

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÓNOMA



ESTUDIO DEL NUMERO DE LÍNEAS DE PLANTAS, POR LATERAL DE RIEGO, EN REMOLACHA AZUCARERA (*Beta vulgaris* L. var. *Altissima* Döll cv. Cooper); EN UN SUELO DE TEXTURA ARENA REGADA POR GOTEO.

TESIS para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

KEVIN STALIN RIVAS QUEVEDO

TRUJILLO-PERÚ

2019

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente jurado:



---

M. Sc. Sergio Adrián Valdivia Vega

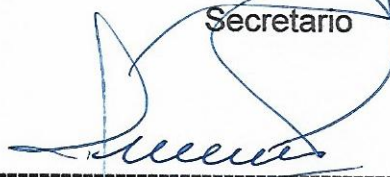
Presidente



---

M. Sc. José Luis Holguín del Río

Secretario



---

Dr. Fernando Ugaz Odar

Vocal



---

Dr. Jorge Pinna Cabrejos

Asesor

## **DEDICATORIA**

Todo se lo debo a Dios, a mis padres, hermana, hermano y sobrino que son el impulso de mi vida cada día. Gracias por siempre confiar en mí, los amo.

## **Agradecimiento**

A mis padres, Wilmer Rivas Ponce y Maritza Quevedo Granda, a mis hermanos y mi sobrino por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida.

A mi asesor el Doctor Jorge Pinna Cabrejos, por el constante apoyo en el desarrollo de la tesis desde principio a fin; al ingeniero José Luis Holguín del Río por las gestiones realizadas para que se me otorgue terreno disponible en la empresa Agroindustrial UPAO SAC.; al ingeniero Martin Gavidia por su apoyo brindado; a la empresa Agroindustrial UPAO SAC., por darme todas las facilidades, desde movilidad hasta fertilizantes para el desarrollo de mi tesis; a la ingeniera Candace Michelle Rojas Ruiz por apoyarme en la elaboración del plan de fertirriego; a la empresa Agro Industrial Pomalca S.A.C por realizar los análisis de calidad; a mis amigos, Sheila Benites García; Romy Barriga Zelada; María José Lau Rodríguez; Selene Fernández Bocanegra; Jerameel Bazán Anticon; Josué López Benites y Fernando Calvo Balarezo por sus constantes apoyos en las labores de la tesis.

A todos los miembros de la iglesia Centro Bíblico Trujillo, en especial a Damaris Adriano Olaya de Solar que me apoyó en todo momento y a mi fiel compañera que estuvo en todo momento, Arabella Tuesta Cerna.

Gracias a todos por lo que hicieron por mí, por confiar en mí.

Gracias Dios.

## ÍNDICE

Carátula .....	i
Aprobación por el jurado de tesis .....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice .....	v
Índice de cuadros .....	vii
Índice de figuras .....	ix
Resumen .....	xii
Abstrac .....	xiii
I.    Introducción .....	1
II.   Revisión bibliográfica.....	3
2.1.  Adaptabilidad, densidad poblacional, y riego por goteo y aspersión .....	3
2.2.  Rendimientos, densidad poblacional y distanciamientos ...	4
III.  Problemática.....	6
IV.  Objetivos.....	7
a.  Objetivos Generales.....	7
b.  Objetivos Específicos .....	7
V.   Hipótesis.....	8
VI.  Materiales y métodos.....	9
6.1.  Lugar de experimentación .....	9
6.2.  Materiales .....	10
6.2.1.  Insumos.....	10
6.2.2.  Reactivos químicos .....	10
6.2.3.  Instrumentos .....	10

	6.2.4. Equipos .....	10
	6.2.5. Materiales de oficina .....	10
	6.3. Metodología .....	10
	6.4. Diseño estadístico .....	16
	6.5. Evaluaciones.....	16
	6.5.1. Porcentaje de germinación.....	16
	6.5.2. Porcentaje de sacarosa.....	16
	6.5.3. Datos adicionales .....	16
	6.6. Análisis de datos.....	17
VII.	Resultados y discusión .....	18
	7.1. Germinación.....	18
	7.2. Comportamiento y manejo del cultivo .....	26
	7.2.1. Desarrollo y aspecto de las plantas .....	26
	7.2.2. Aplicaciones .....	40
	7.2.3. Fertilización .....	41
	7.3. Diferencias de agua utilizada.....	45
	7.4. Eficiencia de la utilización del agua .....	47
	7.5. Cosecha.....	49
	7.5.1. Rendimientos .....	50
	7.5.2. Raíces .....	52
	7.5.3. Hojas más coronas .....	53
	7.6. Análisis de calidad .....	55
	7.6.1. Sacarosa .....	56
	7.6.2. Brix .....	57
	7.6.3. Porcentaje de pureza .....	58
	7.6.4. Azúcares reductores .....	59
VIII.	Conclusiones .....	61
IX.	Recomendaciones.....	62
X.	Bibliografía.....	63

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis físico – químico del suelo .....	9
Cuadro 2. Datos meteorológicos del 2 de junio al 18 de noviembre del 2017.....	9
Cuadro 3. Semillas germinadas a los tres días (plántulas por parcela) .....	12
Cuadro 4. Semillas germinadas a los ocho días (plántulas por parcela) .....	12
Cuadro 5. Resiembra a los 22 y 29 días.....	12
Cuadro 6. Trasplante a los 46 días.....	12
Cuadro 7. Croquis del experimento .....	16
Cuadro 8. Semillas germinadas y análisis de varianza. Decimotercera evaluación .....	20
Cuadro 9. Semillas germinadas y análisis de varianza. Tercera evaluación	21
Cuadro 10. Semillas germinadas y análisis de varianza. Cuarta evaluación	21
Cuadro 11. Semillas germinadas y análisis de varianza. Quinta evaluación	22
Cuadro 12. Semillas germinadas y análisis de varianza. Sexta evaluación	.22
Cuadro 13. Semillas germinadas y análisis de varianza. Séptima evaluación .....	23
Cuadro 14. Semillas germinadas y análisis de varianza. Octava evaluación .....	23
Cuadro 15. Semillas germinadas y análisis de varianza. Novena evaluación .....	24

Cuadro 16. Semillas germinadas y análisis de varianza. Decima evaluación .....	24
Cuadro 17. Semillas germinadas y análisis de varianza. Undécima evaluación .....	25
Cuadro 18. Semillas germinadas y análisis de varianza. Duodécima evaluación .....	25
Cuadro 19. Programa de fertirrigacion.....	44
Cuadro 20. Eficiencia en la utilización del agua.....	47
Cuadro 21. Rendimientos en t.ha <sup>-1</sup> de toda la investigación.....	51
Cuadro 22. Pesos en t.ha <sup>-1</sup> de las raíces.....	52
Cuadro 23. ANOVA de pesos en t.ha <sup>-1</sup> de remolacha azucarera .....	52
Cuadro 24. Pesos en t.ha <sup>-1</sup> de hojas más coronas .....	54
Cuadro 25. ANOVA de pesos en t.ha <sup>-1</sup> de hojas más coronas .....	54
Cuadro 26. Resultados de los análisis de calidad de las raíces .....	55
Cuadro 27. Resultados de análisis de sacarosa.....	56
Cuadro 28. ANOVA de los resultados de sacarosa.....	56
Cuadro 29. Resultados de los análisis de grados brix.....	57
Cuadro 30. ANOVA de los resultados de grados brix.....	57
Cuadro 31. Resultados de los análisis de porcentaje de pureza .....	58
Cuadro 32. ANOVA de los resultados de porcentaje de pureza .....	58
Cuadro 33. Resultados de todos los análisis de azúcares reductores.....	59
Cuadro 34. ANOVA de los resultados de azúcares reductores .....	59



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fundo Agro industrial UPAO SAC (google earth).....	9
Figura 2. Recolección de arena de río.....	10
Figura 3. Surco antes de la limpieza.....	10
Figura 4. Surco después de la limpieza.....	11
Figura 5. Instalación del nuevo lateral de riego .....	11
Figura 6. Nueva válvula de riego .....	11
Figura 7. Surco listo para la siembra .....	11
Figura 8. Mezcla 1:1 arena de río y humus de lombriz .....	12
Figura 9. Medición de los tratamientos .....	12
Figura 10. Hoyos de 5 cm de profundidad .....	12
Figura 11. Siembra de la semilla .....	12
Figura 12. Siembra del tratamiento uno (2 líneas de plantas) .....	13
Figura 13. Calicata para observar la humedad del suelo.....	13
Figura 14. Humedad a 4 cm de profundidad .....	13
Figura 15. Humedad alrededor de la semilla .....	13
Figura 16. Semilla a los 3 días de sembrada, 5 de junio del 2017.....	16
Figura 17. Plántula con tres días de germinación.....	17
Figura 18. Planta muerta en la línea extrema.....	24
Figura 19. Hojas con puntos blancos.....	25
Figura 20. Ataque de nematodos.....	25

Figura 21. Planta con “arrosetamiento” .....	26
Figura 22. Planta con puntos blancos en las hojas.....	27
Figura 23. Apreciación de la raíz a simple vista .....	28
Figura 24. Diferencias en el crecimiento, tercer tratamiento.....	30
Figura 25. Marchitez severa del tratamiento tres.....	31
Figura 26. Planta con hojas amarillentas.....	33
Figura 27. El ataque de nematodos era constante y severo.....	34
Figura 28. Hojas con síntoma de oídium .....	36
Figura 29. Primera aplicación contra lepidópteros .....	39
Figura 30. Aplicación de fertilizantes .....	40
Figura 31. Peso de fertilizantes .....	41
Figura 32. Plantas en su máximo Kc .....	46
Figura 33. La utilización del agua excelente, ya que aún con ataque severo de nematodos la raíz de la planta se veía muy bien.....	48
Figura 34. Cosecha .....	49
Figura 35. Hojas más coronas, y raíces, separadas por parcelas (tratamientos y repeticiones) .....	49
Figura 36. Nódulos de nematodos en las raíces .....	50
Figura 37. Ataque de nematodos.....	50
Figura 38. Nódulos en toda el área radicular .....	50
Figura 39. Raíces afectadas por ataque de nematodos .....	50

Figura 40. Rendimientos del tratamiento tres .....	51
Figura 41. Raíces cosechadas .....	52
Figura 42. Hojas más coronas del tratamiento uno .....	53

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en los campos de la empresa Agro Industrial UPAO S.A.C, en la provincia de Trujillo, en el departamento de La Libertad, entre los meses de junio y diciembre del año 2017 con una duración de 170 días calendario. El cultivar usado fue Cooper. El sistema de riego fue por goteo en un suelo de textura arena. Esta investigación se realizó con el objetivo principal de determinar la eficiencia de un solo lateral de riego para diferentes líneas de plantas a diferentes distanciamientos, pero con la misma densidad de siembra. El sistema de siembra fue manual, tres bolillos, se tuvo un solo experimento con cuatro tratamientos; dos líneas de plantas a 11 cm, tres líneas de plantas a 17 cm, cuatro líneas de plantas a 22 cm y cinco líneas de plantas a 28 cm respectivamente con una densidad de muy aproximadamente de 100 000 plantas por hectárea.

Realizados los análisis correspondientes no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a germinación. Se determinó que es necesario un solo lateral de riego para cinco líneas de plantas. Los análisis de calidad fueron similares en todos los tratamientos y la producción fue mayor en el tratamiento con cinco líneas de plantas, habiendo una diferencia de 29.54 t.ha<sup>-1</sup> entre el primer y cuarto tratamiento.

Todas las plantas se vieron severamente afectadas por ataque de nematodos, desde las primeras semanas hasta el día de la cosecha, pero aun así prosperó, con muy buenos rendimientos, donde otro cultivo no hubiera podido desarrollarse.

## ABSTRACT

This investigation was developed at Agro Industrial UPAO S.A.C, in the province of Trujillo, in La Libertad, between the months of June and December, with a duration of 170 days. Cooper, was used cultivar. Drip irrigation was utilized on a sand texture floor. This research was carried out with the main objective of determining the efficiency of a single irrigation lateral for different plant lines at different distances, but with the same density of planting. The planting system was manual, there was only one experiment with four treatments, two lines of plants at 11cm, three lines of plants at 17cm, four lines of plants at 22cm and five lines of plants at 28cm respectively, with approximately 100 000 plants per hectare.

No significant differences were found between treatments about germination. It was found that a single irrigation lateral was necessary for five plant lines. Quality analysis were similar in all treatments and production was higher in the treatment with five plant lines, with a difference of 29.54 t.ha between the first and fourth treatment.

All plants were severely affected by nematode attack, from the first week to the day of harvest, but still thrived with very good yields, where another crop could not have developed.

## I. Introducción

El cultivo de remolacha azucarera, es considerado de mucha importancia no solo por sus altos rendimientos si no porque es un cultivo de periodo corto, deja el campo libre de malezas y el suelo bien removido, con excelentes condiciones para instalar cualquier otro cultivo. Es por ello que en varios países se le considera como un preparador y mejorador de suelos (Gonzales, 1896).

La remolacha se cultiva principalmente en Europa con una extensión aproximada de 7.5 millones de hectáreas; sin embargo, en los últimos años en países americanos está tomando mayor fuerza e importancia (Reynoso et al., 2001).

A nivel mundial la producción de azúcar está relacionada al cultivo de caña de azúcar y encuentra en la remolacha azucarera su principal competidor; es por ello que países de la Unión Europea inyectan dinero en la producción de remolacha ya que es más económico que importar azúcar de caña de azúcar (MINAGRI, 2012).

En todo el mundo son 56 los países que se dedican a cultivar remolacha azucarera, la mayoría se encuentra en Europa y América, las diferencias de superficie cultivada van desde las 265 ha en Mali hasta las 800 000 ha en Rusia (Iglesias, 2010).

Debido a la alta tolerancia de la remolacha a suelos salinos, se realizó un experimento en el que se probaron 10 cultivares distintos en un campo de la empresa Casa Grande en el valle del río Chicama, obteniendo resultados favorables, como una alta tolerancia a la salinidad a niveles por encima de lo normal, y una biomasa radicular excelente (Valdivia *et al.*, 2016)

En condiciones normales la remolacha azucarera se cultiva en las zonas más lejanas al Ecuador, donde los días son más prolongados en verano y con mayor cantidad de frio en invierno, totalmente opuesto a lo que se tiene en la costa norte Peruana (Pinna y Valdivia, 2000)

En la costa norte Peruana, específicamente en la empresa Casa Grande se realizaron estudios sobre extracción de potasio y fosforo en un suelo aluvial salino, obteniendo rendimientos en promedio de 90.9 t.ha<sup>-1</sup> de raíces y 35.13 t.ha<sup>-1</sup> de hojas más coronas (Valdivia *et al.*, 2010 a).

Por lo antes expuesto es que se desarrolló el presente trabajo, con la visión de desarrollar productos alternativos, y que sean rentables, al cultivo de la caña de azúcar; y se encuentra en la remolacha azucarera el principal cultivo, optando por suelos de textura arena y con riego por goteo para minimizar la pérdida de agua y optimizar la producción.

## II. Revisión Bibliográfica

### 2.1. Adaptabilidad, densidad poblacional, y riego por goteo y aspersión.

Como antecedente se indica que en el caserío de Huaynas, distrito de Huaso en la provincia de Julcan a 3887 m.s.n.m., en el año 2015, se estudió el efecto de la fertilización nitrogenada en de dos cultivares monogermen de remolacha azucarera. Dicho estudio fue realizado bajo condiciones de campo obteniendo una buena resistencia de ambos cultivares estudiados a las heladas, mientras que la mayor producción se tuvo en el cultivar SVPE 14-02. Estos resultados estuvieron influenciados por los problemas de estrés hídrico presentes en dicho lugar. En el caserío de Chinchinvara, distrito de Huaso, provincia de Julcan a 3564 m.s.n.m., en el año 2016, se hace referencia a la rápida adaptabilidad de la remolacha en el primer mes, una germinación uniforme y sin ataques de plagas y patógenos (Rojas, et al., 2018).

En el caserío de Vaquería en el distrito de Agallpampa, provincia de Otuzco a 3200 m.s.n.m., se estudió la fertilización y densidad de siembra. Este trabajo se realizó en el campo con una densidad poblacional de 100 mil, 150 mil y 200 mil plantas por hectárea, con tres dosis distintas de nitrógeno. Los rendimientos fueron entre 21.69 y 68.41 t.ha<sup>-1</sup>, y de acuerdo a los análisis estadísticos entre las densidades y las dosis de nitrógeno, la densidad óptima fue de 180 000 plta.ha<sup>-1</sup> con una dosis de 220 kg N ha<sup>-1</sup> (Paz, 2015).

Estudios en el valle del río Chicama hacen referencia a la sensibilidad de la remolacha a las sales durante la germinación y a los riegos constantes que se hacían para minimizar los efectos de las mismas en el brotamiento de la semilla. Dicho estudio fue en campo, y regado por gravedad utilizando agua de pozo, obteniendo altos rendimientos en suelos salinos donde ningún otro cultivo progresaría (Valdivia et al., 2010 b)



En un estudio realizado en España con riego por goteo y aspersión, en campo, para evaluar la producción de raíz, azúcar, materia seca, eficiencia del agua y nitrógeno, y parámetros de calidad; se obtuvo como resultado que el riego que mejor responde es el por goteo. Dicho estudio se realizó en un suelo de textura franco-arenosa, y para los cálculos de riego se tomó en cuenta el agua contenida en el suelo, la lluvia y la evapotranspiración (Et) del cultivo. El riego por goteo dio a la remolacha azucarera las condiciones para producir de 10 a 20 % más de azúcar que el riego por aspersión (García y Benito, 1996).

## 2.2. Rendimientos, densidad poblacional y distanciamientos

En cuanto a rendimientos por hectárea de remolacha azucarera se tiene en promedio de 35 a 65 t.ha<sup>-1</sup> con una densidad poblacional entre 60000 y 80000 plantas.ha<sup>-1</sup> y con un contenido de azúcar en las raíces de 14 a 19% de sacarosa (Finck, 1988).

Estudios realizados con remolacha forrajera en el caserío El Bado, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, a 3718 m.s.n.m. se hizo siembra directa con densidades de 100 mil, 150 mil y 200 mil plantas. ha<sup>-1</sup> produciendo entre 37,65t ha<sup>-1</sup> y 62,95t ha<sup>-1</sup> de hojas más raíces. En el caserío de Huaynas a 3887 m.s.n.m se obtuvieron resultados muy bajos debido a los efectos de las sequias, teniendo una producción de 0.2 t.ha<sup>-1</sup> y 0.055 t.ha<sup>-1</sup> de hojas más coronas de remolacha azucarera (Rojas, et al., 2018).

Para siembra definitiva, ésta se debe hacer entre 12 y 14 cm de distancia entre plantas con una profundidad de 1.5 a 2 cm. Los rendimientos aumentan hasta alcanzar las 80 000 plantas.ha<sup>-1</sup>; sin embargo si la densidad de plantas es mayor el rendimiento se estabiliza siendo el óptimo 100 000 plantas.ha<sup>-1</sup> (AIMCRA, 2007).

En trabajos realizados en la sierra de la Libertad, específicamente en el caserío de Agallpampa a 3121 m.s.n.m, se obtuvieron resultados muy

alentadores. Con 300 mil plantas por hectárea la remolacha forrajera rindió 367 t.ha<sup>-1</sup> con una dosis optima de 121.36 kg N.ha<sup>-1</sup>, y con 230 mil plantas por hectárea rindió 247.75 t.ha<sup>-1</sup> con una dosis de 174 kg N.ha<sup>-1</sup> de raíces y hojas más coronas (Espejo, 2017).

Según Echevarría (2003), el distanciamiento entre líneas debe ser de 50 cm, el distanciamiento entre semillas de 14 a 16 cm, teniendo una densidad optima de 100000 plantas/ha y con una profundidad de siembra de entre 1.5 cm y 2 cm.

### III. Problemática

En los suelos de textura arena ocurre una rápida infiltración del agua, limitando así los cultivos que se pueden instalar en este tipo de suelos. Se tiene como única alternativa el riego por goteo. Con la finalidad de aprovechar un solo lateral de riego y reducir los costos de instalación, se hizo el presente trabajo, probando varias líneas de plantas a diferentes distanciamientos, con la misma densidad, 100 000 plantas.ha<sup>-1</sup>, según la mejor densidad encontrada por AIMCRA (2007).

#### IV. Objetivos

##### a. Objetivos Generales:

Determinar la eficiencia de un solo lateral de riego para diferentes líneas de plantas a diferentes distanciamientos, pero con la misma densidad de siembra.

##### b. Objetivos Específicos:

Estudiar por intermedio de los resultados de los rendimientos, si el agua llega a todas las líneas de plantas.

Analizar la calidad de azúcar en todos los tratamientos.

Evaluar que las plantas no mueran por exceso o por falta de agua, a través de la evaluación de la germinación, y de la producción final.

Estudiar la eficiencia de riego.

## V. Hipótesis

H. Nula: la producción de raíces y la calidad es similar en todas las líneas de plantas, con un lateral de riego, en la remolacha azucarera.

H. Alternante: la producción de raíces y la calidad es diferente en todas las líneas de plantas, con un lateral de riego, en la remolacha azucarera

## VI. Materiales y metodos

### 6.1 Lugar de experimentación: Fundo Agroindustrial UPAO S.A.C

8°12'10.219" S 78°58'10.695" O (figura 1). En un suelo calcáreo, no salino de textura arena (cuadro 1). Los datos meteorológicos tomados durante la ejecución del presente trabajo se muestran en el cuadro 2.

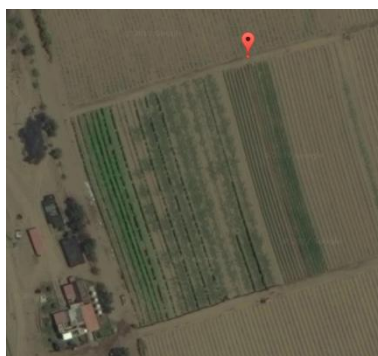


Figura 1. Fundo Agroindustrial UPAO SAC (google earth)

Cuadro 1. Análisis físico - químico del suelo

NOMBRE	Profundidad de muestreo (cm)	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	B ppm	Ca meq/100g	Caliza Activa %	Cu ppm	C. Eléctrica dS/m
s6	30	95	0	5	Arena	1,13	4,91	0,5	1	0,41

NOMBRE	P ppm	Fe ppm	Mg meq/100g	Mn ppm	M.O. %	pH	K_inter. meq/100g	K_disp ppm	Na meq/100g	Zn ppm
s6	12,1	5	0,3	1,61	0,17	8,28	0,12	143	0,05	0,5

Cuadro 2. Datos meteorológicos del 2 de junio al 18 de noviembre del 2017

Mes	Temperatura max	temperatura min	%Hum. Externa	Punto de rocío	Velocidad de viento		Lluvia	Radiacion Solar	Eva. mm/día
					m/s	k/h			
Junio	22,35	16,59	84,92	16,38	1,50	5,41	0,00	606,59	2,33
Julio	21,65	16,07	84,76	15,72	1,43	5,14	0,01	582,13	2,18
Agosto	19,89	15,38	84,42	14,22	1,41	5,08	0,05	558,45	1,89
Septiembre	19,53	14,67	89,16	14,39	1,50	5,39	0,04	659,47	2,18
Octubre	19,80	14,55	89,39	14,36	1,27	4,59	0,02	721,74	2,21
Noviembre	23,04	16,57	74,97	14,50	1,62	5,84	0,06	872,11	3,48

## 6.2. Materiales

6.2.1. Insumos: Semilla monogermen de remolacha azucarera, cultivar Cooper (una semilla por golpe). Humus de lombriz proveniente de estiércol de ganado vacuno. Arena de río (figura 2)

6.2.2. Fertilizantes químicos: Urea, cloruro de potasio, ácido fosfórico (150 N-80 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-200 KCl) y pesticidas.

6.2.3. Instrumentos: Balanza, cinta métrica, palana, estacas, manguera, válvulas, cuchillo, tijeras y rafia.

6.2.4. Equipos: Bomba de aplicación y bomba de inyección.

6.2.5. Materiales de oficina: Papel, lápiz, marcadores, cintas, colores, grapador y perforador.

## 6.3. Metodología

Se empezó con la limpieza del campo, luego se instaló el lateral de riego, se midió 100 m de largo por 1.80 m de ancho con una superficie total de 180 m<sup>2</sup> (figuras 3 a 7), luego de ello se hizo un riego de “machaco” para alcanzar una humedad deseable con una profundidad de 1 m; luego de estas labores se realizó la mezcla 1/1 de arena de río y humus de lombriz (figura 8). Se midieron los 4 tratamientos de 25 metros cada uno (figura 9), y luego se empezó la siembra directa, una semilla por golpe, en la cual se hizo un cono de 5 cm de profundidad (figuras del 10 al 12) y este cono se llenó de la mezcla previa que se hizo; ello debido a la alta sensibilidad a sales de la semilla al momento de la germinación. Se tuvo distanciamientos de 0.11 m, 0.17m, 0.22m y 0.28m entre plantas con 2 líneas, 3 líneas, 4 líneas y 5 líneas de plantas respectivamente con 1.80 m entre surcos. En todos los tratamientos la densidad de plantas fue similar, es decir, 100 000 plantas por hectárea (101 010 plantas.ha<sup>-1</sup> entre 11 cm, 98 039 plantas.ha<sup>-1</sup> entre 17 cm, 101 010 plantas.ha<sup>-1</sup> entre 22 cm y 99 206 plantas.ha<sup>-1</sup> entre 28 cm). Las semillas a partir del tercer día ya habían germinando, por lo

cual se realizaron dos evaluaciones previas por tratamiento, una a los tres días (cuadro 3) y a los ocho días (cuadro 4). Se empezaron a contar las plantas emergidas semanalmente hasta los 45 días, se sembró a los 22 y 29 días (cuadro 5), se hizo un trasplante a los 46 días (cuadro 6), y una última evaluación a los 67 días de instalado el cultivo. Se regaron 1.20 horas a 2 horas diarias (figuras 13 al 15) hasta alcanzar los 49 días; y a partir del día 50 se empezó a regar con el  $Kc$  (coeficiente de cultivo)  $\times$   $Eo$  (evaporación tanque); a los 14 días se empezó con la fertilización. En el día 69 se dejó de aplicar urea, el resto de fertilizantes se dejaron de aplicar el día 141. Se cosechó a los 170 días de sembrado el cultivo; y se hicieron evaluaciones cada 20 días para apreciar el porte de la planta y el ataque de plagas y enfermedades.



Figura 2. Recolección de arena de río



Figura 3. Surco antes de la limpieza



Cuadro 3. Semillas germinadas a los tres días (plántulas por parcela)

Semillas germinadas			
T1	T2	T3	T4
0	0	93	74

Cuadro 4. Semillas germinadas a los ocho días (plántulas por parcela)

Semillas germinadas			
T1	T2	T3	T4
325	254	225	209

Cuadro 5. Resiembra a los 22 y 29 días

Tratamiento	24/06/2017	01/07/2017
	Semillas resembradas	Semillas resembradas
III		39
		44
	48	-
	36	-
IV	45	-
	31	-
	36	-
	36	-
I	17	-
	16	-
	27	-
	28	-
II	24	-
	22	-
	8	-
	11	-

Cuadro 6. Trasplante a los 46 días

Trasplante				
	I	II	III	IV
T1	0	0	0	0
T2	0	0	0	0
T3	2	2	1	0
T4	1	6	12	11



Figura 4. Surco después de la limpieza



Figura 5. Instalación del nuevo lateral de riego



Figura 6. Nueva válvula de riego



Figura 7. Surco listo para la siembra



Figura 8. Mezcla 1:1 arena de río y humus de lombriz



Figura 9. Medición de los tratamientos



Figura 10. Hoyos de 5 cm de profundidad



Figura 11. Siembra directa de la semilla



Figura 12. Siembra del tratamiento uno (2 líneas de plantas)



Figura 13. Calicata para observar la humedad del suelo



Figura 14. Humedad a 4 cm de profundidad



Figura 15. Humedad alrededor de la semilla

6.4. Diseño estadístico: Se instaló el diseño estadístico bloques divididos en el campo y para procesar datos el de bloques completos al azar.

Cuadro 7. Croquis del experimento

I a	T3
II b	
III c	
IV d	
II a	T4
I c	
III d	
IV b	
IV c	T1
II d	
I b	
III a	
IV a	T2
III b	
II c	
I d	

	I	II	III	IV
T1	b	d	a	c
T2	d	c	b	a
T3	a	b	c	d
T4	c	a	d	b

T1: dos líneas de plantas cada 11 cm.

T2: tres líneas de plantas cada 17 cm.

T3: Cuatro líneas de plantas cada 22 cm.

T4: Cinco líneas de plantas cada 28 cm.

El surco tuvo 100 m de largo, estuvo dividido en 4 tratamientos de 25 m de largo cada uno.

## 6.5. Evaluaciones

6.5.1. Porcentaje de germinación: se contaron las semillas que habían logrado germinar cada 7 días (figuras 16 y 17). Se contó en todo el surco.

6.5.2. Porcentaje de sacarosa: se evaluó el porcentaje de sacarosa al final de la cosecha, se tomó una muestra por parcela de 10 kg cada una.

6.5.3. Datos adicionales: se evaluó y se controlaron las plagas y enfermedades que aparecieron.

## 6.6. Análisis de datos

Se realizó el análisis estadístico ANOVA para determinar el efecto de los tratamientos.

## VII. Resultados y discusión

### 7.1. Germinación

De los datos recolectados hasta el día 67 de instalado el cultivo, que fue la fecha límite de las evaluaciones en cuanto a germinación, y de acuerdo a los análisis obtenidos, se puede observar que no hay diferencias significativas en cuanto a tratamientos (cuadro 8, cuyos datos están en semillas germinadas por hectárea); infiriéndose que el agua llega lo suficientemente como para hacer germinar las semillas puestas a 11 cm entre plantas y a 5.5 cm del lateral que es el primer tratamiento, así como a las de 5 líneas entre plantas puestas a 28 cm entre ellas y a 56 cm del lateral que es el cuarto tratamiento.



Figura 16. Semilla a los 3 días se sembrada, 5 de junio del 2017

Se hicieron evaluaciones semanales para determinar el poder germinativo de la semilla de remolacha, para tener datos exactos en cuanto a germinación. Estos datos se pueden observar en los

cuadros 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18; cuyos datos están en número de semillas germinadas por parcela.

Se hicieron dos primeras evaluaciones generales por tratamiento, sin diferenciar las repeticiones.



Figura 17. Plántula con tres días de germinación

De acuerdo a los datos obtenidos periódicamente se tienen diferencias altamente significativas entre tratamientos desde la tercera evaluación hasta la séptima evaluación. En la octava evaluación no se encontraron diferencias significativas, las siguientes tres evaluaciones muestran diferencias altamente significativas, pero a partir de la 12 evaluación hay una tendencia a la igualdad en los datos, y la 13<sup>ra</sup> evaluación no muestra diferencias significativas. La última evaluación muestra que no hay diferencias significativas entre tratamientos, lo que demuestra que cuanto más lejos se esté del lateral, la germinación es más lenta, pero igual sucede. Si este retardo afecta el rendimiento, se estudiara cuando se analicen dicho resultados. En los análisis entre repeticiones, todas las



evaluaciones son no significativas, determinando así que las repeticiones o bloques tienen características de suelo semejantes o iguales y que solo es necesario un lateral de riego para que el agua pueda llegar a 56 cm del lateral de riego reduciendo el número de laterales por surco, no solo en la remolacha azucarera si no en cualquier otra hortaliza que se siembre a distanciamientos iguales o similares a los que se realizaron en el estudio desarrollado.

Cuadro 8: Semillas germinadas y análisis de varianza. Decimotercera evaluación.

Semillas germinadas por ha

	I	II	III	IV
T1	86222	88000	82353	90667
T2	79855	80745	84348	83036
T3	88000	86572	88339	90265
T4	79111	80729	90990	89837

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. Uno	4	347241,8301	86810,46	12166944,34
T. Dos	4	327983,6914	81995,92	4253645,046
T. Tres	4	353177,1475	88294,29	2313005,275
T. Cuatro	4	340667,1257	85166,78	37361131,91

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	87588188,36	3	29196062,79	2,08	N.S	0,16	3,49
Dentro de los grupos	168284179,7	12	14023681,64				
Total	255872368,1	15					

Se puede observar que es suficiente un solo lateral de riego tanto para dos líneas de plantas como para 5 líneas de plantas.

### Cuadro 9. Semillas germinadas y análisis de varianza. Tercera evaluación.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
T. uno	4	329	82,25	51,58			
T. dos	4	283	70,75	40,25			
T. tres	4	229	57,25	47,58			
T. cuatro	4	211	52,75	114,25			

ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2154	3	718	11,32	**	0,001	3,49
Dentro de los grupos	761	12	63,42				
Total	2915	15					

### Cuadro 10. Semillas germinadas y análisis de varianza. Cuarta evaluación.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
T. uno	4	333	83,25	44,92			
T. dos	4	316	79,00	104,67			
T. tres	4	261	65,25	6,92			
T. cuatro	4	240	60,00	50,00			

ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1460,25	3	486,75	9,43	**	0,002	3,49
Dentro de los grupos	619,5	12	51,63				
Total	2079,75	15					

### Cuadro 11. Semillas germinadas y análisis de varianza. Quinta evaluación

Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	331	82,75	53,58
T. dos	4	325	81,25	132,25
T. tres	4	263	65,75	7,58
T. cuatro	4	246	61,50	22,33

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1391,188	3	463,72917	8,60	**	0,003	3,49
Dentro de los grupos	647,25	12	53,94				
Total	2038,438	15					

### Cuadro 12. Semillas germinadas y análisis de varianza. Sexta evaluación.

Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	332	83,00	60,67
T. dos	4	328	82,00	102,00
T. tres	4	265	66,25	6,92
T. cuatro	4	254	63,50	15,00

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1259,6875	3	419,8958	9,10	**	0,002	3,49
Dentro de los grupos	553,75	12	46,15				
Total	1813,4375	15					

Cuadro 13. Semillas germinadas y análisis de varianza. Séptima evaluación.

Análisis de varianza de un factor

## RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	331	82,75	78,92
T. dos	4	327	81,75	109,58
T. tres	4	270	67,50	6,33
T. cuatro	4	256	64,00	12,67

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1115,5	3	371,83	7,17	**	0,005	3,49
Dentro de los grupos	622,5	12	51,88				
Total	1738	15					

Cuadro 14. Semillas germinadas y análisis de varianza. Octava evaluación.

Análisis de varianza de un factor

## RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	397	99,25	16,92
T. dos	4	367	91,75	4,92
T. tres	4	332	83,00	228,67
T. cuatro	4	344	86,00	2,67

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	614,5	3	204,83	3,24	N.S	0,061	3,49
Dentro de los grupos	759,5	12	63,29				
Total	1374	15					

Cuadro 15. Semillas germinadas y análisis de varianza. Novena evaluación.

Análisis de varianza de un factor

## RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	396	99,00	18,00
T. dos	4	376	94,00	11,33
T. tres	4	390	97,50	1,67
T. cuatro	4	356	89,00	6,00

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	236,75	3	78,92	8,53	**	0,003	3,49
Dentro de los grupos	111	12	9,25				
Total	347,75	15					

Cuadro 16. Semillas germinadas y análisis de varianza. Decima evaluación.

Análisis de varianza de un factor

## RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	395	98,75	15,58
T. dos	4	375	93,75	14,25
T. tres	4	393	98,25	4,25
T. cuatro	4	358	89,50	9,00

## ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	225,69	3	75,23	6,98	**	0,006	3,49
Dentro de los grupos	129,25	12	10,77				
Total	354,9375	15					

**Cuadro 17. Semillas germinadas y análisis de varianza. Undécima evaluación.**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	389	97,25	18,25
T. dos	4	368	92,00	17,33
T. tres	4	392	98,00	6,67
T. cuatro	4	348	87,00	6,00

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	315,19	3	105,0625	8,71	**	0,002	3,49
Dentro de los grupos	144,75	12	12,06				
Total	459,94	15					

**Cuadro 18. Semillas germinadas y análisis de varianza. Duodécima evaluación.**

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	389	97,25	21,58
T. dos	4	361	90,25	52,92
T. tres	4	394	98,50	7,00
T. cuatro	4	353	88,25	1,58

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	308,69	3	102,90	4,95	*	0,018	3,49
Dentro de los grupos	249,25	12	20,77				
Total	557,94	15					

## 7.2. Comportamiento y manejo del cultivo

### 7.2.1. Desarrollo y aspecto de las plantas

A lo largo del periodo vegetativo de la planta se hicieron evaluaciones periódicas de cómo se iba desarrollando el cultivo. En la primera evaluación en el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas), en la repetición IV se encontró una planta muerta en la línea extrema (figura 18); en el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas), en la repetición I, se encontró una planta con el tallo cortado. Estas evaluaciones se realizaron para tener un registro de todas las incidencias que pasaban en el desarrollo del cultivo y así poder tener un claro panorama del comportamiento del mismo en suelos de textura arena, regado por goteo y en la costa.



Figura 18. Planta muerta en la línea extrema

En la segunda evaluación en el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas), en la repetición II se encontró una planta muerta cercana al lateral de riego; en el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas), en la repetición III se apreciaron puntos blancos en

las hojas de diferentes plantas (figura 19), en la repetición I se encontró una planta muerta en la línea extrema, y al extraer la raíz se aprecia el ataque de nematodos (figura 20); en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas), en la repetición I se encontró una planta muerta, en la repetición IV se encontraron dos plantas muertas; en el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas), en la repetición I se encontró una planta muerta y algunas plantas con hojas deformes.

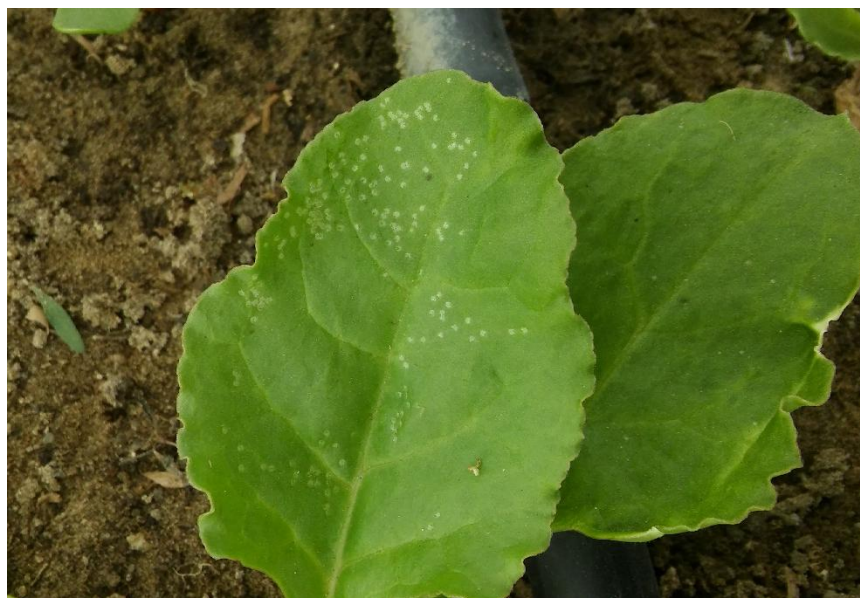


Figura 19. Hojas con puntos blancos



Figura 20. Ataque de nematodos



En la tercera evaluación en el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas), en la repetición II se encontró una planta con “arrosetamiento” (figura 21); en el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas), en la repetición III se encontró una hoja con ataque de gusano minador; en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas), en la repetición I se encontró una planta con hoja deforme, en la repetición III se encontró una planta muerta, una hoja con “arrosetamiento” y hojas basales amarillentas en plantas recién germinadas.



Figura 21. Planta con “arrosetamiento”.

En la cuarta evaluación en el **tratamiento tres** ( cuatro líneas de plantas), en la repetición I se encontró una planta anormal y se hizo una resiembra sin ningún sustrato, en la repetición II se hizo una resiembra sin ningún sustrato; en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas), en la repetición IV se encontró una planta muerta; en el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas), en la repetición I se encontró dos plantas muertas, en la repetición II

se encontraron dos plantas muertas, en la repetición IV se encontraron tres plantas con “arrosetamiento”.

En la quinta evaluación en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas), en la repetición I se encontró una planta muerta, en la repetición IV se encontró una planta muerta; en el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas), en la repetición I se encontró una planta muerta y en la repetición II también se encontró una planta muerta.

En la sexta evaluación se encontró que todas las plantas en todos los bloques presentaban hojas con puntos blancos (figura 22).



Figura 22. Planta con puntos blancos en las hojas

En la séptima evaluación en el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas), en todas las repeticiones se observó que se “elevó”

la raíz y se podía apreciar a simple vista (figura 23); en el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas), en todas las repeticiones se observó que la raíz se podía apreciar a simple vista.

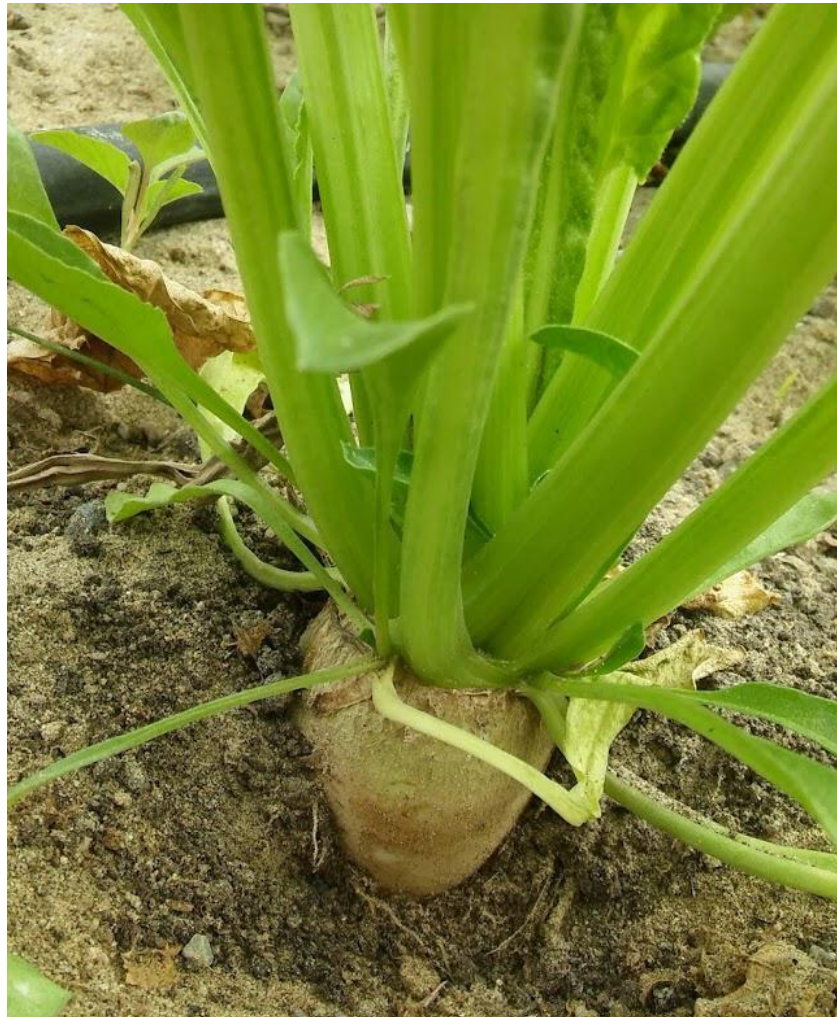


Figura 23. Apreciación de la raíz a simple vista

En la octava evaluación en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas), en la repetición I se encontraron plantas con ligera desuniformidad, plantas pequeñas por competencia de luz, en la repetición II se apreciaban plantas iguales en crecimiento y daños en las hojas, en la repetición III se encontraron plantas ligeramente desuniformes, las hojas estaban muy suculentas y

grandes con ataques de insectos comedores de hojas, planas con probable mosaico y ampolladuras; en la repetición IV se encontraron plantas iguales en crecimiento con algunas pequeñas por problemas de competencia de luz, las hojas se apreciaban muy grandes y vigorosas. En el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas), en la repetición I se encontraron plantas con ligera des uniformidad, hojas muy verdes y grandes, se podían apreciar algunas raíces y hojas con probable mosaico; en la repetición II se encontraron focos de plantas pequeñas, plantas con grandes hojas y suculentas con ligeros daños por insectos comedores de hojas; en la repetición III se encontraron plantas uniformes en crecimiento, vigorosas, hojas grandes y algunas raíces podían apreciarse; en la repetición IV se encontraron plantas uniformes, hojas muy suculentas y grandes, algunas hojas se habían alargado y a la vez deformado. En el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas), en la repetición I se encontró una clara diferenciación en el crecimiento de las plantas, las plantas grandes hacían sombra a las más pequeñas, algunas plantas presentaban daños por comedor de hojas, se encontró una planta con la raíz rajada, plantas grandes y muy vigorosas; en la repetición II se encontró una clara diferenciación en el crecimiento de las plantas, plantas vigorosas que presentaban ataques por insectos comedores de hojas, en la repetición III se encontraron plantas uniformes que se traslapaban entre sí, de hoja ancha y con daños anteriores en las hojas, se encontró una planta con hojas amarillas; en la repetición IV se encontraron plantas muy grandes y suculentas con raíces muy pronunciadas, se apreció una ligera igualdad en cuanto al desarrollo de plantas (figura 24). En el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas), en la repetición I se encontraron plantas con diferencias en el crecimiento, se pudo apreciar una

planta con probable mosaico, ampolladuras y raíces que sobresalen muy grandes; en la repetición II se encontraron plantas más grandes que otras, hojas grandes y algunas hojas con puntos negros; en la repetición III se encontró mucha desuniformidad en las plantas, se apreciaban plantas muy grandes pero también plantas pequeñas, tanto cerca al lateral de riego como en el extremo, raíces grandes, hojas anchas y largas, ataques de insecto minador y comedor de hoja; en la repetición IV se encontró clara diferenciación en cuanto al crecimiento de las plantas, mayor cantidad de raíces visibles, hojas con ataque de insecto minador, se encontró una raíz con rajadura.

Desde la segunda evaluación hasta la séptima ya se apreciaba cómo la remolacha azucarera era foco de atracción de todos los insectos, siendo una de las principales causas los cultivos que estaban a su alrededor, como espárrago y tomate. Principalmente era atacada por comedores de hojas y minadores. Además se apreciaban plantas que se hacían sombra entre ellas y con “arrosetamientos”.



Figura 24. Diferencias en el crecimiento, tercer tratamiento

En la novena evaluación se midió cada parcela para tener el largo y ancho real de cada una.

En la décima evaluación en el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas), a la repetición I se le aplicó un nematicida y un fungicida ya que las plantas presentaban una marchitez muy severa debido al ataque de nematodos, acentuada por la falta de agua que se produjo por motivos ajenos al trabajo.



Figura 25. Marchitez severa del tratamiento tres

En la undécima evaluación en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas), en la repetición I se encontró una igualdad en todas las plantas, hojas muy suculentas y bien desarrolladas; en la repetición II se encontró una igualdad en las plantas, plantas con algunas hojas amarillentas (figura 26); en la repetición III se encontraron plantas uniformes, algunas hojas amarillentas, hojas con bordes necróticos y clorosis en hojas, en la repetición IV se encontraron plantas uniformes con algunos daños antiguos, hojas suculentas y grandes; en el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas); en la repetición I se encontraron hojas amarillentas, plantas bien desarrolladas, algunas hojas con síntoma de moteado; en la repetición II se encontraron plantas con hojas amarillentas, el ápice “quemado” y síntoma de moteado; en la repetición III se encontró uniformidad en el crecimiento de las plantas; en la repetición IV se encontraron plantas uniformes y hojas bien desarrolladas; en el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas); en la repetición I se encontraron plantas marchitas, algunas hojas tenían el ápice “quemado” y algunas plantas des uniformes; en la repetición II se encontraron plantas con hojas muy suculentas libres de ataque de plagas; en la repetición III se encontraron plantas muy bien desarrolladas, algunas hojas presentaban síntoma de moteado; en la repetición IV se encontraron algunas plantas en las líneas lejanas al lateral de riego con un color distinto, se observó una ligera des uniformidad; en el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas), en la repetición I se encontraron plantas lejanas al lateral de riego secas y pequeñas y el resto tenían una apariencia normal; en la repetición II se encontraron plantas un poco des uniformes, plantas lejanas al lateral de riego un poco marchitas y otras plantas con hojas bien desarrolladas; en la repetición III se encontraron plantas des uniformes, se apreciaron focos de

plantas que estaban pequeñas y marchitas; en la repetición IV se encontraron plantas des uniformes, las plantas más lejanas al lateral de riego estaban pequeñas.



Figura 26. Plantas con hojas amarillentas

En la duodécima evaluación se encontró que todas las plantas estaban marchitas por aparente estrés hídrico, siendo éste un factor determinante por el cual la planta era más vulnerable a los ataques de insectos, nematodos (figura 27) y hongos; hasta esta semana ya se podía apreciar cómo las raíces sobresalían por encima del nivel del suelo y que estaban próximas a la cosecha.





Figura 27. El ataque de nematodos era constante y severo

En la décimo tercera evaluación en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas por lateral de riego), en la repetición I se encontró uniformidad en el crecimiento de las plantas, con síntomas de oídium (figura 28) y ataque de comedor de hoja; en la repetición II se encontró uniformidad en las plantas y síntoma de oídium y ataque de comedor de hoja; en la repetición III se encontraron plantas con síntoma de oídium, plantas con amarillamiento, ataque por comedor de hoja y uniformidad en las plantas; en la repetición IV se encontró uniformidad en el

crecimiento de las plantas, ataques por comedor, minador de hojas y síntomas de oídium; en el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas), en la repetición I se encontraron plantas uniformes, hojas con ápice necrótico, hojas de color amarillo y ataque de comedor de hoja y síntoma de oídium; en la repetición II se encontró síntoma de oídium además de hojas amarillas y una pequeña des uniformidad en el crecimiento, pero plantas bien desarrolladas, ataques por comedor de hojas y plantas con bordes necróticos; en la repetición III se encontró síntoma de oídium y comedores de hojas, algunas hojas presentaban puntos blancos; en la repetición IV se encontró ataque por oídium, una uniformidad en el crecimiento y plantas bien desarrolladas; en el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas por lateral de riego), en la repetición I se encontraron problemas por oídium, algunas plantas presentaban un ataque leve y otras un ataque severo; se apreció una ligera igualdad en el crecimiento de las plantas, ataque por comedor de hojas y algunas hojas presentaban el ápice “quemado”; en la repetición II se encontraron problemas por ataque de oídium y plantas más desarrolladas que otras; en la repetición III se encontró un ataque leve por oídium, hojas con daños por comedores de hojas y plantas con diferencias en el crecimiento; en la repetición IV se encontraron ataques severos por oídium, algunas hojas cloróticas, diferencias en el crecimiento y ataque muy ligero por minador de hoja; en el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas por lateral de riego), en la repetición I se encontró síntoma de oídium y ataque por comedor de hoja, hojas con bordes necróticos, de color amarillo y algunas hojas presentaban una clorosis intervenal; en la repetición II se encontraron diferencias en el crecimiento, síntomas de oídium, ataque de minador de hoja y comedor de hoja; en la repetición III se encontraron plantas des uniformes en

crecimiento, una planta marchita y con síntoma de oídio y ataque de comedor de hoja; en la repetición IV se encontró una clara diferencia en el crecimiento de las plantas, síntoma de oídio y ataque de minador de hojas, hojas con el ápice seco.



Figura 28. Hojas con síntoma de oídio

En la décimo cuarta evaluación en todos los tratamientos, no aparece el síntoma de oídio ya que se aplicó un fungicida; por otro lado en el **tratamiento uno** (dos líneas de plantas por lateral de riego), en la repetición I se encontró que algunas plantas presentaban una leve coloración amarilla en las hojas, una clara igualdad en el crecimiento y plantas bien desarrolladas; en la repetición II se encontraron hojas bien desarrolladas y una uniformidad en el crecimiento; en la repetición III se encontraron plantas bien desarrolladas, se apreciaron algunas hojas con un color amarillento con el ápice necrótico y libre de plagas; en la repetición IV se encontraron algunas hojas con coloración amarillenta y plantas bien desarrolladas; en el **tratamiento dos** (tres líneas de plantas por lateral de riego), en la repetición I se encontraron hojas bien desarrolladas, algunas presentaban

manchas necróticas, bordes amarillos pero se apreció una uniformidad en las plantas; en la repetición II se encontraron algunos focos de plantas más grandes que otras, hojas que presentaban un color amarillento con bordes necróticos; en la repetición III se encontraron plantas bien desarrolladas, hojas grandes, algunas con un leve amarillamiento y un ligero ataque por oídium; en la repetición IV se encontraron plantas bien desarrolladas, algunas hojas presentaban puntos rojizos; en el **tratamiento tres** (cuatro líneas de plantas por lateral de riego), en la repetición I se encontraron plantas pequeñas que estaban un poco marchitas, algunas hojas amarillentas con manchas necróticas; en la repetición II se encontraron plantas en buen estado con las hojas bien desarrolladas; en la repetición III se apreció un leve ataque por comedor de hoja, además de una des uniformidad en el crecimiento; en la repetición IV se encontró uniformidad en las plantas, bien desarrolladas y libre de plagas; en el **tratamiento cuatro** (cinco líneas de plantas por lateral de riego) en la repetición I se encontraron algunas plantas más desarrolladas que otras, algunas plantas presentaban sus hojas con manchas necróticas y los bordes con puntos rojizos; en la repetición II se encontró que las plantas lejanas a la manguera de riego estaban un poco pequeñas, algunas plantas más desarrolladas que otras; en la repetición III se encontraron que estaban muy des uniformes en crecimiento; en la repetición IV se encontró que las plantas más lejanas al lateral de riego estaban más pequeñas y otras plantas bien desarrolladas. Hasta esta evaluación todos los problemas presentados se pudieron controlar con los productos disponibles en el mercado, una detección a tiempo para poder aplicar fue fundamental en el desarrollo de la investigación y es por ello que se procuraba evaluar con mayor frecuencia en el menor tiempo.

Para la décimo quinta evaluación el Kc se redujo en todos los tratamientos en un 20 % debido a que el cultivo se encontraba próximo a la cosecha.

#### 7.2.2. Aplicaciones

Se realizaron aplicaciones de diferentes productos para el control de nematodos, insectos y cualquier otro agente extraño que interfirió en el libre desarrollo de la planta.

La primera aplicación se hizo a los 17 días de instalado el cultivo y fue para lepidópteros (figura 29). Se aplicó 20 mL/20 L (1.1 L/ha) de Clorraniliprol más Lambda-Cihalotrin. La segunda aplicación se realizó a los 22 días y se aplicó 20 g/20 L (1.1 kg/ha) de Buprofezin para nematodos y alrededor de un puñado de cebo tóxico por metro para *Anomala* spp. La tercera aplicación se hizo a los 34 días, y se aplicó 10 mL/20 L (0.56 L/ha) de aceite de cítricos más aditivos para ácaros y 20 mL/20 L (1.1 L/ha) de Oxamil para nematodos. La cuarta aplicación se realizó a los 46 días, se aplicó 20 mL/20 L (1.1 L/ha) de Oxamil para nematodos. La quinta aplicación a los 59 días fue de 20 mL/20 L (1.1 L/ha) de Oxamil para nematodos. La sexta aplicación fue a los 89 días y se aplicó 40 mL/20 L (2.22 L/ha) de Quitosano como enraizador y 30 mL/20 L (1.67 L/ha) de Bacilius para lepidópteros. La séptima aplicación se hizo a los 91 días, se aplicó 100 mL/20 L (5.5 L/ha) de Oxamil para nematodos y 0,03 L/20 L (1.67 L/ha) de Hymexazol para hongos. La octava aplicación se realizó a los 122 días y se aplicó 100 mL/20L (5.5 L/ha) de Oxamil para nematodos, 0,03 L/20 L (1.67 L/ha) de Hymexazol para hongos y 5 mL/20 L (0.28 L/ha) de Azoxystrobin más Tebuconazol para oidium. La novena y última aplicación se realizó a los 150 días de instalado el cultivo, y se aplicó 100 mL/20 L (5.5 L/ha) de

Oxamil para nematodos y 0,03 L/20 L (1.67 L/ha) de Hymexazol para hongos. La aplicación para lepidópteros, ácaros y oídium se efectuó foliarmente a tempranas horas de la mañana, mientras que, para nematodos y hongos, y el enraizador fue vía sistema de riego.

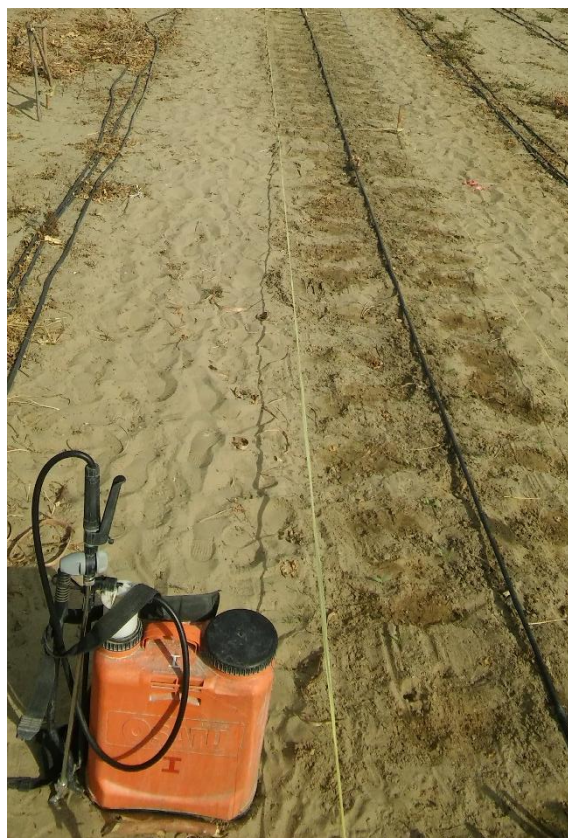


Figura 29. Primera aplicación contra lepidópteros

### 7.2.3. Fertilización

Las dosis que se utilizaron para la fertilización fueron 150-80-200 kg.ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente cuadro (19). Todo se aplicó por el sistema de riego (figura 30).

La primera fertilización se realizó a los 39 días de instalado el cultivo (figura 31), la segunda a los 46 días, la tercera a los 54 días, la cuarta a los 59 días, la quinta a los 62 días, la sexta fertilización se realizó a los 66 días y fue la última aplicación de

nitrógeno, la séptima fertilización se realizó a los 69 días de instalado el cultivo y en adelante solo se aplicó fosforo y potasio de acuerdo a las cantidades programadas (figura 32).



Figura 30. Aplicación de fertilizantes

La novena aplicación se realizó a los 74 días de instalado el cultivo, la décima a los 81 días, la undécima a los 89 días, la duodécima a los 96 días, la décimo tercera a los 101 días, la décimo cuarta a los 108 días, la décimo quinta a los 115 días, la décimo sexta a los 122 días, la décimo séptima a los 129 días y la última aplicación se hizo a los 136 días de instalado el cultivo, culminando así el programa de fertirriego.



Figura 31. Peso de los fertilizantes



PLAN DE FERTILIZACIÓN DE REMOLACHA AZUCARERA															
ESTADIOS	Duración (días)	acumulado días	%			Unidades			kg/ha			g/ superficie real			
			N	P	K	N	P	K	UREA	ÁCIDO FOSFÓRICO	CLORURO DE POTASIO	UREA	ÁCIDO FOSFÓRICO	CLORURO DE POTASIO	
DOSIS POR GOTEO			SUPERFICIE REAL (ha)			0,01									
N			FECHA DE SIEMBRA			03/06/2017									
P															
K															
150,00			80,00			200,00									
Germinación	0-7	7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plántula	8-14	14	5,00	4,00	5,00	7,50	3,20	10,00	16,30	5,25	16,67	16,67	163,04	52,46	166,67
Desarrollo de las hojas	15-21	21	10,00	4,00	5,00	15,00	3,20	10,00	32,61	5,25	16,67	16,67	326,09	52,46	166,67
Desarrollo de las hojas	22-28	28	10,00	6,00	5,00	15,00	4,80	10,00	32,61	7,87	16,67	16,67	326,09	78,69	166,67
Desarrollo de las hojas	29-35	35	20,00	8,00	5,00	30,00	6,40	10,00	65,22	10,49	16,67	16,67	652,17	104,92	166,67
Desarrollo de las hojas	36-42	42	20,00	10,00	5,00	30,00	8,00	10,00	65,22	13,11	16,67	16,67	652,17	131,15	166,67
Formación de corona	43-49	49	15,00	8,00	5,00	22,50	6,40	10,00	48,91	10,49	16,67	16,67	489,13	104,92	166,67
Formación de corona	50-56	56	15,00	6,00	10,00	22,50	4,80	20,00	48,91	7,87	33,33	33,33	489,13	78,69	333,33
Formación de corona	57-63	63	5,00	6,00	10,00	7,50	4,80	20,00	16,30	7,87	33,33	33,33	163,04	78,69	333,33
Formación de corona	64-70	70	0,00	6,00	10,00	0,00	4,80	20,00	0,00	7,87	33,33	33,33	0,00	78,69	333,33
Lenado de raíz	71-77	77	0,00	5,63	7,50	0,00	4,50	15,00	0,00	7,38	25,00	25,00	0,00	73,77	250,00
Lenado de raíz	78-84	84	0,00	5,63	5,00	0,00	4,50	10,00	0,00	7,38	16,67	16,67	0,00	73,77	166,67
Lenado de raíz	85-91	91	0,00	5,63	5,00	0,00	4,50	10,00	0,00	7,38	16,67	16,67	0,00	73,77	166,67
Lenado de raíz	92-98	98	0,00	5,00	5,00	0,00	4,00	10,00	0,00	6,56	16,67	16,67	0,00	65,57	166,67
Lenado de raíz	99-105	105	0,00	5,00	5,00	0,00	4,00	10,00	0,00	6,56	16,67	16,67	0,00	65,57	166,67
Lenado de raíz	106-112	112	0,00	3,13	2,50	0,00	2,50	5,00	0,00	4,10	8,33	8,33	0,00	40,98	83,33
Lenado de raíz	113-119	119	0,00	3,13	2,50	0,00	2,50	5,00	0,00	4,10	8,33	8,33	0,00	40,98	83,33
Lenado de raíz	120-127	127	0,00	3,13	2,50	0,00	2,50	5,00	0,00	4,10	8,33	8,33	0,00	40,98	83,33
Lenado de raíz	128-134	134	0,00	3,13	2,50	0,00	2,50	5,00	0,00	4,10	8,33	8,33	0,00	40,98	83,33
Lenado de raíz	135-141	141	0,00	2,63	2,50	0,00	2,10	5,00	0,00	3,44	8,33	8,33	0,00	34,43	83,33
Lenado de raíz	142-148	148	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lenado de raíz	149-155	155	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lenado de raíz	156-163	163	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cosecha	164-170	170	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
			100	100	100	150,0	80,0	200,0	326,09	131,15	333,33	333,33	3260,87	1311,48	3333,33

Cuadro 19. Programa de fertirrigación

### 7.3. Diferencias de agua utilizada

Uno de los propósitos de la investigación que se realizó fue regar correctamente, para lo cual se tuvo en cuenta el Kc (coeficiente de cobertura) y la Eo diaria (evaporación tanque).

El Kc se midió “in situ” y la Eo se obtenía del tanque evaporímetro de la empresa en la que se desarrolló la tesis.

Desde el primer día hasta el día 49 se regaba con el fin de evitar que el manto húmedo en profundidad descendiera por debajo de los 5 cm, por lo que el riego se hizo por lámina y no por volumen, utilizándose la conocida fórmula:  $Lámina: \frac{Cc-PMP}{100} * d * \rho_a$  (Forsythe, *et al.*, in Pinna, 2013).

dónde: Cc: capacidad de campo; PMP: punto de marchitez permanente; d: profundidad;  $\rho_a$ : densidad aparente

El Kc se empezó a tomar en cuenta a partir del día 50; para el tratamiento 1, dos líneas de plantas por lateral de riego, el Kc fue de 0,20; para el tratamiento 2, tres líneas de planta por lateral de riego, el Kc fue de 0,39; para el tratamiento 3, cuatro líneas de plantas por lateral de riego, el Kc fue de 0,46; para el tratamiento 4, cinco líneas de plantas por lateral de riego, el Kc fue de 0,71. En el día 60 y como es común en todos los cultivos el Kc se incrementó en todos los tratamientos siendo estos 0,34; 0,52; 0,64 y 0,88 respectivamente.

Del día 61 hasta el 156 el Kc se mantuvo con 0,34; 0,52; 0,64 y 0,88 respectivamente (figura 32).



Figura 32. Plantas en su máximo Kc

El día 157 el Kc bajó, debido a que estaba el cultivo próximo a la cosecha, a 0,27; 0,42; 0,51 y 0,71 respectivamente.

La Eo que se tomaba del tanque evaporímetro era distinta para cada día, la más baja fue de 1 mm.día<sup>-1</sup> (cuatro días), 2 mm.día<sup>-1</sup> (trece días), 3 mm.día<sup>-1</sup> (veinticinco días) y la mayor fue de 7 mm.día<sup>-1</sup>; datos que difieren en cuanto a la evaporación tanque en un intervale para la época en que se desarrolló el experimento, por motivos desconocidos.

De acuerdo a los datos al final del periodo vegetativo de la planta se notan grandes diferencias entre las cantidades de agua utilizadas por tratamiento; para el tratamiento de dos líneas de plantas por lateral de riego se utilizaron 1259.14 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de agua; para el tratamiento de tres líneas de plantas por lateral de riego se utilizaron 1951.05 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de agua; para el tratamiento de cuatro líneas de plantas por lateral de riego se utilizaron 2391.34 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de agua y para el tratamiento de cinco líneas de plantas se utilizaron 3320.68 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> de agua; teniendo grandes diferencias entre tratamientos, ya que se regó de manera adecuada. Eo x Kc fue la fórmula que se utilizó para regar correctamente (figura 33).

#### 7.4. Eficiencia de la utilización del agua

Se determinó la eficiencia de utilización del agua en cada tratamiento, considerándose como la misma la producción de remolacha en t por cada 100 m<sup>3</sup> de agua aplicada; y el ingreso bruto por hectárea de remolacha azucarera, considerando que el precio de venta en campo, por tonelada, es 30 % más en la remolacha, que en la caña de azúcar, debido a las mucho mejores calidades (cuadro 20).

Cuadro 20. Eficiencia en la utilización del agua

Precio por m <sup>3</sup> de agua (S/.)	Factor	Precio por tonelada de caña en campo (S/.)	Precio por tonelada de remolacha en campo (S/.)
0,064	3,2	100	130

	Rendimiento t.ha <sup>-1</sup>	Agua m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup>	Eficiencia t.m <sup>-3</sup>	Precio por agua	Ingreso bruto
Tratamiento I	39,92	1259,14	3,17	257,87	5189,60
Tratamiento II	50,95	1951,02	2,61	399,57	6623,50
Tratamiento III	58,55	2391,34	2,45	489,75	7611,50
Tratamiento IV	69,46	3320,68	2,09	680,08	9029,80

Luego que se realizaron los cálculos correspondientes se obtuvo para el tratamiento uno, una eficiencia de 3,17, para el tratamiento dos 2,61, para el tratamiento tres 2,45 y para el tratamiento cuatro 2,09 de eficiencia en el aprovechamiento del agua; los ingresos brutos en soles por tonelada de remolacha azucarera son de 5189,60, 6623,50, 7611,50 y 9029,80 para los tratamientos uno, dos, tres y cuatro respectivamente; se ven diferencias mínimas entre los tratamientos I y IV en cuanto a eficiencia de aprovechamiento de agua la que tiene un costo muy bajo, pero no es lo mismo en los ingresos brutos por tonelada de remolacha, (cuya producción es mucho mayor, y a precios de venta mucho mayores) por lo que se optaría por perder 1,08 de eficiencia en aprovechamiento de agua, y así obtener mayores ingresos brutos.



Figura 33. La utilización del agua fue excelente, ya que aún con ataque severo de nematodos la raíz de la planta se veía muy bien

### 7.5. Cosecha

La cosecha se realizó a los 170 días de instalado el cultivo. Ésta se realizó manualmente y consistió en la extracción manual de las raíces más hojas y corona, y con la ayuda de un “machete” se separaba la raíz de la corona más hojas. Todas, hojas más coronas, y raíces se juntaba por parcelas y se pesaban (figura 34 y 35).



Figura 34. Cosecha



Figura 35. Hojas más coronas, y raíces, separadas por parcelas (tratamientos y repeticiones).

### 7.5.1. Rendimientos

Los rendimientos se vieron afectados por la presencia de ataques severos de nematodos en todos los tratamientos (figuras 36 y 37).



Figura 36. Nódulos de nematodos en las raíces



Figura 37. Ataque de nematodos



Figura 38. Nódulos en toda la zona radicular



Figure 39. Raíces afectadas por ataque de nematodos

A pesar de los abundantes nematodos el cultivar Cooper de remolacha azucarera ayudado con aplicaciones de Oxamil y Hymexazol tiene grandes rendimientos (cuadro 21) y muy rentables, condiciones en las que cualquier otra planta no hubiera sobrevivido (figuras 38 y 39).

Cuadro 21. Rendimientos en t.ha<sup>-1</sup> de toda la investigación.

		Peso de raíces	Peso de hojas más coronas
T1	IV c	40,13	26,84
	II d	38,93	26,04
	I b	40,22	23,11
	III a	40,40	34,29
T2	IV a	54,71	31,98
	III b	49,73	31,17
	II c	49,21	26,76
	I d	50,20	27,01
T3	Ia	52,36	22,62
	IIb	49,73	22,61
	III c	64,70	27,60
	IV d	67,41	30,74
T4	II a	68,75	37,76
	I c	65,82	27,16
	III d	74,77	35,00
	IV b	68,49	37,90

Los tratamientos con mayor producción son los que tienen mayor cantidad de superficie verde o Kc (figura 40), al tener mayor Kc mayor uso de agua productiva y por lo tanto mayor rendimiento; es decir, no importa la cantidad de agua que se aplique al suelo, si no dar al suelo el agua que pide la atmósfera para que por medio de la planta ésta sea repuesta a la atmósfera siendo esta agua aprovechable y productiva para la planta.



Figura 40. Rendimientos del tratamiento tres



### 7.5.2. Raíces

Las raíces fueron pesadas por repeticiones y tratamientos (figura 41).



Figura 41. Raíces cosechadas

Cuadro 22. Pesos en t.ha<sup>-1</sup> de las raíces.

Raíces				
	I	II	III	IV
T1	40,22	38,93	40,40	40,13
T2	50,20	49,21	49,73	54,71
T3	52,36	49,73	64,70	67,41
T4	65,82	68,75	74,77	68,49

Cuadro 23. ANOVA de pesos en t.ha<sup>-1</sup> de remolacha azucarera

Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T. uno	4	159,69	39,92	0,45
T. dos	4	203,85	50,96	6,40
T. tres	4	234,19	58,55	77,50
T. cuatro	4	277,84	69,46	14,30

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Significancia	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1859,94	3	619,98	25,14	**	1,84E-05	3,49
Dentro de los grupos	295,94	12	24,66				
Total	2155,88	15					

Se hace notar una alta significación entre tratamientos en cuanto a peso de raíces en  $t.ha^{-1}$  teniendo una diferencia de  $29,54 t.ha^{-1}$  entre el primer y cuarto tratamiento. A pesar de que la densidad de siembra es la misma, el cuarto tratamiento produjo mucho más, siendo el más alejado del lateral, lo que demuestra que en cultivos hortícolas de alta densidad es suficiente un lateral de riego, ya que no se produce más por estar mas cercano del lateral, sino por una mayor cobertura del suelo (Kc)

### 7.5.3. Hojas más coronas

Se realizó el peso de las hojas más coronas de cada repetición y tratamiento, estos resultados se llevaron a  $t.ha^{-1}$  (figura 42).



Figura 42. Hojas más coronas del tratamiento uno

Cuadro 24. Pesos en t.ha<sup>-1</sup> de hojas más coronas.

Hojas mas coronas				
	I	II	III	IV
T1	23,11	26,04	34,29	26,84
T2	27,01	26,76	31,17	31,98
T3	22,62	22,61	27,60	30,74
T4	27,16	37,76	35,00	37,90

Cuadro 25. ANOVA de pesos en t.ha<sup>-1</sup> de hojas más coronas.

Análisis de varianza de un factor

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
T. uno	4	110,29	27,57	22,64			
T. dos	4	116,91	29,23	7,45			
T. tres	4	103,58	25,89	15,96			
T. cuatro	4	137,83	34,46	25,41			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	164,70	3	54,90	3,07	N.S	0.068	3,49
Dentro de los grupos	214,42	12	17,87				
Total	379,12	15					

Las diferencias entre tratamientos son no significativas, esto debido a que el desarrollo foliar de todas las plantas era parejo, teniendo una diferencia de 6,89 t.ha<sup>-1</sup> entre el tratamiento uno y el cuatro.

### 7.6. Análisis de calidad

Los análisis se realizaron a una muestra que se tomó de 15 kilogramos aproximadamente de raíces de cada parcela experimental. Los análisis que se realizaron fueron de sacarosa, grados brix, porcentaje de pureza, y azúcares reductores, respectivamente.

De los análisis se perdieron los resultados del tratamiento dos, repetición I los cuatro análisis de calidad; para el tratamiento tres, repetición IV los resultados de sacarosa y porcentaje de pureza. Todos los resultados de las parcelas perdidas se calcularon con el método de estimación de parcelas pérdidas para poder realizar el análisis ANOVA sin ninguna dificultad (Segura, 2000).

Las calidades se vieron afectadas por el severo ataque de nematodos en todos los tratamientos de la investigación.

Cuadro 26. Resultados de los análisis de calidad de las raíces.

		Brix	Sacarosa	Pureza	Reductores
T 3	I a	14,50	12,09	83,38	0,23
	II b	15,76	12,71	80,65	0,23
	III c	17,59	14,37	81,69	0,23
	IV d	16,04	12,71	80,90	0,23
T 4	II a	16,36	13,65	83,44	0,23
	I c	16,53	14,00	84,69	0,23
	III d	16,99	14,11	83,05	0,23
	IV b	15,96	13,11	82,14	0,23
T 1	IV c	16,36	13,36	81,66	0,23
	II d	15,87	13,35	84,12	0,23
	I b	15,53	12,68	81,65	0,23
	III a	16,27	13,75	84,51	0,23
T2	IV a	16,02	13,48	84,14	0,23
	III b	17,05	14,21	83,34	0,23
	II c	16,62	13,90	83,63	0,23
	I d	15,73	13,33	84,48	0,23

### 7.6.1. Sacarosa

Los resultados de cada análisis se ordenaron para poder realizar el ANOVA.

Cuadro 27. Resultados de análisis de sacarosa

Sacarosa				
	I	II	III	IV
T 1	12,68	13,35	13,75	13,36
T 2	13,33	13,90	14,21	13,48
T 3	12,09	12,71	14,37	12,71
T 4	14,00	13,65	14,11	13,11

Cuadro 28. ANOVA de los resultados de sacarosa

Análisis de varianza de un factor

#### RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	53,1	13,3	0,2
T. dos	4	54,9	13,7	0,2
T. tres	4	51,9	13,0	1,0
T. cuatro	4	54,9	13,7	0,2

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	1,6	3	0,5	1,4	N.S	0,28	3,5
Dentro de los grupos	4,6	12	0,4				
Total	6,2	15					

Los análisis dan como resultado que no hay diferencias significativas, indicando así que la calidad en cuanto a sacarosa no fue afectada por el distanciamiento que había entre plantas ni por el distanciamiento del lateral con las líneas de plantas, ni por el Kc del cultivo.

## 7.6.2. Brix

Se realizaron los análisis correspondientes de los grados brix.

Cuadro 29. Resultados de los analisis de grados brix.

Brix				
	I	II	III	IV
T 1	15,53	15,87	16,27	16,36
T 2	15,73	16,62	17,05	16,02
T 3	14,50	15,76	17,59	16,04
T 4	16,53	16,36	16,99	15,96

Cuadro 30. ANOVA de los resultados de grados brix.

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
T. uno	4	64,0	16,0	0,1			
T. dos	4	65,4	16,4	0,4			
T. tres	4	63,9	16,0	1,6			
T. cuatro	4	65,8	16,5	0,2			

ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0,7	3	0,2	0,4	N.S	0,74	3,5
Dentro de los grupos	6,9	12	0,6				
Total	7,6	15					

Los análisis muestran que no hay diferencias significativas, indicando así que la calidad en cuanto a grados brix, y al igual que con la sacarosa no fue afectada por el distanciamiento que había entre plantas ni por el distanciamiento del lateral con las líneas de plantas, ni por el Kc del cultivo.

### 7.6.3. Porcentaje de Pureza

Se realizaron los análisis, de los porcentajes de pureza.

Cuadro 31. Resultados de los análisis de porcentaje de pureza.

Pureza				
	I	II	III	IV
T 1	81,65	84,12	84,51	81,66
T 2	84,48	83,63	83,34	84,14
T 3	83,38	80,65	81,69	80,90
T 4	84,69	83,44	83,05	82,14

Cuadro 32. ANOVA de los resultados de porcentaje de pureza.

#### RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	331,9	83,0	2,4
T. dos	4	335,6	83,9	0,3
T. tres	4	326,6	81,7	1,5
T. cuatro	4	333,3	83,3	1,1

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	10,9	3	3,6	2,7	N.S	0,09	3,5
Dentro de los grupos	15,8	12	1,3				
Total	26,7	15					

Los análisis dan resultados no significativos, mostrando así que la calidad en cuanto a porcentaje de pureza no fue afectada por el distanciamiento que había entre plantas ni por el distanciamiento del lateral con las líneas de plantas, ni por el Kc del cultivo.

#### 7.6.4. Azúcares Reductores

Los resultados para los azúcares reductores fueron los mismos en todos los tratamientos ya que el método de análisis empleado no es para reductores tan bajos (está calibrado para la caña de azúcar).

Cuadro 33. Resultados de todos los análisis de azúcares reductores.

Reductor				
	I	II	III	IV
T 1	0,23	0,23	0,23	0,23
T 2	0,23	0,23	0,23	0,23
T 3	0,23	0,23	0,23	0,23
T 4	0,23	0,23	0,23	0,23

Cuadro 34. ANOVA de los resultados de azucares reductores.

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T. uno	4	0,92	0,23	0
T. dos	4	0,92	0,23	0
T. tres	4	0,92	0,23	0
T. cuatro	4	0,92	0,23	0

ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Significancia</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0	3	0	65535	N.S	#¡DIV/0!	3,490
Dentro de los grupos	0	12	0				
Total	0	15					

Los análisis muestran resultados no significativos, ratificando una vez más, que la calidad de las raíces de la remolacha azucarera, incluyendo los azúcares reductores no fue afectada por el



distanciamiento que había entre plantas ni por el distanciamiento del lateral con las líneas de plantas, ni por el Kc del cultivo.

## VIII. Conclusiones

1. Los análisis de germinación dan resultados no significativos para todos los tratamientos, concluyendo así que la distribución de agua en el manto húmedo en profundidad fue uniforme y las semillas pudieron germinar sin problemas.
2. La producción se vio afectada por los distanciamientos de las líneas de plantas del lateral de riego, siendo estas desde 39.92 t.ha<sup>-1</sup> en dos líneas por lateral hasta las 69.46 t.ha<sup>-1</sup> en cinco líneas.
3. Es necesario un solo lateral de riego para cinco líneas de plantas.
4. La forma más adecuada de regar es mediante la medición del Kc del cultivo multiplicado por la Eo de cada día, para saber cuánta agua reponer al suelo para que por medio de las plantas el agua sea repuesta a la atmósfera.
5. En todos los cultivos industriales se debe priorizar una mayor cantidad de Kc, si se tiene mayor Kc, se tendrá mayor y mejor aprovechamiento del agua por lo tanto habrá más producción.
6. La calidad de la remolacha azucarera es similar en todos los tratamientos. Concluyendo así que no tiene efecto el distanciamiento que hubo entre plantas, ni al lateral de riego, ni el Kc.

## IX. Recomendaciones

1. Realizar un subsolado antes de la siembra para un mayor desarrollo de la raíz.
2. Realizar la siembra inmediatamente después de terminar el riego de "machaco" para un mayor y mejor aprovechamiento de la humedad del suelo.
3. Sembrar en suelos salinos por ser la remolacha una planta tolerante a suelos salinos y para reducir el ataque de nematodos.
4. Evitar en todo momento estrés hídrico para la planta, por ser muy susceptible a plagas, hongos y nematodos que ingresan y hacen daños considerables al cultivo.
5. Realizar el estudio de más número de líneas de plantas por lateral de riego, ya que, a mayor distancia, mayores rendimientos en cantidad, y la calidad no se ve afectada.
6. Efectuar trabajos de investigación con enraizadores en remolacha azucarera.
7. Realizar aplicaciones fitosanitarias semanalmente, por ser un cultivo hortícola y agroindustrial.
8. Aplicar materia orgánica para mejorar el suelo y minimizar los daños por ataque de nematodos.
9. Aplicar Ca, K y Na por ser elementos ausentes en suelos arenosos.
10. No sembrar remolacha en suelos arenosos.

## X. Bibliografía

1. AIMCRA, 2007. Recomendaciones de siembra de primavera. Edita Asociación de Investigación para la Mejora del Cultivo de la Remolacha Azucarera. Andalucía-España. pp 8. Disponible en: <https://www.aimcra.com/Publicaciones/Documentos/Revistas/Revista%2097En08.pdf>. Consultado el 29 de octubre del 2018
2. Echevarría, C. 2003. Aspectos fisiológicos de la remolacha azucarera de siembra otoñal. Editorial Junta de Andalucía. Andalucía – España. 175 p.
3. Espejo Z., E. 2017. Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada en remolacha forrajera (*Beta vulgaris L.*) en Agallpampa. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 56p.
4. Finck A. 1988. Fertilizantes y fertilización. Editorial Reverte S.A. Barcelona- España. 324 p.
5. García, T. M. A. y Benito, M. A. 1996. Comparación de dos sistemas de riego: aspersión y goteo, en remolacha azucarera. Ingeniería del Agua 3(4):37 - 44. España. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/3257/34article3.pdf?sequence=1> . Consultado el 10 de octubre de 2017.

6. Gonzales, P. J. 1896. La Remolacha, su cultivo y empleo en la alimentación de los animales domésticos. <http://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/29-sector-agrario/azucar/243-produccion?start=4> .Consultado el 30 de agosto del 2017.
7. Iglesias, C. R. 2010. Remolacha Azucarera. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2364.pdf> .Consultado el 30 de agosto del 2017. 98
8. MINAGRI. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario. Sector Agrario. Azúcar. Ministerio de Agricultura y Riego. Perú. Disponible en: <http://www.minagri.gob.pe/portal/especial-iv-cenagro/29-sector-agrario/azucar/243-produccion?start=4> .Consultado el 30 de agosto del 2017.
9. Paz A., P. E. 2015. Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada en la producción de remolacha azucarera (*Beta vulgaris L.*), en el caserío de Vaquería. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 59p.
10. Pinna C., J. 2013. Curso relación Agua-Suelo-Planta. Fondo editorial Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. 449p.
11. Pinna C., J. y Valdivia V., S. 2000. Inducción de la producción de semilla de remolacha azucarera en un clima cálido de días cortos. *Arnaldoa* 7(1-2):65-70.

12. Reynoso C., J., Valdivia V., S., Larsen, C. E. y Pinna C., J. 2001. Comparativo de cultivares de remolacha azucarera en suelos salinos. *Arnaldoa* 8(1):93-100.
13. Rojas R., C., Vásquez G., R., Paz A., P., Espejo Z., E., Valdivia V., S., y Pinna C., J. 2018 Desarrollo de la “remolacha azucarera” y de la “remolacha forrajera” *Beta vulgaris L.* (Amaranthaceae) sembradas directamente en zonas altoandinas del norte del Perú. *Arnaldoa* 25 (3): 989-1002.
14. Segura C., J. C. 2000. Notas de Diseños Experimentales. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán. México. 54p.
15. Valdivia V., S. y Pinna C., J. 2016. Extracción de K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> y Na<sup>+</sup> de suelo salino por la remolacha azucarera. Memorias del XXI Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XV congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo. Quito – Ecuador. pp. 760 – 764.
16. Valdivia V., S., Pinna C., J., y Valdivia S., S. (2010 a). Extracción de fósforo y potasio en un suelo aluvial salino, cultivado con remolacha azucarera (*Beta vulgaris L.*) bajo riego. XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. Realizado del 25 al 29 de Octubre. Mexicali, Baja California, México. pp 93 – 100.
17. Valdivia V., S., Valdivia S., S. y Pinna C., J. (2010 b). Ganancias y pérdidas de nitrógeno en un suelo salino bajo cultivo de remolacha azucarera (*Beta vulgaris L.*). XII Congreso Nacional y V Internacional de la Ciencia del Suelo. Arequipa, Perú. pp. 65 – 70.