivote de riego Nipororo. Fecha: **04-04-16**

Código - Nombre	Área (Mz)	Variedad	Sistema	Clasificación	Semáforo	Coefficiente de Uniformidad	
65018 NIPORORO 1	29.00	VARIAS	Pivote Lateral	Buena		76.51	
Total, de Pluviómetros	No. Tramos	Bajantes /Tramo	Bajantes / Voladizo	Total, Bajantes	Velocidad del viento (Km/H)	Altura emisores (cm)	Velocidad de Avance
51	6	18	0	105	4.5	60 - 93	20%
Observaciones	32.62 mm						Presión (PSI)
							28

En la tercera evaluación nuevamente se cumple el parámetro de distribución, indicando un semáforo color verde con un coeficiente de uniformidad de (76.51%) y clasificación buena observándose que tanto la velocidad del viento (4.5km/h) como la presión (28 PSI) disminuyeron en lo que el pivote aplicó una lámina de (32.62mm) similar a la primera evaluación.

En pocas palabras la interpretación de la pluviometría dice que el promedio de lectura en las estaciones por donde asperjo el pivote fue de:

Lámina de riego de 04 – 04 – 16 → 1.28pulgadas = 32.5 mm

1pulgada = 25.4mm

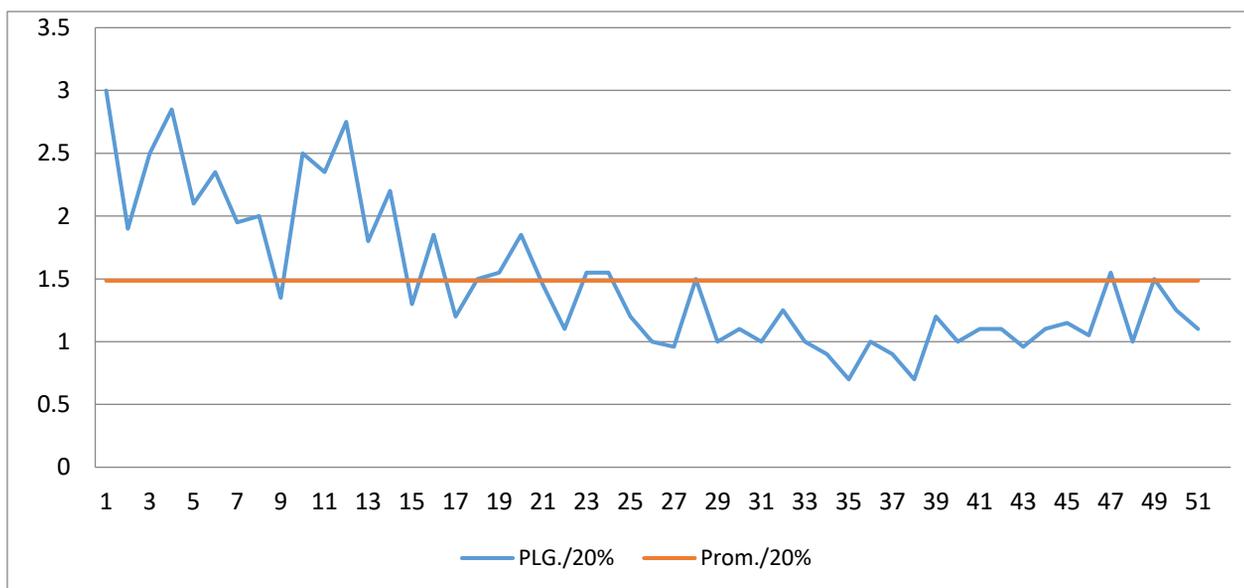


Figura 21. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 4)

Cuadro 7. Evaluación 4 del pivote de riego Nipororo Fecha: **17-04-16**

Código – Nombre		Área (Mz)	Variedad	Sistema	Clasificación	Semáforo	Coefficiente de Uniformidad
65018 NIPORORO 1		29.00	VARIAS	Pivote Lateral	Inaceptable		72.23
Total, de Pluviómetros	No. Tramos	Bajantes /Tramo	Bajantes / Voladizo	Total, Bajantes	Velocidad del viento (Km/H)	Altura emisores (cm)	Velocidad de Avance
51	6	18	0	105	5	60 - 93	20%
							Presión (PSI)
Observaciones	37.84	mm					28

La Cuarta evaluación se clasifica como inaceptable porque el valor del coeficiente de uniformidad es de **(72.23%)**.

Se observó mucha Variabilidad en la Distribución de agua con un CV% de 39.20 es decir más alto que las demás de las evaluaciones.

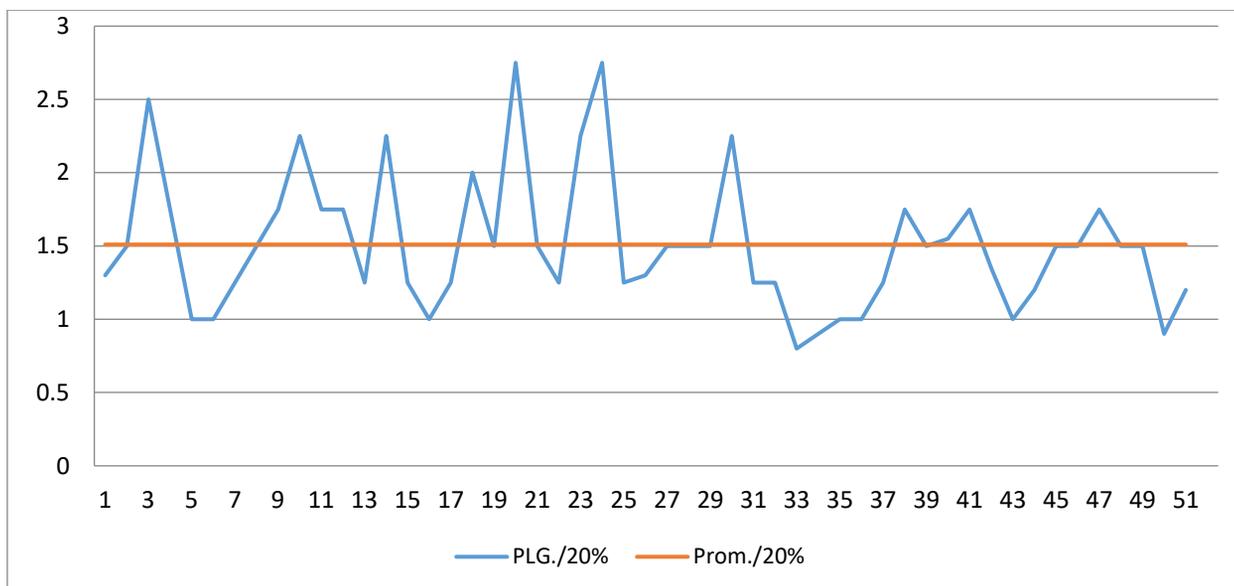


Figura 22. Comportamiento de la humedad del suelo (Evaluación 5)

Cuadro 8. Evaluación 5 del pivote de riego Nipororo Fecha: 28-04-16

Código - Nombre	Área (Mz)	Variedad	Sistema	Clasificación	Semáforo	Coefficiente de Uniformidad	
65018 NIPORORO 1	29.00	VARIA S	Pivote Lateral	Buena		83.64	
Total, de Pluviómetros	No. Tramos	Bajantes /Tramo	Bajantes / Voladizo	Total, Bajantes	Velocidad del viento (Km/H)	Altura emisores (cm)	Velocidad de Avance
51	6	18	0	105	5	60 - 93	20%
Observaciones	38.35 mm					Presión (PSI)	28

En la quinta evaluación la distribución de humedad fue con clasificación buena indicando un semáforo color verde, con 83.64% de coeficiente de uniformidad y una lámina de 38.35mm en la pluviometría.

VII. CONCLUSIONES

El monitoreo del pivote Nipororo (65018) permitió entender el comportamiento del suelo con respecto a la humedad, a su vez el manejo que necesita mantener un pivote de riego frontal, así como los factores que pueden condicionar la eficiencia del pivote. Se pudo determinar además que las láminas de riego estuvieron entre los rangos 32 mm y 40 mm, la primera lámina de riego de 32.09 mm con una lectura de humedad de 46.23 % para la etapa de germinación sabiendo que la primera etapa requiere menos agua que las demás etapas de desarrollo del cultivo.

Mediante el proceso sistemático de recolección, análisis y procesamiento de la información se llevó a cabo el monitoreo de humedad mediante el sensor TDR300 del pivote frontal Nipororo código 65018, Ingenio San Antonio observándose que a medida que aumentaba la lámina aumentaba la humedad por lo que se puede concluir que para la etapa de amacollamiento se debe aumentar la lámina de riego y evaluar que consumo de humedad tendrá el cultivo con más desarrollo de su sistema radicular.

Es de vital importancia mantener un intervalo de riego de seis y siete días como máximo para el suelo de Nipororo código 65018 y para la etapa de amacollamiento con un intervalo de seis días máximo para mantener la condición del límite productivo y lograr el mejor desarrollo del cultivo.

Con relación al coeficiente de uniformidad las escalas de valoración están determinadas por los rangos: mayor a 85 % excelente, entre 75 % - 85 % se considera bueno, y menor al 75 % inaceptable. Se observó para la evaluación cinco un coeficiente de uniformidad del 83.64 % indicando un semáforo de color verde con clasificación BUENA y para la evaluación cuatro un coeficiente de uniformidad de 72.23 % indicando un semáforo de color rojo con clasificación INACEPTABLE.

La eficiencia de aplicación del pivote Nipororo código 65018 se consideró aceptable, exceptuándose la evaluación cuatro donde el pivote se estacionó por tres días por el paso del acarreo de caña de azúcar interrumpiéndose su circulación.

VIII. LECCIONES APRENDIDAS

- Adquisición de experiencias en el uso, manejo y lectura del sensor de humedad modelo TDR300 que facilitó la obtención de los datos en el comportamiento de la humedad del suelo en el lote Nipororo código 65018, ubicado en el Ingenio San Antonio del municipio de Chichigalpa.

Es importante saber utilizar este instrumento y ser cuidadoso al momento de introducirlo en el suelo por su fragilidad, tal caso fue al introducir las probas del instrumento quebrándose una de ellas por exceso de fuerza.

- A partir del uso de este instrumento para tomar la humedad del suelo que inició como un pilotaje, en la actualidad está siendo de gran utilidad para las diversas zonas de cultivo de caña de azúcar del Ingenio San Antonio; ya que anteriormente se realizaba con instrumentos manuales de pluviómetros que recogían la precipitación de las lluvias.

IX. RECOMENDACIONES

- Respetar el intervalo de riego para cada etapa fenológica para que la evapotranspiración del cultivo no produzca estrés alguno.
- Aumentar la lámina de agua rápidamente aprovechable para la etapa de iniciación, para reducir el porcentaje de mortalidad de cepa de caña de azúcar en la siembra.
- Para mantener un nivel óptimo de humedad en el suelo se recomienda seguir el período de riego en pivote Nipororo 65018.
- Es muy importante tener el instrumento TDR300 (Sensor de humedad) en buenas condiciones (calibración) con el fin de monitorear la humedad de la manera más precisa, también se recomienda disponer de los materiales adecuados para la evaluación de este sistema de riego por pivote. (TDR300 con sus probas de repuesto, Pluviómetros en buen estado, cintas métricas, pala, Formatos de pluviometría).
- Para garantizar un buen aporte hídrico al cultivo, es necesario el monitoreo del pivote de riego y estar pendiente de fallas que presente el sistema por fugas, (ya sea en sus bajantes, entre sus torres; por obstrucción y daños en sus boquillas o difusores) recordemos que por fugas también son las pérdidas o gastos de agua.
- Disponer de personal para la operación o manipulación del pivote (saber cómo operar el equipo de riego su apagado y encendido, estar pendiente de su avance y del movimiento que este haga).
- Al momento de un rayado en un pivote es importante tomar en consideración las huellas del pivote para que estas tengan el margen de amplitud y no tengan obstrucción en el avance y poder realizar un monitoreo más preciso.

X. LITERATURA CITADA

1. Castro, O., y Monterroso, H. (s.f.). Los sistemas de riego “pivote” en la zona cañera guatemalteca. 288 - 299.
2. Cepeda, L., y Mercado, G. (2016). Describir el comportamiento de propiedades hidrofísicas en dos texturas de suelo cultivados con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), bajo riego por gravedad, en el Ingenio San Antonio, Chinandega, Nicaragua [Trabajo de Graduación, UNA]. Managua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06c399.pdf>
3. Duarte, R., Mendoza, H., y Urroz, R. (20 de marzo de 2019). Manual de preparación de suelos para cultivo de caña de azúcar ingenio San Antonio.
4. García, P. (2013). Monitoreo de la humedad disponible en el suelo para la producción de caña de azúcar bajo riego mecanizado; Finca Bolivia, ingenio Santa Ana, Escuintla sistematización de práctica profesional [Trabajo de Grado, Universidad Rafael Landívar]. Escuintla. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2013/06/17/Garcia-Pablo.pdf>
5. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (febrero de 2001). Pivote Central. Biblioteca Digital INIA. Recuperado el 15 de julio de 2021, de <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/33791/NR25837.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
6. Isidro, S. (1989). Diagnóstico del manejo del riego por pivote central en el departamento de León [Trabajo de Diploma, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Producción Vegetal]. Managua. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf06s165.pdf>
7. SER San Antonio. (22 de enero de 2021). Nicaragua Sugar. Obtenido de https://www.nicaraguasugar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Itemid=104#:~:text=En%201890%2C%20junto%20a%204,Antonio%2C%20hoy%20Ser%20San%20Antonio.
8. Traxco. (11 de diciembre de 2015). El Sistema lateral o de avance frontal. Obtenido de <https://www.traxco.es/blog/pivotes-de-riego/pivot-lateral>
9. UNA. (julio de 2019). CENIDA:Guías y Normas Metodológicas de las Formas de Culminación de Estudios (en línea). Recuperado el 20 de febrero de 2022, de <https://cenida.una.edu.ni/documentos/Nc10u58gu.pdf>
10. Urrutia, I., y Quiñónez, E. (2014). Monitoreo de humedad de suelo en finca con riego. Investigación, Desarrollo, Innovación y Riegos(13), 6. Obtenido de <http://www.ilcabana.com>

XI. ANEXOS

Anexo 1. Lectura de pluviómetros



Anexo 2. Caja de control pivote



Anexo 3. Manómetro, regulador de presión



Anexo 4. Lectura de humedad



Anexo 5. Toma de humedad en etapa de amacollamiento



Anexo 6. Sensor de humedad TDR 300 con sus probas de repuesto de diferentes medidas

