

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTADA DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



RESPUESTA DEL CULTIVO DE BETARRAGA (*Beta vulgaris* L.)
A CINCO LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEO EN EL VALLE DE
CAJAMARCA

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por el Bachiller:
JORGE JENRY MOROCHO CUBAS

Asesor

Ing. JOSÉ LIZANDRO SILVA MEGO

CAJAMARCA-PERÚ

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Agronomía



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los **veintidós** días del mes de **Agosto** del Año dos mil diecinueve, se reunieron en el ambiente **2C-211** de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 331 - 2019-FCA-UNC, Fecha 12 de Julio del 2019, con el objeto de Evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis titulado: **“RESPUESTA DEL CULTIVO DE BETARRAGA (*Beta vulgaris* L.) A CINCO LÁMINAS DE RIEGO POR GOTEJO EN EL VALLE DE CAJAMARCA”** del Bachiller: **MOROCHO CUBAS JORGE JENRY** en Cajamarca, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las **diez** horas y **treinta** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la **aprobación** por **unanimidad** con el calificativo de **dieciséis (16)**.

Por lo tanto, el graduando queda expedito para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las **doce** horas y **diez** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, **22 de agosto** de 2019.

Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia

PRESIDENTE

Ing. Mg. Sc. Segundo César Guevara Cieza

SECRETARIO

Ing. Urias Mostacero Plasencia

VOCAL

Ing. José Lizandro Silva Mego

ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios, porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortalezas para continuar.

A mis padres Felipe y Esperanza, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad.

A mis hermanos, Humberto, Celso y Adelinda con afecto por su cariño y solidaridad.

A Jorge Quispe Malca, quien ha sido un motor importante durante los últimos años de mi vida universitaria y de forma especial en el desarrollo de esta tesis. Gracias por tus consejos, por ser un amigo leal con quien puedo contar en todo momento.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

Expreso mi especial agradecimiento al Ing. José Lizandro Silva Mego, por ser guía en la elaboración de este trabajo de investigación.

A la Asociación Los Andes de Cajamarca (ALAC), por su apoyo, consejos y su constante acompañamiento durante mi formación profesional.

A mis amigos y demás personas que de alguna manera colaboraron en la realización del presente trabajo de investigación.

Mi gratitud a todos los docentes de mi querida Escuela de Agronomía por estar contribuyendo cada día en mi formación profesional.

EL AUTOR

ÍNDICE

CONTENIDO	páginas
RESUMEN.....	i
SUMMARY	ii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Relación agua, suelo y planta.....	2
2.2. Estados de humedad del suelo	2
2.3. Necesidades hídricas del cultivo	4
2.5. Riego por goteo.....	12
2.6. Invernadero	14
2.7. Generalidades de la betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.)	16
CAPÍTULO III.....	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Ubicación del campo experimental.....	22
3.2. Materiales y equipos.....	23
3.3. Metodología.....	24
3.4. Evaluaciones experimentales	36
CAPÍTULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	38
4.1. Volumen de agua aplicado.....	38
4.2. Análisis estadístico de los tratamientos en estudio.....	39
CAPÍTULO V	49
CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.....	49
CAPÍTULO VI	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

1. Índice de contenido de humedad en el suelo	4
2. Valores referenciales de ETP según la altitud.....	5
3. Coeficientes de cultivo (Kc) de cultivos anuales (C. Brouwer y M. Heibloem)	8
4. Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego	11
5. Resultado de Análisis Físico-Químico del suelo.....	22
6. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)	25
7. Duración aproximada de las etapas en el período vegetativo y Coeficiente del cultivo (Kc) de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	25
8. Evapotranspiración del cultivo para diferentes etapas de desarrollo del cultivo de betarraga.....	26
9. Intervalos de riego para sus diferentes etapas en el cultivo de betarraga	28
10. Caudal de emisores calibrados para cada tratamiento.....	28
11. Láminas de riego y volumen de agua en litros	30
12. Volumen total de agua suministrados por cada tratamiento	38
13. Rendimiento de raíz betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.) en t ha ⁻¹	39
14. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de raíz de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	39
15. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento de raíz de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	40
16. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de biomasa aérea, de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	41
17. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento de biomasa aérea, de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.)	42

18. Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro ecuatorial de la raíz de de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	43
19. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el diámetro ecuatorial de la raíz de de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.)	44
20. Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la planta de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	45
21. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la altura (<i>Beta vulgaris</i> L.)... ..	45
22. Análisis de varianza (ANOVA) para la materia seca de la raíz de la raíz de betarraga (<i>Beta vulgaris</i> L.).....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Curva generalizada del coeficiente del cultivo, correspondiente al procedimiento del coeficiente único del cultivo	7
2. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.....	32
3. Volumen total de agua utilizado por tratamiento.	38
4. Promedio del rendimiento de raíz alcanzado por los tratamientos	40
5. Promedio del rendimiento de biomasa aérea obtenido por los tratamientos.....	42
6. Promedio del diámetro ecuatorial de la raíz alcanzado por los tratamientos	44
7. Promedio de altura de planta generado por los tratamientos.	46
8. Promedio de materia seca de la raíz generado por los tratamientos.....	47

ANEXOS

1. Registro de información de campo.....	54
2. Datos de las evaluaciones en campo.....	56
3. Actividades de instalación del riego	57
4. Cronograma general de riego	58
5. Análisis de suelos	59
6. Panel fotográfico	60

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se fundamenta en determinar la lámina de riego más eficiente en el rendimiento del cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.), variedad Early Wonder Tall Top, utilizando un sistema de riego por goteo. La investigación fue llevada a cabo en el Servicio Silvo Agropecuario (SESA) de la Universidad Nacional de Cajamarca, en un área experimental de 220.4 m² bajo condiciones de invernadero. Para lo cual, se empleó el modelo estadístico de Bloques Completamente al Azar (DBCA) para valorar el nivel de significancia de los tratamientos; resultando 5 tratamientos y 3 repeticiones cada uno, los mismos que estuvieron distribuidos en forma aleatoria en el campo experimental. Los tratamientos evaluados fueron 4, 6, 8, 10 y 12 mm de lámina de riego, los que fueron determinadas en base a la lámina teórica calculada (lámina bruta de riego). Las variables en estudio fueron rendimiento, biomasa aérea, altura de planta, diámetro de raíz y materia seca. El incremento de la dosis de lámina de riego permite mejorar de manera gradual los rendimientos de la betarraga obteniéndose el mayor (45.49 t ha⁻¹) con la aplicación del T5 y el menor (18.58 t ha⁻¹) con el T1, así mismo se obtiene un incremento en la altura de planta, diámetro raíz y biomasa aérea, pero no hay diferencias significativas en el caso de materia seca. Este último indica que la acumulación de masa seca se mantiene constante a pesar de que la masa fresca se incrementa.

Palabras claves: Lámina de riego, rendimiento, betarraga, riego por goteo.

SUMMARY

The present research work is based on determining the irrigation depth of irrigation more efficient in the performance of the cultivation of beet (*Beta vulgaris* L.), variety Early Wonder Tall Top, using a drip irrigation system. The research was carried out in the Silvo Agropecuario Service (SESA) of the National University of Cajamarca, in an experimental area of 220.4 m² under greenhouse conditions. For this purpose, the statistical model of completely randomized blocks (DBCA) was used to assess the level of significance of the treatments, resulting in 5 treatments and 3 repetitions each, the same ones that were distributed randomly in the experimental field. The treatments evaluated were 4, 6, 8, 10 and 12 mm of irrigation foil, which were determined on the basis of the calculated theoretical foil (gross irrigation foil). The variables under study were performance, aerial biomass, plant height, root diameter and dry matter. The increase of the dose of irrigation depth of irrigation allows improve gradually yields of the beet with the highest (45.49 t ha⁻¹) with the application of the T5 and the lowest (18.58 t ha⁻¹) with the T1, so it is obtained an increase in height of plant, diameter of root and aboveground biomass, but no significant differences in the case of dry matter. The latter indicates that the accumulation of dry mass remains constant even though the fresh mass increases.

Keywords: Irrigation foil, yield, betarraga, drip irrigation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El agua ha sido históricamente un factor determinante en la producción agraria, de su disponibilidad y calidad depende la producción de los cultivos. Es claro que el agua es pieza clave para producir más alimentos, pero también es claro que hoy en día constituye un recurso cada vez más escaso. Esta situación obliga al agricultor, usuario y/o productor a manejar el agua de riego con racionalidad y eficiencia.

Afortunadamente la mejora y el aumento de la producción vegetal es compatible con la economía del agua, pero se requieren nuevos conocimientos y tecnologías que deben desarrollarse para hacer más sostenible la producción de alimentos y alimentar a una población en constante crecimiento. Estas tecnologías implican adoptar nuevas técnicas de riego que ayuden a incrementar la eficiencia en el uso de agua en la agricultura, logrando que las plantas produzcan más por cada unidad de agua consumida (Lecaros 2011). En tal sentido el interés de investigar laminas o volúmenes de agua mediante riego por goteo, con la finalidad de dar a las plantas la cantidad necesaria de agua y de manera eficiente (riego por goteo más del 90 %). Incrementando los niveles de producción principalmente de un cultivo como la betarraga (*Beta vulgaris* L.), el cual es muy importante en nuestra dieta alimentaria.

Las bondades peculiares de la betarraga (*Beta vulgaris* L.) están dadas por su amplio valor nutricional, principalmente por su contenido de compuestos bioactivos, que son elementos alimentarios que influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos, produciendo efectos beneficiosos sobre la salud.

De acuerdo a lo citado anteriormente se realizó el presente trabajo de investigación con el siguiente objetivo.

Determinar la lámina de riego más eficiente en el rendimiento del cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.) mediante riego por goteo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Relación agua, suelo y planta

Todos los procesos fisiológicos de las plantas son afectados directa o indirectamente por la cantidad de agua existente en el suelo. La producción es una función de las actividades fisiológicas de los vegetales y está naturalmente subordinada a factores que, como el agua, afecta dichas actividades (Mori 2015).

El suelo es el almacén de agua para las plantas, el agua que se aplica a los terrenos, ya sea mediante la lluvia o mediante el riego, es almacenado por el suelo en el espacio poroso (Mendoza 2013).

Las plantas necesitan absorber agua con facilidad para crecer y producir a un nivel óptimo. Extraen el agua retenida o almacenada en el suelo. Si la planta se encuentra en confort hídrico se mantendrá la apertura estomática que permite la entrada de CO₂ que será utilizado en la fotosíntesis, simultáneamente a la entrada de CO₂ se pierde vapor de agua hacia la atmósfera. Esta pérdida de agua a nivel foliar debe compensarse por absorción de agua a nivel de raíz. Si la tasa de absorción no compensa la tasa de transpiración, el cultivo pierde turgencia y se produce ajuste estomático. Para que esto no ocurra, la humedad del suelo debe mantenerse por encima de determinado nivel (umbral de riego) (Puppo 2015).

2.2. Estados de humedad del suelo

Del agua aplicada a los suelos una parte queda almacenada en los poros del suelo, dependiendo de la cantidad de agua aplicada, los poros pueden llenarse total o parcialmente, de acuerdo a esto pueden identificarse cuatro niveles de humedad: Saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y suelo seco (Mendoza 2013).

2.2.1. Saturación

Mendoza (2013) menciona que el nivel de saturación es cuando todos los poros del suelo están llenos de agua, en esta condición no existe aire en los poros y las plantas pueden morir por asfixia, por eso es importante regar en las cantidades adecuadas. Al respecto Soto (2002) sostiene que cuando se llega a este estado se dice que el suelo está a 100 % de contenido de humedad.

2.2.2. Suelo seco

Es el momento en el cual los poros del suelo se encuentran completamente llenos de aire y prácticamente no existe agua en ellos (Mendoza 2013).

2.2.3. Capacidad de campo

Cuando el suelo deja de perder agua por gravedad, se dice que el suelo está a capacidad de campo. La capacidad de campo, viene a ser la máxima cantidad de agua que el suelo puede retener, este límite generalmente se llega cuando el potencial de retención de agua por el suelo alcanza las 0.3 atmósferas en suelos francos, 0.5 en suelos arcillosos y 0.1 atmósferas en suelos arenosos. En este momento el agua ocupa los poros pequeños y los poros grandes son ocupados por aire (Soto 2002).

2.2.4. Punto marchitez

Según Pizarro (1996), el contenido de agua puede descender por debajo de la capacidad de campo como consecuencia de la evaporación y la transpiración de las plantas. La película de agua que rodea a las partículas se hace cada vez más fina y a medida que el contenido de humedad disminuye, se hace más difícil la absorción de agua por las raíces, hasta que alcanza un estado denominado punto de marchitez (PM), que se caracteriza porque las plantas absorben el agua del suelo con mucha dificultad y experimenta marchitez irreversible. Es el contenido de humedad que tiene el suelo cuando el agua está retenida a 15 atmósferas.

2.2.5. Agua útil

Pizarro (1996) indica que el agua comprendida entre capacidad de campo y punto de marchitez se define como agua útil. La humedad correspondiente a los estados de capacidad de campo(CC) y punto de marchitez (PM) y el agua útil (AU) se puede expresar en términos de humedad gravimétrica o volumétrica; en cualquier caso, se cumple:

$$AU = CC - PM$$

Tabla 1. Índice de contenido de humedad en el suelo

Tipo de suelo (Clasificación de la textura del suelo del USDA)	Características de la humedad del suelo		
	CC(%)	PMP(%)	HD(%)
Arenoso	7-17	2-7	5-11
Arenoso Franco	11-19	3-10	6-12
Franco Arenoso	18-28	6-16	11-15
Franco	20-30	7-17	13-18
Franco Limoso	22-36	9-21	13-19
Limoso	28-36	12-22	16-20
Franco Arcillo Limoso	30-37	17-24	13-18
Arcillo Limoso	30-42	17-29	13-19
Arcilloso	32-40	20-24	12-20

Fuente: FAO, publicación 56.

2.3. Necesidades hídricas del cultivo

Las necesidades hídricas del cultivo es uno de los parámetros de mayor importancia, ya que nos ayuda a responder ¿Cuánto regar?; con este cálculo se optimiza el recurso agua, y por lo tanto se logra incrementar la productividad y rentabilidad del cultivo, además se contribuye al uso eficiente del agua de riego (INTAGRI 2019).

2.3.1. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La evapotranspiración de referencia es la cantidad de agua consumida durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua. Los únicos factores que afectan la ET_o son los parámetros climáticos, por lo tanto, puede ser calculada a partir de datos meteorológicos. La ET_o expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo (FAO 2006).

Según Olarte (2003), existen al menos cuatro métodos generalmente aceptados para calcular la evapotranspiración potencial, a partir de determinados datos meteorológicos: Los métodos de Hargreaves, Penman, Blaney-Cridde y Thornthwaite.

Tabla 2. Valores referenciales de ET_p según la altitud

Zonas	Evapotranspiración potencial (ET _p)
Valles (de 1000 a 2000 m)	4.0 mm día ⁻¹
Zona Quechua (de 2000 a 3000 m)	3.0 mm día ⁻¹
La Jalca (de 3000 m a más)	2.5 mm día ⁻¹

Fuente: PRONAMACHCS, citado por Vásquez *et al.* 2017.

2.3.2. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ET_c, y se refiere a la evapotranspiración de cualquier cultivo cuando se encuentra exento de enfermedades, con buena fertilización y que se desarrolla en parcelas amplias, bajo óptimas condiciones de suelo y agua, y que alcanza la máxima producción de acuerdo a las condiciones climáticas reinantes (FAO 2006).

Fuentes y García (1999) mencionan que, una gran parte del agua absorbida por la planta se consume en la evapotranspiración ya que solo una mínima parte (0,1 al 1 %) se incorpora a los tejidos de las plantas (agua de constitución). Por lo

tanto, desde un punto de vista práctico, se consideran las necesidades hídricas del cultivo iguales a las necesidades de evapotranspiración.

Soto (2002) indica que la evapotranspiración de un cultivo se obtiene mediante la fórmula siguiente:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

Donde:

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm día⁻¹).

K_c : Coeficiente del cultivo.

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹).

2.3.3. K_c del cultivo

Según Fuentes y García (1999), el valor del coeficiente del cultivo depende de las características de la planta y de las diferentes etapas que abarca su periodo vegetativo. El coeficiente del cultivo expresa como varía la capacidad de la planta para extraer el agua del suelo durante su periodo vegetativo. Esta variación es más evidente en cultivos anuales, que cubren todo su ciclo en un periodo reducido de tiempo. Al respecto Carrazón (2007) afirma que en estos cultivos se diferencian cuatro estados vegetativos o fases del cultivo.

- **Fase inicial:** Desde la siembra hasta que existe un 10 % de cobertura del suelo.
- **Fase de desarrollo:** desde el 10 % de cobertura hasta la cobertura máxima, lo cual sucede habitualmente en el momento de la floración.
- **Fase media:** Entre la floración y el inicio de la madurez, cuando las hojas comienzan a amarillear y caer, y los frutos a madurar.
- **Fase de maduración:** Desde la madurez hasta la recolección.

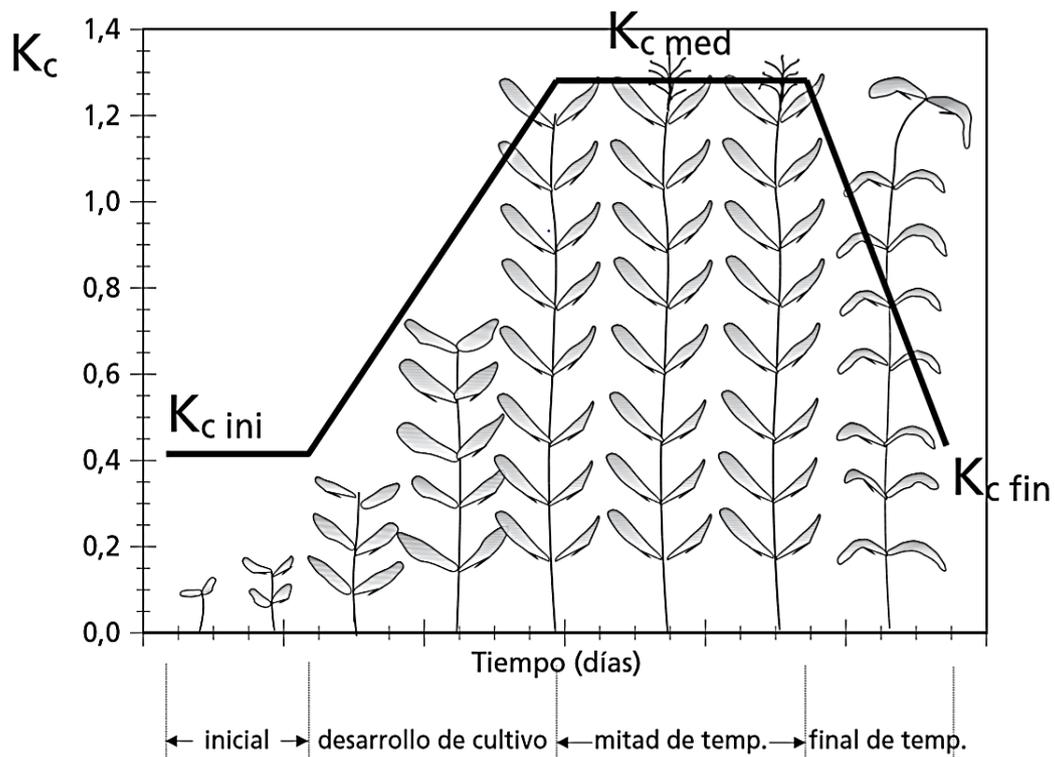


Figura 1. Curva generalizada del coeficiente del cultivo, correspondiente al procedimiento del coeficiente único del cultivo.

Fuente: FAO, publicación 56.

Poco después de la plantación de cultivos anuales o poco después de la aparición de las hojas nuevas en el caso de los cultivos perennes, el valor de K_c es pequeño, con frecuencia menor a 0,4. El valor de K_c comienza a aumentar, a partir de este valor inicial de K_c , al comenzar el desarrollo rápido de la planta y alcanza su valor máximo, K_c medio, al momento del desarrollo máximo, o cercano al máximo, de la planta. Durante la etapa de final de temporada, a medida que las hojas comienzan a envejecer y se produce la senescencia debido a procesos naturales o las prácticas culturales, el valor de K_c comienza a disminuir hasta alcanzar un valor mínimo al final de la temporada de crecimiento igual a K_c final (FAO 2006).

Tabla 3. Coeficientes de cultivo (Kc) de cultivos anuales (C. Brouwer y M. Heibloem)

Cultivo	Primera etapa	Segunda etapa	Tercera etapa	Cuarta etapa
Algodón	0.45	0.75	1.15	0.75
Avena, cebada	0.35	0.75	1.15	0.45
Cebolla verde	0.50	0.70	1.00	1.00
Cebolla seca	0.50	0.75	1.05	0.85
col	0.45	0.75	1.05	0.90
Espinaca	0.45	0.60	1.00	0.90
Lechuga	0.45	0.60	1.00	0.90
Lenteja	0.45	0.75	1.10	0.50
Maíz	0.40	0.80	1.15	0.70
Papa	0.45	0.75	1.15	0.85
Rábano	0.45	0.60	0.90	0.90
Betarraga	0.45	0.80	1.15	0.80
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90

Fuente: Extraído de Fuentes y García 1999.

2.4. Programación del riego

El fin del riego es aportar suficiente agua para obtener una cosecha optima en cantidad y calidad. El cálculo y programación del riego en parcela debe determinar de manera más exacta posible los siguientes puntos.

- ¿Cuándo hay que regar?
- ¿Qué cantidad de agua hay que aplicar?
- ¿Cuánto tiempo se tarda en dicha aplicación? (Castañón 2000).

Para contestar a las dos primeras preguntas hay que tener en cuenta las necesidades de agua del cultivo y las características del suelo en cuanto a su capacidad de retener el agua. Para contestar a la tercera pregunta hay que tener en cuenta la velocidad de infiltración del agua en el suelo (Fuentes y García 1999).

2.4.1. Necesidades netas de agua

Porras (2015) afirma que además de la ET_c , la precipitación efectiva (Pe) debe tenerse en cuenta en el cálculo. La precipitación efectiva es aquella parte de la lluvia que se almacena en el volumen del suelo a profundidad radicular y es consumida por la planta en proceso de evapotranspiración. Las necesidades netas vienen dadas por la expresión:

$$Nn = ETc - (Pe + W)$$

Siendo:

Nn : Necesidades netas en $mm \text{ día}^{-1}$.

ET_c : Evapotranspiración del cultivo en $mm \text{ día}^{-1}$.

Pe : Precipitación efectiva en $mm \text{ día}^{-1}$.

W : Variación de la humedad en el suelo en mm .

Además, indica que en las zonas de climatología árida y semiárida y riego por goteo, Pe y W se consideran nulos coincidiendo las necesidades netas con la evapotranspiración del cultivo.

2.4.2. Lámina neta de riego

La lámina neta de riego es la cantidad de agua correspondiente a la reserva fácilmente disponible; es decir, la cantidad de agua que puede absorber la planta sin hacer esfuerzo excesivo y, por lo tanto, sin que haya una disminución de rendimiento. En consecuencia, solo se permite un cierto porcentaje de agotamiento del agua disponible (Fuentes y García 1999).

En términos generales se deja que el agua disminuya hasta un punto igual al 50 % (para la mayoría de los cultivos) o un 30 % (en el caso de hortalizas) o 10 % (en riego por goteo), del agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Mendoza 2013).

La lámina neta de riego se calcula con la siguiente expresión.

$$Ln = \frac{CC\% - PMP\%}{100} \times Dap \times Zr \times p$$

Donde:

Ln : Lámina neta de riego en mm día⁻¹.

Cc : Humedad del suelo a capacidad de campo (%).

PMP : Humedad del suelo a Punto marchitez (%).

Dap : Densidad aparente (g / cc).

Zr : Profundidad radicular efectiva del cultivo (m).

p : Fracción de agotamiento.

2.4.3. Lámina bruta de riego

Mendoza (2013) indica que además de las necesidades netas de riego, hay otras cantidades adicionales de agua que son necesarias para compensar las pérdidas por las condiciones en que se desarrolla el cultivo. Estas pérdidas se producen por:

- Percolación profunda, por debajo de la zona de raíces.
- Uniformidad de distribución del agua en la parcela de riego.
- Requerimientos de lavado de sales del suelo.

Todas las pérdidas de agua se cuantifican en un término denominado eficiencia de riego (Er). Las necesidades totales de riego vienen dadas por la relación.

$$Lb = Nn/Er$$

Siendo:

Lb : Lámina bruta de riego mm día⁻¹.

Nn : Necesidades netas de riego en mm día⁻¹.

Er : Eficiencia de riego en tanto por uno.

Se entiende por eficiencia el porcentaje de agua que aprovecha la planta del total suministrado. En el riego con goteros y microtubos se calcula una eficiencia de 90 %, que se puede aceptar siempre que haya un buen diseño (Moya 2002).

Tabla 4. Eficiencia de aplicación del agua para diferentes sistemas de riego

Riego por surcos	0.50-0.70
Riego por fajas	0.60-0.75
Riego por inundación	0.60-0.80
Riego por inundación permanente	0.30-0.40
Riego por aspersión	0.65-0.85
Riego por goteo	0.75-0.90

Fuente: Fuentes y García 1999.

2.4.4. Intervalo entre riegos

La frecuencia de aplicación de agua es el número de veces que se riega en un tiempo determinado, mientras que el intervalo entre riegos es el tiempo transcurrido entre la aplicación de un riego y el siguiente (Fernández 2010).

El intervalo entre riegos se obtiene dividiendo la cantidad de agua que es preciso reponer, por el consumo diario.

$$\text{Intervalo} = \frac{Ln(mm \text{ día}^{-1})}{ETc(mm \text{ día}^{-1})}$$

En riego localizado el intervalo entre riegos se elige a voluntad, de 1 a 3 días según la disponibilidad del agua para riego, por lo que el contenido de humedad del suelo se mantiene siempre alejado del nivel mínimo, esto es muy cercano a la capacidad de campo del suelo (Fuentes y García 1999).

2.4.5. Tiempo de riego

Es el tiempo necesario para aportar la dosis de riego. Se calcula con la siguiente expresión:

$$Tr = \frac{Lb}{Ib} \quad \text{entonces} \quad Ib = \frac{qe(l h^{-1})}{De * Dl}$$

Donde:

Tr : Tiempo de riego (h).

Lb : Lámina bruta de riego (mm).

lb : Precipitación horaria del sistema (mm h^{-1}).

De : Distancia entre emisores (m).

DI : Distancia entre laterales (m).

qe : caudal del emisor (l h^{-1}) (PSI 2018).

2.5. Riego por goteo

Según Mendoza (2013) manifiesta que, en este método de riego, el agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, utilizando unos aparatos llamados goteros, los cuales necesitan presión para su funcionamiento, aunque esta presión es mucho más baja que la que se necesita en riego por aspersión. Asimismo, Medina y Himeur (2005) afirma que este método de riego, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos.

2.5.1. Características del riego por goteo

Sus características principales según Medina (2000) son:

- El agua se aplica al suelo, se infiltra en el terreno y se mueve en dirección horizontal y vertical. En esto difiere sustancialmente del riego tradicional, en el que predominan las fuerzas de gravedad y, por tanto, el movimiento vertical. También difiere el movimiento de las sales.
- No se moja todo el suelo, si no parte del mismo, que varía con las características del suelo, el caudal del gotero y el tiempo de aplicación.
- El mantenimiento de un nivel óptimo de humedad en el suelo implica una baja tensión de agua en el mismo. El nivel de humedad que se mantiene en el suelo es a la capacidad de campo, lo cual es muy difícil conseguir con otros de riego, pues habría que regar diariamente y se produciría encharcamiento y asfixia radicular.

2.5.2. Ventajas del riego por goteo

De acuerdo con Medina (2000) se hace mención a las ventajas del sistema de riego por goteo:

- Ahorro importante de agua, mano de obra, abonos y productos fitosanitarios.
- Posibilidad de regar cualquier tipo de terreno por accidentados o pobres que sean.
- No es afectado por el viento.
- Aumento de producción, adelantamiento de cosechas y mejor calidad de los frutos como consecuencia de tener la planta satisfecha, sus necesidades en agua y nutrientes en cada instante.
- Permite realizar simultáneamente al riego otras labores culturales, pues al haber zonas secas, no presenta obstáculo para desplazarse sobre el terreno.
- No existe erosión de los suelos.
- Fertirriego, uno de los avances que dio el riego por goteo fue el control de los nutrientes.
- Reducción de los problemas de plagas en las hojas. Debido a que 1 gotero emite el agua directamente sobre la raíz de la planta, no empapa la hoja.

2.5.3. Desventajas del riego por goteo

Empleando las palabras de Medina (2000), las desventajas del sistema de riego por goteo son:

- Es un sistema caro de instalar. No todos los cultivos son tan rentables como para justificar las fuertes inversiones que el goteo supone.
- En zonas frías y con cultivos sensibles a las heladas, el riego por goteo no protege contra las mismas por lo que su uso debe descartarse.
- Si se proyecta o se instala mal, puede ocasionar la pérdida de la cosecha por falta de agua o nutrientes.

- En zonas áridas en que no existe posibilidad de lavado, el uso sistemático y durante varios años de agua de mala calidad puede arruinar los terrenos de cultivo si no se riega de forma adecuada.
- Obstrucción de los goteros por las partículas que arrastra el agua y que, en ocasiones, puede acarrear daños a la instalación y al cultivo.

2.6. Invernadero

2.6.1. Concepto

Un invernadero es una estructura cerrada cubierta con materiales transparentes, en el que es posible controlar varios grados de temperatura, humedad y luz con el objetivo de conseguir condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo (Aliter y Granado 2006).

2.6.2. Mecanismos

La cubierta o techo del invernadero deja pasar la luz solar, facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiendo lentamente durante la noche, cuando las temperaturas descienden drásticamente. La cubierta transparente de plástico o de vidrio no permite que este calor escape, manteniendo así caliente el interior de la estructura. De esta manera se evitan las pérdidas de los cultivos ocasionadas por las heladas y las bajas temperaturas (Estrada 2012).

2.6.3. Ventajas

Según Estrada (2012), las ventajas de un invernadero son:

- Permite la producción de hortalizas durante todo el año en regiones que presentan condiciones extremas, facilitando la planificación de la producción.
- Al controlar la temperatura y humedad aceleran el crecimiento de los cultivos permitiendo que las cosechas se realicen en menos tiempo.
- Los rendimientos son mayores que a campo abierto. Se produce más en poco espacio de terreno.

- Facilita el control de plagas y enfermedades. se puede controlar la temperatura y humedad.
- Conservan los suelos porque promueven el cultivo en el mismo suelo en varias oportunidades. Protege a las plantas de las heladas, granizadas, nevadas y bajas temperaturas en general.
- Utilizan el agua eficientemente y de forma controlada.
- Las plantas y los productos están menos expuestas a la contaminación del aire.

2.6.4. Desventajas

De acuerdo con Hernández (2007) se hace mención a las desventajas del invernadero:

- Además del costo de producción del cultivo, hay que tener en cuenta el costo de instalación y mantenimiento de un invernadero.
- Mano de obra con conocimientos: para trabajar en un invernadero se necesita personas que sepan cómo manejar las plantas (podas, raleo) y como cuidar la ventilación, el riego, el uso de productos agroquímicos.
- Los riesgos ante el clima aumentan: si se decide invertir en la construcción de un invernadero, hay que tener en cuenta que si se da algún fenómeno negativo (viento fuerte, granizo o algún otro) la pérdida puede ser mayor.

2.6.5. Ubicación y orientación

Los invernaderos se pueden construir en cualquier sitio con las siguientes características:

- Que reciba por lo menos de 5 horas diarias de luz solar.
- Que exista disponibilidad de agua en forma permanente y de buena calidad.
- Que no sea una zona susceptible de inundaciones.
- Elegir suelos nivelados, no contaminados y con buen drenaje.
- Accesibilidad para la salida de productos. (Estrada 2012).

El invernadero debe tener una orientación de este a oeste (E-W) en su parte longitudinal para que tenga mayor tiempo de exposición al sol. El techo debe tener la caída al norte, la puerta se coloca al lado donde existe menor cantidad de vientos (Estrada 2012).

2.7. Generalidades de la betarraga (*Beta vulgaris* L.)

2.7.1. Descripción botánica

Según FDA (1995), la raíz comercial es de forma redondeada, globoso alargada, cónica o cilíndrica, dependiendo de las características típicas de cada cultivar. Es realmente un engrosamiento de la parte baja del tallo y de la parte superior de la raíz principal. Está formada por anillos concéntricos de tejido xilemático secundario (de color más claro) y floemático (de color más oscuro). Asimismo, López (2006) afirma que el sistema radicular es pivotante, muy denso y ramificado en los treinta primeros cm. Su tamaño va aumentando a medida que se va desarrollando la raíz.

El tallo es ramificado y sostiene las inflorescencias, el período de crecimiento vegetativo es muy corto (1 a 3 cm de alto), pero al comenzar la etapa reproductiva el tallo floral alcanza de 80 a 120 cm. La lámina de las hojas es ovalada y de color verde intenso a morado, según el cultivar. El peciolo es largo, de color rojo, púrpura o amarillento. Las flores aparecen en las ramificaciones del tallo floral. Son hermafroditas y sésiles (FDA 1995).

2.7.2. Taxonomía

Según FDA (1995), la remolacha pertenece a la familia botánica Chenopodiaceae, género *Beta* y especie *Beta vulgaris* L. Dentro de esta especie existen tres subespecies de importancia, que son la *Beta vulgaris* saccharifera o remolacha azucarera, *Beta vulgaris* esculenta o remolacha forrajera, *Beta vulgaris* hortensis o remolacha de mesa o ensalada.

2.7.3. Condiciones climáticas y edafológicas del cultivo

a. Altitud

La betarraga se adapta mejor entre los 600 a 3000 m de altitud (Benacchio, citado por Baca 2015).

b. Temperatura

Valadez (1998) menciona que la betarraga es una planta de clima frío, aunque se explota en clima cálido, pero la calidad es menor. La temperatura de germinación es de 10 a 30 °C, y empieza a germinar a los 5 o 6 °C, siendo la óptima entre 20 y 25 °C. La temperatura de desarrollo es de 16 a 21 °C, pero presentando una mejor coloración y un buen contenido de azúcar de 4 a 10 °C. Esta hortaliza tolera heladas, pero forma anillos concéntricos de color blanco a temperaturas altas (>25 °C) en el hipocótilo (indeseable), lo que repercute en un menor contenido de azúcar.

c. Humedad

La óptima oscila entre 60 % y 80 %. Con humedades superiores al 80 % se incrementa la incidencia de enfermedades, pero aun esta hortaliza es poco exigente a la humedad (Becerra 1992).

d. Suelos

Según Valadez (1998), la betarraga es sensible al pH ácido y se desarrolla mejor en suelos alcalinos, prefiriendo un pH 6.5-7.5, algunas veces a pH mayores de 7.5, se puede presentar deficiencia de boro, es una hortaliza altamente tolerante a la salinidad, alcanzando valores de 6400 a 7680 ppm (10 a 12 mmhos), en cuanto a textura se desarrolla mejor en suelos ligeros arenosos, pues en suelos arcillosos se deforma la parte comestible, entre el rendimiento y la planta (follaje).

2.7.4. Fenología del crecimiento

Según Jorge citado por Diestra (2017), considerando solo la fase vegetativa del cultivo, que es la que interesa para la producción de raíz carnosa y azúcar, se distinguen las siguientes etapas:

a. Emergencia

Sucede cuando la planta sale fuera del suelo y extiende las hojas cotiledonales, esto depende de la humedad del suelo; si el suelo está húmedo, la semilla emerge al noveno día a onceavo día después de la siembra. En esta etapa es muy importante los riegos frecuentes y ligeros para asegurar la germinación.

b. Primer par de hojas verdaderas

El primer par de hojas verdaderas brotan entre los cotiledones, estos aparecen a los 14 a 16 días después de la siembra con un crecimiento rápido de raíces.

c. Quinta hoja verdadera

Se observa en el centro del segundo par de hojas verdaderas a los 30 a 35 días después de la siembra, en esta etapa las hojas cotiledonales se los puede apreciar de color amarillento, y el riego puede ser periódico.

d. Hinchazón de la raíz

La raíz principal comienza a hincharse y es posible ver en las cascaras pequeñas quebraduras alrededor de la punta, esta etapa ocurre a los 65 a 70 días después de la siembra.

e. Maduración

En cuanto las hojas basales empiezan a amarillarse y marchitarse, la raíz ha llegado a tener un promedio de 4.5 a 8 cm de diámetro, y han pasado 120 a 125 días después de la siembra, la maduración está ligado al clima y el lugar donde se siembra betarraga.

2.7.5. Labores culturales

a. Requerimiento de agua de la betarraga

En cuanto a los requerimientos de agua de este cultivo es de 500 a 600 mm de lluvia, distribuidos en todo el ciclo de la planta. Cuando esta cantidad de precipitación no se presenta es necesario suministrarle al cultivo mediante riegos. El suelo debe contener de una 60 a 70 % de la capacidad de campo, no permaneciendo sobre 80 % por mucho tiempo. El riego debe limitarse al llegar la remolacha a su tamaño comercial ideal (García 1981).

Según FDA (1995), la planta de remolacha puede soportar las deficiencias de humedad en el suelo y recuperarse al recibir agua, sin que esto afecte en gran medida su rendimiento. Sin embargo, la repetición de períodos de sequía y abundancia de humedad en el suelo puede causar la rajadura y/o decoloración interna de la raíz.

El mismo autor informa que, deben evitarse encharques, ya que provocan la asfixia de la raíz y propician el ataque de patógenos de suelo. El exceso de humedad retrasa el crecimiento de la planta y le da una coloración amarillenta o más rojiza al follaje.

b. Siembra

La remolacha es normalmente de siembra directa, aunque también se puede realizar en trasplante, y este se efectúa cuando la plántula tiene de 3 – 4 hojas verdaderas. En siembras comerciales se puede hacer la siembra directa de una hectárea con 8 a 12 kg de semilla, con un espaciamiento de 45 – 90 cm entre surcos y de 10 – 15 cm entre plantas (Casseres 1980).

Sin embargo, la densidad de siembra puede ser modificada por factores como cultivar, época de siembra, fertilización, sistemas de riego, conducción del cultivo, etc. (Saray *et al.* 1988). Por ejemplo, algunos productores preparan camellones estrechos para sembrar hileras simples, surqueados a distancias de 40 a 60 cm, dejando de 10 a 15 cm entre plantas de la misma hilera (FDA 1995).

c. Fertilización

Una tonelada de remolacha toma del suelo las siguientes cantidades aproximadas de elementos mayores: 2.5 Kg N, 1 kg P y 5 Kg K, por lo tanto, estas cantidades más lo que se lleva el follaje, deben devolverse al suelo. (Casseres 1980).

Como pautas generales de la fertilización pueden considerarse las siguientes: 100-180 kg N, de 80-100 kg P₂O₅ y de 150-200 kg de K₂O (Maroto 1983).

d. Cosecha

El indicador de cosecha es el tamaño de la raíz engrosada. Puede empezar a cosecharse tan pronto la raíz alcance el tamaño adecuado para la comercialización (FDA 1995).

Díámetro: La betarraga se cosecha cuando presenta un diámetro de 8-10cm.

Tiempo: 60 – 80 días para cultivares precoces; 80 – 100 días para cultivares intermedios y de 100 – 110 días para cultivares tardíos.

2.7.6. Composición química

La betarraga posee un amplio valor nutricional, en forma general está compuesta por 65,7 % de agua; 4 % a 8 % de carbohidratos, 1,4 % de proteínas, 0,4 % de grasas, 1 % de fibra soluble, compuestos bioactivos y sales de nitrato, además de minerales como potasio 312 mg / 100 g, fósforo 31 mg/ 100 g, calcio 11 mg / 100 g (Fuentes-Barría *et al.* 2018).

Se considera un componente bioactivo a aquellos elementos alimentarios que influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos, produciendo efectos beneficiosos sobre la salud, estos se encuentran generalmente en pequeñas cantidades en productos de origen vegetal y en alimentos ricos en lípidos. La betarraga es una hortaliza rica en componentes bioactivos tales como polifenoles, antocianinas, antioxidantes y sales de nitrato (NO₃) (Fuentes-Barría *et al.* 2018).

Las hojas y cuellos de la betarraga pueden aprovecharse en la alimentación del ganado. De acuerdo a su composición, tiene un valor proteico mayor que la raíz, aunque el contenido de grasa es escaso. Presenta un valor bajo de calorías y carbohidratos, pero posee una buena fuente de fibra. En cuanto a vitaminas, las hojas de remolacha contienen una buena cantidad de vitamina A y C, lo que escasea en la raíz. Por otro lado, presenta una fuente muy buena en potasio, calcio y hierro (Arex 2013).

2.7.7. Rendimiento

Según Maroto (1983), los rendimientos que se consiguen varían entre 25 – 30 t ha⁻¹ para remolachas redondas y 35 – 50 t ha⁻¹ para variedades alargadas.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del campo experimental

El experimento se realizó en el campo experimental del Servicio Silvo Agropecuario (SESA) de la Universidad Nacional de Cajamarca, Provincia y Departamento de Cajamarca, geográficamente se ubica entre las coordenadas 7° 10' 03" latitud sur, y 78° 29' 36" longitud Oeste y una altitud de 2677 m. Tiene un clima templado con una temperatura media anual de 15 °C, La humedad relativa media 63.7 % y la precipitación media anual de 528.3 mm.

a. Agua

El agua de riego utilizado para esta investigación fue captada desde la red de distribución de agua, el cual tiene una salida en el Servicio Silvo Agropecuario, cuya agua es derivada del reservorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.

b. Suelo

Para la caracterización físico-química del área en estudio, se realizó un muestreo del suelo y se llevó al Laboratorio de análisis de suelos del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). De acuerdo al resultado el suelo presenta una textura Franco Arcillo Arenoso. Presenta una reacción neutra. El porcentaje de materia orgánica es medio, un contenido alto de fósforo y un contenido de potasio medio. En conclusión, es un suelo apropiado para instalar el sistema de riego por goteo, siendo apto para el cultivo de betarraga.

Tabla 5. Resultado de Análisis Físico-Químico del suelo

P	K	pH	MO	Al	Arena	Limo	Arcilla	Clase
ppm	ppm		%	meq/100g	%	%	%	textural
21.47	330.0	7.0	2.10	-----	52	14	34	Fr Ar A

Fr.Ar.A.: Franco Arcillo Arenoso

C.C.	P.M.P.	A. DISP.	D. Apar.
%	%	%	g/cm ³
20.12	11.02	9.09	1.40

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos del INIA, 2018.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material experimental

- Semillas de betarraga (*Beta vulgaris* L.) var. Early Wonder Tall Top.

3.2.2. Material de Campo

a. Instalaciones para la captación

- Tees PVC de ½" Ø.
- Válvulas de 1" Ø.
- Tubería PVC de 1" Ø clase 7.5

b. Materiales para instalación de sistema de riego

- Filtro de malla para riego de 120 mesh con roscas 1" Ø macho.
- Enlace de PVC a manguera de 1" a ¾" Ø.
- Manguera HDPE de ¾" Ø.
- Manguera HDPE de 16 mm Ø con gotero adaptado cada 20 cm.
- Codos de riego de ¾" Ø.
- Tees de riego de ¾" Ø.
- Tapón final de ¾" Ø.
- Tapón ocho.
- Conector Inicial con aro de goma recto 16 mm.

c. Materiales de construcción

- Parantes de madera de 0.10 x 0.10 m.
- Costillares de madera 0.07 x 0.07 m.
- Correas de madera de 2" x 1".
- Plástico transparente.
- Alambre amarre N° 16.
- Estacas de 0.05 x 0.05 m x 0.40 m.
- Cordel pabilo.
- Clavos de ½", 1", 2 ½", 3", 5".

d. Otros

Picos, rastrillo, palana, rafia, letreros de identificación, wincha, libreta de apuntes, cámara fotográfica, regla o vernier, probeta, vasos.

3.2.3. Material y equipo de laboratorio

- Balanza de precisión.
- Vernier.

3.2.4. Material escritorio

- Papel bond A4, Lapiceros y lápices.
- Laptop, impresora.
- Software: InfoStat, Word, Excel.

3.3. Metodología

Se realizó la aplicación de las láminas o volúmenes de agua, utilizando un sistema de riego por goteo para el cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.), var. Early Wonder Tall Top, tomando en consideración los tratamientos establecidos.

3.3.1. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Las necesidades hídricas del cultivo representan la cantidad de agua que necesita la betarraga para su desarrollo óptimo. En otras palabras, es satisfacer la tasa de evapotranspiración, que es la cantidad de agua que se pierde en la atmósfera a través de las hojas de la planta, así como la superficie del suelo. Por lo tanto, con el fin de estimar las necesidades de agua de la betarraga, primero se determinó la tasa de evapotranspiración.

a. Calculo de la evapotranspiración

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), ha sido calculado utilizando el método de Hargreaves con MF, el cual está dada por la siguiente expresión:

$$ET_o = T (^{\circ} F) \times CH \times MF \text{ de donde } CH = 0.166\sqrt{100 - HR}$$

Donde:

T ($^{\circ}$ F): Temperatura en grados Fahrenheit.

CH : Corrección de humedad, para HR > 64 %.

CH : Es igual a 1, para HR <64 %.

MF : Factor de evapotranspiración potencial.

HR : Humedad relativa.

Tabla 6. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

Latitud : 7° 10'				
Altitud: 2536 m.				
Parámetro/Mes	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
T ($^{\circ}$ F)	60.96	60.94	61.21	60.84
HR (%)	66.75	65.25	67.25	70.75
Factor ET _p MF	2.474	2.481	2.224	2.363
CH	0.97	0.99	0.95	0.90
ET _p (mm mes ⁻¹)	146.29	149.68	129.32	129.39
ET _p (mm día ⁻¹)	4.7	4.8	4.6	4.2

*Los datos meteorológicos promedios, tanto de temperatura y humedad relativa, han sido obtenidos de los registros de la Estación Meteorológica “Augusto Weberbauer” de los años 2014- 2017.

Tabla 7. Duración aproximada de las etapas en el periodo vegetativo y Coeficiente del cultivo (K_c) de betarraga

	Duración días	Fecha	K _c
Fase inicial	25	De 14 Diciembre a 7 Enero	0.45
Fase de desarrollo	30	De 8 Enero a 6 Febrero	0.80
Fase media	25	De 7 Febrero a 3 Marzo	1.15
Fase de maduración	10	De 4 de Marzo a 13 de Marzo	0.8

b. Necesidades netas

Para esta investigación se ha despreciado el efecto de las precipitaciones y la variación de humedad en el suelo, debido a que el experimento ha sido conducido bajo condiciones de invernadero. Por lo tanto, se concluye que las necesidades de agua de la betarraga son igual a la evapotranspiración del cultivo tal como se muestra en la Tabla 8.

Tenemos que: $ETc = ETo \times Kc$

Tabla 8. Evapotranspiración del cultivo para diferentes etapas de desarrollo del cultivo de betarraga

Fases	FECHA	DURACIÓN (días)	ETo (mm día ⁻¹)	Kc	ETc (mm día ⁻¹)
Fase inicial	14/12-31/12	18	4.7	0.45	2.1
	1/1-7/1	7	4.8		2.2
Fase de desarrollo	8/1-31/1	24	4.8	0.8	3.8
	1/2-6/2	6	4.6		3.7
Fase media	7/2-28/2	22	4.6	1.15	5.3
	1/3-3/3	3	4.2		4.8
Fase de maduración	4/3-13/3	10	4.2	0.8	3.4

c. Programación del riego

i. Lámina neta de riego

La lámina neta de riego se calculó en base a las constantes de humedad del suelo, densidad aparente, profundidad efectiva de la raíz y el coeficiente de agotamiento. Este último, adquiere un valor de 0.5 según la FAO (2006); Sin embargo, en los métodos de riego de alta frecuencia se manejan láminas menores (menores umbrales) con frecuencias mayores, por lo cual se consideró para esta investigación un factor de agotamiento de 0.30.

A efectos de diseño, lo que interesa conocer acerca de las necesidades de agua es su valor punta, en tal sentido se consideró una profundidad de raíz de 20 cm

para un estado de pleno desarrollo, las mismas que varían a medida que la planta se desarrolla.

La lámina neta se calcula con siguiente fórmula.

$$Ln = \frac{CC - PMP}{100} \times Dap \times Zr \times p$$

Donde:

Ln : Lámina neta de riego en mm.

CC : Capacidad de campo.

PMP : Punto de marchitez permanente.

Dap : Densidad aparente.

Zr : Profundidad radicular efectiva del cultivo (200 mm).

p : Fracción de agotamiento (0.30).

Reemplazando tenemos

$$Ln = \frac{20.12 - 11.02}{100} 1.40 \text{ g / cc} \times 200 \text{ mm} \times 0.3$$

$$Ln = 7.6 \text{ mm}$$

ii. Lámina bruta de riego

La cantidad real de agua que ha de aplicarse en el riego para satisfacer la lámina neta, se calculó teniendo en cuenta la eficiencia de aplicación, esto debido a que cuando aplicamos el riego hay pérdidas. Considerando este hecho, la eficiencia de riego tomada es de 90 %.

La lámina bruta de riego se calcula utilizando la siguiente expresión

$$\text{Lámina bruta de riego}(Lb) = \frac{Ln}{Ef}$$

$$\text{Lámina bruta de riego}(Lb) = \frac{7.6}{0.9} = 8.4 \text{ mm}$$

8.4 mm, representa la lámina que se aplicó durante el riego con el fin de cubrir el agua que ha utilizado el cultivo durante la evapotranspiración.

iii. Intervalo de riego

El intervalo entre dos riegos consecutivos, se calculó dividiendo la cantidad de agua que es preciso reponer, por el consumo diario.

$$\text{Intervalo} = \frac{7.6}{3.8} = 2 \text{ días}$$

Tabla 9. Intervalos de riego para sus diferentes etapas en el cultivo de betarraga

	Etap inicial	Etap de desarrollo	Etap media	Etap final
Lámina neta (mm)	4.2	7.6	7.6	7.6
ETc (mm día ⁻¹)	2.2	3.8	5	3.7
Frecuencia (días)	2	2	1	2

*4.2 mm de lámina, porque se consideró una profundidad de raíz de 11 cm para primera etapa.

iv. Tiempo de riego.

Para operar el sistema necesitamos conocer el tiempo necesario para aplicar la lámina bruta de riego (Lb).

Para efectos de esta investigación, el sistema de riego ha sido calibrado de tal manera que se pueda aportar la lámina o volumen deseado y en un mismo tiempo para todas las unidades experimentales, para ello, se tuvo que regular el caudal mediante válvulas de control, que permite modificar la intensidad de aplicación del gotero (ver tabla 10) y consecuentemente el tiempo de aplicación.

Tabla 10. Caudal de emisores calibrados para cada tratamiento

Tratamientos / caudal	T1	T2	T3	T4	T5
Lámina de riego (mm)	4	6	8	10	12
qe calibrado (l h ⁻¹)	0.4	0.6	0.8	1	1.2

Así, para el tratamiento 3 tenemos:

$$\textit{T tiempo de riego (Tr)} = \frac{Lb}{Ia} \quad \text{entonces} \quad Ia = \frac{Qe(lh^{-1})}{DI \times De}$$

Donde:

Lb : Lámina bruta de riego en mm.

Ia : Precipitación horaria del sistema (mm h⁻¹).

De : Distancia entre emisores.

DI : Distancia entre laterales.

qe : Caudal del emisor (l h⁻¹).

$$Ia = \frac{0.8(lh^{-1})}{0.2 \times 0.6} = 6.6 \text{ mm h}^{-1}$$

Esto implicará que nuestro sistema aplicará 6.6 mm por cada hora de operación.

$$\textit{T tiempo de riego (Tr)} = \frac{8 \text{ mm}}{6.6 \text{ mm h}^{-1}} = 1.21 \text{ h} = 72.72 \text{ min} = 73 \text{ min}$$

En conclusión, el sistema de riego se operó durante 73 min, aportando la lámina adecuada para cada tratamiento.

3.3.2. Tratamiento en estudio

Para hallar la lámina óptima de riego, se planteó evaluar al cultivo aplicando cinco láminas de riego diferentes durante todo su periodo vegetativo, tomando como base la lámina teórica calculada (Lámina bruta de riego), los mismos que se presentan a continuación.

Clave	Tratamientos
T-1	4mm
T-2	6mm
T-3	8mm (Lámina teórica)
T-4	10mm
T-5	12mm

Teniendo en cuenta la siguiente relación:

$1 \text{ mm} = 1 \text{ l m}^{-2} = 10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y considerando un área de surco de 1.6 m^2 , se transformó las láminas de riego a volumen de agua en litros. Las cuales se registra en la tabla 11.

Tabla 11. Láminas de riego y volumen de agua en litros

Tratamientos	Lámina de riego (mm)	L / surco	L / parcela
T 1	4	7	28
T 2	6	10	40
T 3	8	13	52
T 4	10	16	64
T 5	12	19	76

3.3.3. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó el diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar (DBCA), para valorar el nivel de significancia de los tratamientos, resultando cinco tratamientos y tres repeticiones cada uno, los mismos que estuvieron distribuidos en forma aleatoria en el campo experimental.

a. Características del campo experimental

Las características del campo experimental se indica a continuación y la distribución se muestra en la Fig. 2.

BLOQUE

Número : 3
Largo : 12.5 m
Ancho : 4 m
Área : 150 m²

PARCELA.

Número / bloque : 5
Largo : 4 m

Ancho : 2.5 m
Área : 10 m²

SURCO

Numero / parcela : 4
Largo : 4 m
Ancho : 0.4 m
Área : 1.6 m²

CALLE

Calle / bloque

Número : 2
Largo : 14.9 m
Ancho : 0.95 m
Área : 28.31 m²

Calle / parcela

Número : 4
Largo : 12 m
Ancho : 0.6 m
Área : 28.8 m²

Bordes

Área : 13.29 m²
Área total de calles : 70.4 m²

ÁREA

Neta : 150 m²
Total : 220.4 m²

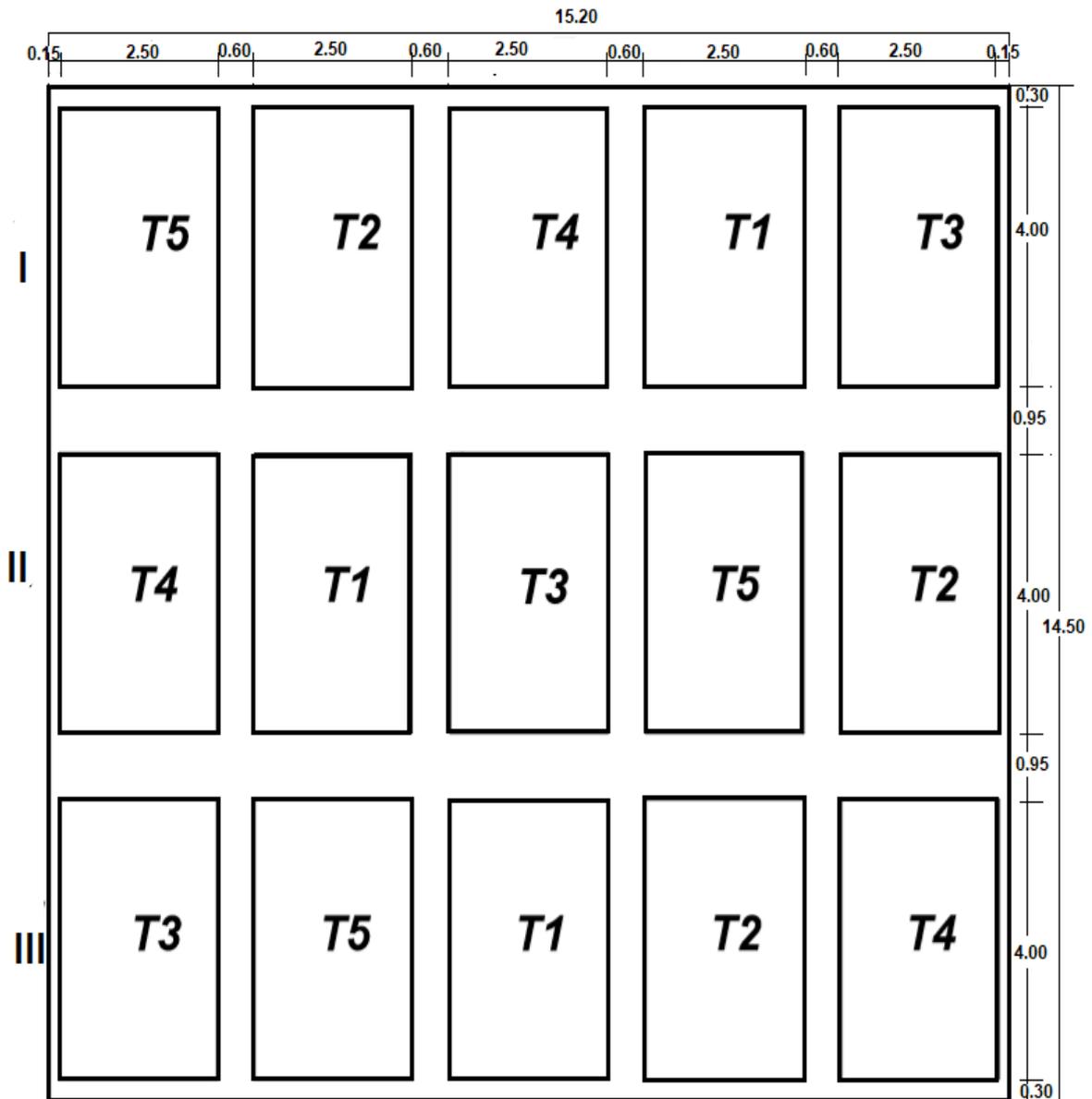


Figura 2. Distribución de los tratamientos en el campo experimental.

3.3.4. Manejo del cultivo

a. Muestreo y análisis de suelo

Se realizó tomando muestras en forma de zigzag con la ayuda de una palana derecha a una profundidad aproximada de 30 cm, luego se hizo la mezcla de las muestras y se sacó una representativa, el cual fue llevado al Laboratorio del INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) para su posterior análisis.

b. Preparación del terreno

Esta labor se realizó con la finalidad de crear condiciones favorables para el buen desarrollo del cultivo de betarraga, eliminando malezas y dejando el suelo bien mullido; preparándose a una profundidad de 20 a 25 cm aproximadamente para facilitar el drenaje y la penetración de las raíces. Posterior a la preparación se aplicó el riego de machaco para favorecer la germinación de las semillas.

c. Delimitación del área experimental

Utilizando el croquis del diseño experimental, marcamos el terreno usando estacas, cordel, yeso y wincha, luego se procedió a la identificación de tratamientos con el etiquetado de las parcelas.

d. Componentes del sistema de riego instalado

La fuente de agua para dar funcionamiento este sistema fue captada de la red de distribución de agua de la Universidad Nacional de Cajamarca ubicado en el Servicio Silvo Agropecuario. Cada riego fue realizado teniendo en cuenta la evapotranspiración del cultivo (ETc).

La red de agua presurizada tiene una salida de tubería PVC ½" el cual es adaptada a una tubería de 1", y esta es conectada a la válvula principal.

-Cabezal de riego

Está constituido por los accesorios de control y filtrado:

Válvula principal o válvula compuerta: Esta válvula tiene la función de interrumpir el paso del agua en las tuberías principal y sus ramales, controlando la cantidad de agua necesaria.

Filtro compuesto por una malla de 120 mesh (0.13 mm): Tiene el objetivo de realizar el tamizado de partículas en suspensión, deteniendo aquellas partículas que son mayores al orificio de la malla (0.16 mm).

-Red de distribución

Comprende la tubería principal, secundaria y terciaria, se encargan de conducir el agua desde el cabezal principal hasta los laterales de riego. La red principal se instaló utilizando tubería PVC de 1" de diámetro el cual se conectó a la red secundaria mediante un enlace tubo-manguera, reduciendo de diámetro de 1" a $\frac{3}{4}$ "; a partir de ahí el material usado ha sido manguera HDPE de $\frac{3}{4}$ " de diámetro.

-Válvula de control

Son válvulas que permiten regular la presión y el caudal que ingresa a cada unidad experimental (Unidad de riego).

-Laterales de riego

Está constituido por mangueras HDPE de 16 mm, que se extienden a lo largo de los surcos y transportan el agua hasta los goteros, los cuales están incorporados cada 20 cm y tienen un caudal nominal de 2 l h^{-1} .

e. Aforamiento de goteros

Con el objetivo de hacer funcionar el sistema de riego en un solo tiempo para todas las unidades experimentales, dado que son láminas de riego diferentes, se realizó la calibración utilizando válvulas que contralan la cantidad de agua necesaria para cada lámina de riego. Para tal fin, se eligió los laterales de riego centrales y de ellos los dos goteros centrales y se realizó el aforamiento utilizando una probeta. Por ejemplo, en lámina mayor (12 mm), la intensidad de aplicación será más rápida y con un tiempo más corto en comparación a la lámina menor (4 mm), que tiene una intensidad de aplicación menor y un tiempo más largo (ver anexo 3).

f. Surcado

El surcado se realizó en forma manual haciendo uso de picos, a un distanciamiento de 60 cm en la misma dirección del lateral de riego. El abonado de fondo no se realizó porque según los resultados de análisis de suelos indican

que, contamos con un suelo con un nivel medio de materia orgánica, el cual cubre todas las necesidades de nutrientes de la betarraga.

g. Siembra

La siembra se realizó el 14 de diciembre del 2018, utilizando semilla certificada de Hortus, la cual se seleccionó previamente con la finalidad de obtener las semillas de mayor tamaño, ya que estos tienen mayor cantidad de reservas y serán más resistentes a cualquier ataque adverso durante la germinación y emergencia de las plántulas. Se realizó un riego previo a la siembra con la finalidad de humedecer bien el terreno para facilitar y brindar mejores condiciones para la germinación de las semillas.

El método de siembra utilizado fue la directa en campo definitivo, colocando varias semillas por golpe a una profundidad de 2 cm aproximadamente, a una distancia entre surco de 60 cm y entre plantas de cada 20 cm justo debajo de cada gotero en el lateral de riego.

h. Riegos

Se regó mediante riego por goteo, cuyos goteros tienen una descarga nominal calibrada de 0.4; 0.6; 0.8; 1; 1.2 l h⁻¹ para las láminas de riego de 4, 6, 8, 10 y 12 mm respectivamente. La aplicación de los riegos se realizó teniendo en cuenta la evapotranspiración del cultivo (ETc).

i. Raleo o desahíje

Esta labor cultural se realizó a los 25 días después de la siembra. Se eliminó las plantas débiles y pequeñas, dejando las más vigorosas por golpe para favorecer el crecimiento y desarrollo. El desahíje evita la competencia por nutrientes y permite el control de plagas y enfermedades garantizando una buena producción.

j. Deshierbo

Se realizó a los 30 días después de la siembra, con la finalidad de eliminar las malezas presentes en el cultivo y evitar la competencia por nutrientes.

k. Aporque

Se realizó a los 65 días después de la siembra, con la finalidad de darle más estabilidad a la planta y que la raíz no llegue a salir fuera de la tierra. Además, se eliminaron malezas.

l. Control fitosanitario.

Aproximadamente 15 días después de la siembra se presentó incidencia de Chupadera fungosa a la altura del cuello de la planta causado por *Pythium* sp., se controló con riegos moderados en el periodo de emergencia y aplicaciones de Vitavax-300 (60 g / mochila). Para evitar posteriores ataques de hongos, especialmente de *Rhizoctonia* sp. se aplicó preventivamente un fungicida sistémico y de contacto, Priori, a una dosis de 25 ml / mochila. En cuanto a presencia de plagas no se registraron durante la conducción del cultivo.

m. Cosecha.

El momento oportuno de la cosecha se determinó para cada tratamiento, cuando las raíces alcanzaron su tamaño comercial, cortando las hojas retorciéndolas para evitar el deterioro de las raíces. Esta actividad se realizó a los 3 meses después de la siembra.

3.4. Evaluaciones experimentales

a. Rendimiento

Al momento de la cosecha se pesó todas las raíces de cada parcela de los tres bloques. Posteriormente se determinó el rendimiento expresado en kg ha⁻¹ por cada tratamiento.

b. Componentes del rendimiento

Al momento de la cosecha, de los 2 surcos centrales de cada parcela se tomaron 8 plantas al azar, tomando en cuenta el efecto borde, para realizar las respectivas evaluaciones.

-Altura de planta

Se midió desde la base hasta el punto apical de la planta con la ayuda de una regla graduada; estas evaluaciones se llevaron a cabo a los 15, 45, 60 y 90 DDS.

-Diámetro de raíz

Se determinó el diámetro ecuatorial de las muestras con la ayuda de un vernier.

-Biomasa aérea

Se cortaron las plantas a la altura del cuello y se determinó el peso fresco por parcela.

Materia seca.

Después de pesar las raíces frescas, estas se colocaron a secar en una estufa a 105 ° C, por dos días. Luego se procedió a pesar las muestras secas y utilizando la siguiente expresión se calculó el porcentaje de materia seca.

$$\%MS = (P''/P) * 100$$

P'' = Peso de la muestra después de la desecación.

P= Peso de la muestra antes de la desecación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el presente capítulo se presentan los resultados de las evaluaciones realizadas en el campo experimental, asimismo, el análisis estadístico de las variables evaluadas, teniendo en cuenta el Diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar.

4.1. Volumen de agua aplicado

Los riegos se dieron considerando las fases de desarrollo de la betarraga, a un intervalo de 2 días (fase 1 y fase 2), 1 día (fase 3) y 2 días (fase 4), con un tiempo de 73 min. Los volúmenes usados por tratamiento se muestran tabla 12 (ver anexo 4).

Tabla 12. Volumen total de agua suministrado por cada tratamiento

TRATAMIENTO	Agua en mm	mm de agua por fase				volumen de agua total	
		fase 1	fase2	fase 3	fase 4	mm	m ³ ha ⁻¹
T1	4	44	56	76	12	188	1880
T2	6	66	84	108	18	276	2760
T3	8	88	112	144	24	368	3680
T4	10	110	140	180	30	470	4700
T5	12	132	168	216	36	552	5520

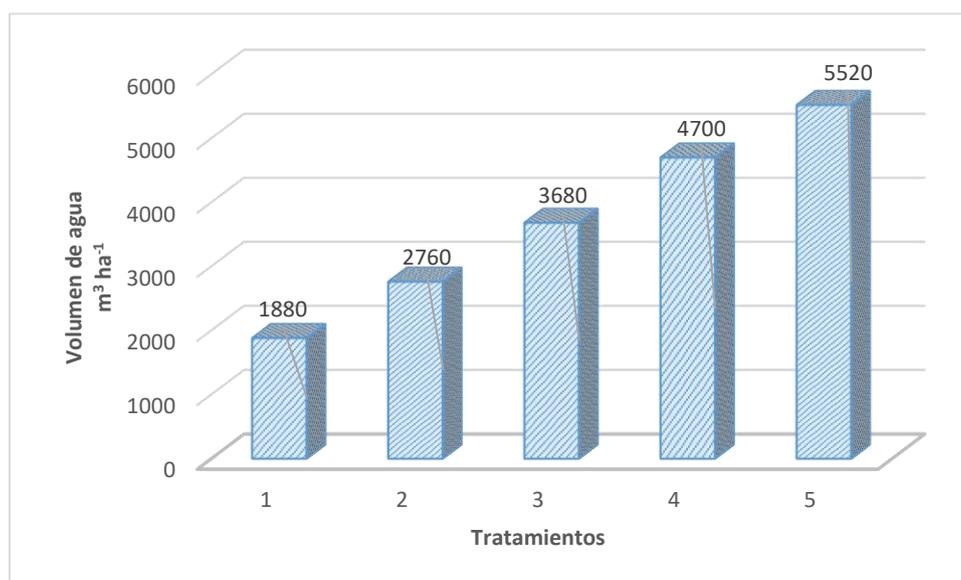


Figura 3. Volumen total de agua utilizado por tratamiento.

En la figura 3, se muestra los volúmenes de agua suministrados a través del riego para cada uno de los tratamientos en estudio. Cuyos valores son 2880, 2760, 3680, 4700 y 5520 m³ ha⁻¹.

4.2. Análisis estadístico de los tratamientos en estudio

Las variables evaluadas para este trabajo de investigación son las siguientes: rendimiento y biomasa aérea, altura de planta, diámetro de raíz y materia seca. Poniendo énfasis en el rendimiento de betarraga (*Beta vulgaris* L.) cuyos resultados tomados en campo se muestran en la tabla 13, se observa la tendencia que el mayor rendimiento se obtiene con el tratamiento 5 con una lámina de riego de 12 mm, con respecto a los demás tratamientos.

Tabla 13. Rendimiento de raíz betarraga (*Beta vulgaris* L.) en t ha⁻¹

BLOQUES	TRATAMIENTO					TOTAL
	4 mm	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	BLOQUE
I	15.55	25.71	27.27	38.68	41.02	148.23
II	19.04	21.47	32.85	43.15	45.22	161.73
III	21.15	26.43	28.8	47.82	50.22	174.42
TOTAL	55.74	73.61	88.92	129.65	136.46	484.38
prom	18.58	24.54	29.64	43.22	45.49	

Los datos obtenidos en la tabla 13, se han analizado estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) los cuales se presenta a continuación.

Tabla 14. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Fuente variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	p-valor
Bloque	2	68.61	34.31	4.39 NS	0.0518
Tratamiento	4	1645.93	411.48	52.6 **	<0.0001
Error	8	62.58	7.82		
Total	14	1777.13			

NS = no significativa; ** = altamente significativa

CV = 8.66 %

La tabla 14, del análisis de varianza (ANOVA), nos muestra claramente que existe alta significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación (p -valor = <0.0001) es menor al 0.05 (5 %), es decir, los resultados obtenidos de cada lámina de agua (tratamientos), difieren uno del otro en peso fresco de raíz de betarraga.

El coeficiente de variación ($CV = 8.66 \%$), es adecuado, lo cual indica la variabilidad de los resultados obtenidos en los tratamientos (lámina de agua), en sus tres repeticiones. Para saber que tratamiento o tratamientos es el mejor aplicaremos la prueba de Tukey al 5% de probabilidades.

Tabla 15. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el rendimiento de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Tratamientos	Rendimiento de raíz ($t\ ha^{-1}$)	Significación estadística al 5 %
T5	45.49	A
T4	43.22	A
T3	29.64	B
T2	24.54	B C
T1	18.58	C

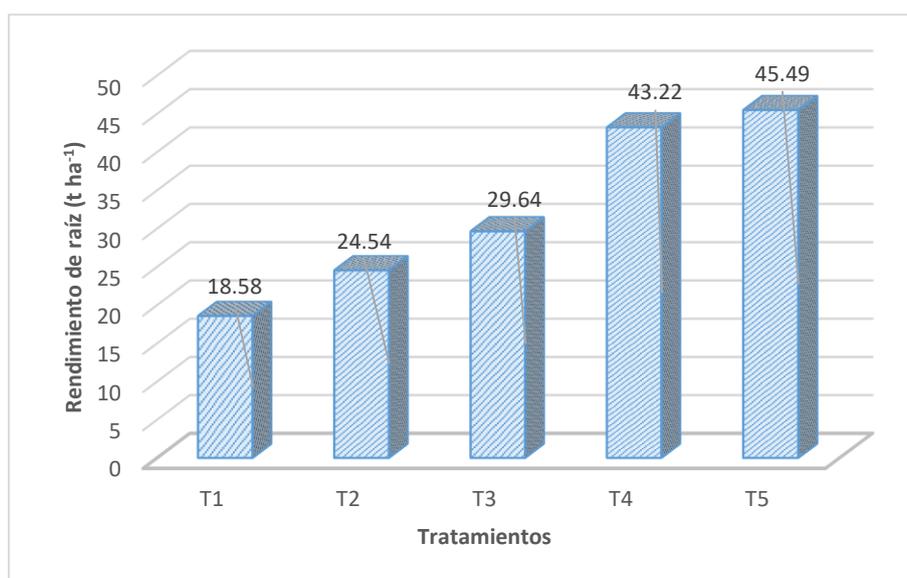


Figura 4. Promedio del rendimiento de raíz alcanzado por los tratamientos.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (tabla 15 y figura 4), se observa que el mayor rendimiento se obtuvo con el T5 (12 mm de lámina de agua) y con el T4 (10 mm de lámina de agua), cuyos promedios son de 45.49 t ha⁻¹ y 43.21 t ha⁻¹, respectivamente, siendo estadísticamente iguales y superiores al resto.

El T3 (8 mm de lámina de agua) y T2 (6 mm de lámina de agua), son estadísticamente iguales, cuyos promedios son de 29.64 t ha⁻¹ y 24.54 t ha⁻¹, respectivamente. El menor rendimiento de raíz de betarraga se encontró con el T1 (4 mm de lámina de agua), cuyo valor, fue de 18.58 t ha⁻¹.

Los resultados muestran que a medida que se aumenta la lámina de riego se incrementa la masa de la raíz, lo que relaciona la importancia del agua en la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Daza *et al.* 2015). Además, las condiciones de invernadero en que se desarrolló el experimento generaron un clima óptimo para el desarrollo del cultivo. Similares resultados obtuvieron Giovanni (2017) quien encontró que, al aumentar la cantidad de agua aplicada a la cebolla, mayor fue el desarrollo del bulbo.

Tabla 16. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de biomasa aérea de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Bloque	2	60.28	30.14	3.20 NS	0.0951
Tratamientos	4	796.68	199.17	21.16 **	0.0003
Error	8	75.3	9.41		
Total	14	932.26			

NS = no significativa; ** = altamente significativa

CV = 13.33 %

En la tabla 16, del análisis de varianza (ANOVA), nos muestra claramente que existe alta significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0003) es menor al 0.05 (5 %), es decir que, los

resultados obtenidos de cada lámina de agua (tratamientos), difieren uno del otro en peso fresco de biomasa aérea de betarraga.

El coeficiente de variación (CV = 13.33 %), es adecuado, lo cual indica la variabilidad de los resultados obtenidos en los tratamientos (lámina de agua), en sus tres repeticiones.

Tabla 17. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para rendimiento de biomasa aérea de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Tratamientos	Rendimiento	Significación	
	de biomasa aérea (t ha ⁻¹)	estadística al 5 %	
T5	33.26	A	
T4	28.10	A	B
T3	23.76	B	C
T2	16.60	C	D
T1	13.37		D

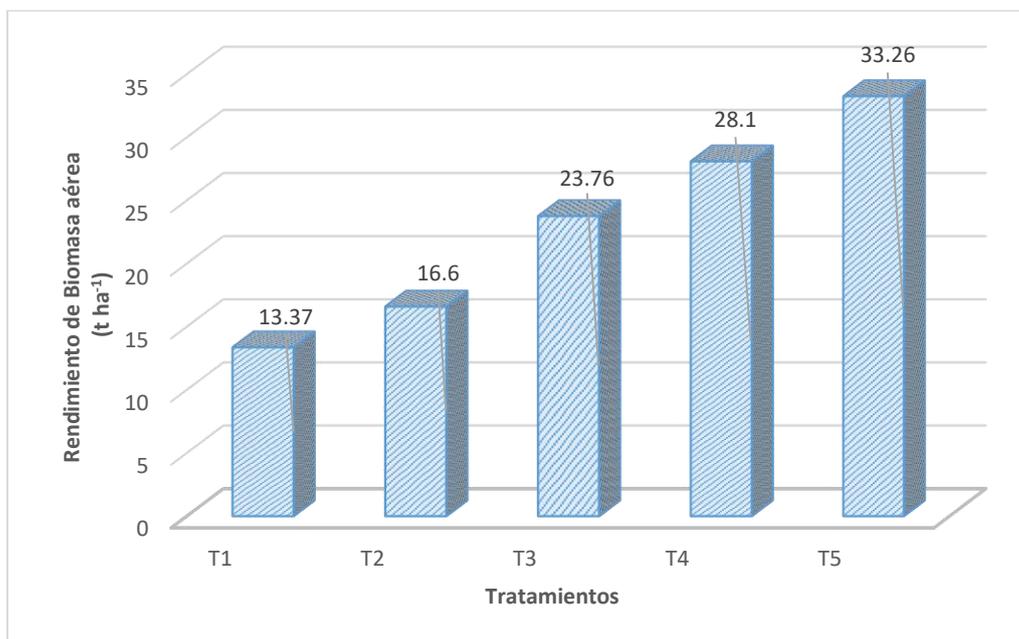


Figura 5. Promedio del rendimiento de biomasa aérea obtenido por los tratamientos.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (tabla 17 y figura 5), se observa que la mayor biomasa aérea se obtuvo con el T5 (12 mm de lámina de agua), y seguido con el T4 (10 mm de lámina de agua), cuyos promedios son de

33.26 t ha⁻¹ y 28.10 t ha⁻¹ respectivamente, los cual son estadísticamente iguales y superiores al resto. Seguido del T3 (8 mm de lámina de agua) y T2 (6 mm de lámina de agua), cuyos promedios son de 23.76 t ha⁻¹ y 16.60 t ha⁻¹, respectivamente. El menor rendimiento de biomasa aérea de betarraga se encontró con el T1 (4 mm de lámina de agua), cuyo valor, fue de 13.37 t ha⁻¹.

Esto evidencia que, a mayor disponibilidad de agua, mayor eficiencia en la actividad fotosintética y mayor desarrollo de los órganos de las plantas como las hojas. Resultados similares fueron encontrados por Delgado (2012) en donde el rendimiento de tallos y hojas de albahaca se obtuvo con el tratamiento que tenía la mayor lámina de riego.

Tabla 18. Análisis de varianza (ANOVA) para el diámetro ecuatorial de la raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Bloque	2	0.39	0.20	1.05 NS	0.3945
Tratamientos	4	38.95	9.74	51.66 **	<0.0001
Error	8	1.51	0.19		
Total	14	40.85			

NS = no significativa; ** = altamente significativa

CV = 5.50 %

La tabla 18, del análisis de varianza (ANOVA), nos indica que existe alta significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación (p-valor = <0.0001) es menor al 0.05 (5 %), es decir que, los resultados obtenidos de cada lámina de agua (tratamientos), causaron un efecto significativo en el diámetro ecuatorial de la raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.).

El coeficiente de variación (CV = 5.50 %), es adecuado, lo cual indica la variabilidad de los resultados obtenidos en los tratamientos (lámina de agua), en sus tres repeticiones.

Tabla 19. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para el diámetro ecuatorial de la raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Tratamientos	Diámetro ecuatorial (cm)	Significación estadística al 5 %
T5	10.54	A
T4	8.28	B
T3	7.67	B
T2	7.43	B
T1	5.54	C

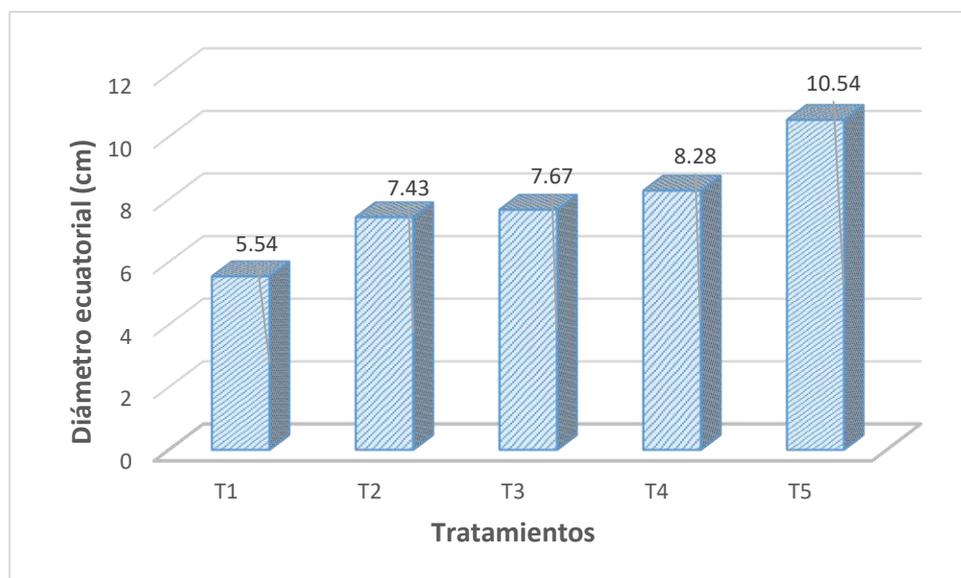


Figura 6. Promedio del diámetro ecuatorial de la raíz alcanzado por los tratamientos.

Al realizar la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad (tabla 19 y figura 6), se observa que el mayor diámetro ecuatorial de raíz de betarraga, se obtuvo con el T5 (12 mm de lámina de agua), cuyo promedio es de 10.54 cm, siendo estadísticamente superior al resto. Seguido del T4 (10 mm de lámina de agua), T3 (8 mm de lámina de agua) y T2 (6 mm de lámina de agua), cuyos promedios son de 8.28 cm, 7.67 cm, y 7.43 cm, respectivamente. El menor rendimiento de raíz de betarraga se encontró con el T1 (4 mm de lámina de agua), cuyo valor, fue de 5.54 cm. Se observa que a medida que va aumentando la lámina de riego se ha obtenido una raíz más grande, de lo que se infiere que los nutrientes

conjuntamente con el agua son asimilados y almacenados en las raíces por ser un órgano de reserva.

Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la planta de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculado	P - valor
Bloque	2	24.78	12.39	4.66 *	0.0455
Tratamientos	4	1090.03	272.51	102.48 **	<0.0001
Error	8	21.27	2.66		
Total	14	1136.08			

* = significativa; ** = altamente significativa

CV = 4.31 %

En la tabla 20, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la altura de la planta, los cuales indican que existe alta significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación (p-valor = <0.0001) es menor al 0.05 (5 %), es decir que, los resultados obtenidos de cada lámina de agua (tratamientos), difieren uno del otro en altura de planta de betarraga.

El coeficiente de variación (CV = 4.31 %), %, es adecuado, lo cual indica la variabilidad de los resultados obtenidos en los tratamientos (lámina de agua), en sus tres repeticiones.

Tabla 21. Prueba de significación de Tukey al 5 % de probabilidad para la altura de planta de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Tratamientos	Altura de planta (cm)	significación estadística al 5 %
T5	51.54	A
T4	40.00	B
T3	39.42	B
T2	32.00	C
T1	26.25	D

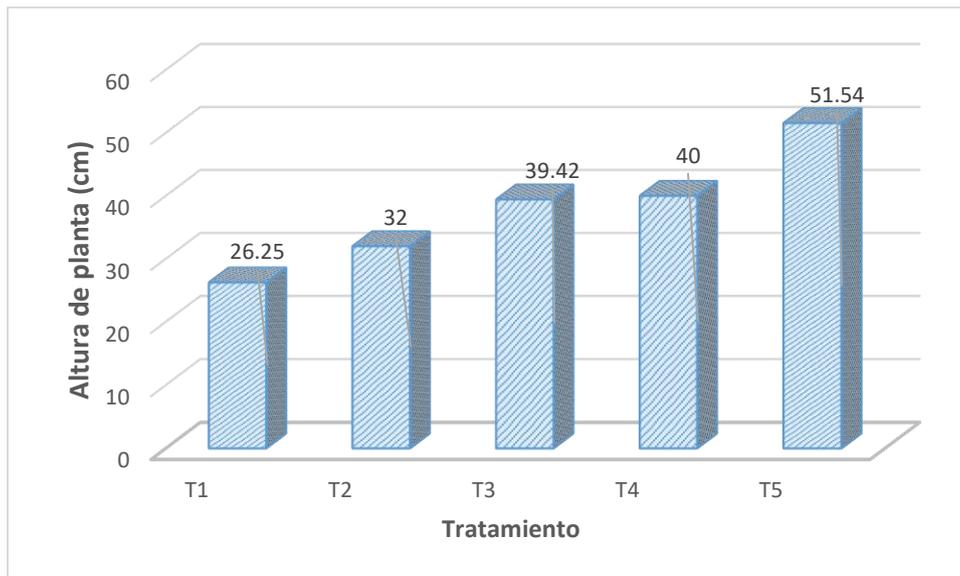


Figura 7. Promedio de altura de planta generado por los tratamientos.

Según la tabla 21 y la figura 7 de la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad, se observa que la mayor altura se obtuvo con el T5 (12 mm de lámina de agua), cuyo promedio es de 51.54 cm, siendo estadísticamente superior al resto. Seguido del T4 (10 mm de lámina de agua) y del T3 (8 mm de lámina de agua), cuyos promedios son de 40 cm y 39.42 cm, respectivamente, y son estadísticamente iguales. Seguido del T2 (6 mm de lámina de agua), cuyo promedio es de 32 cm de altura. El menor promedio de altura de raíz de betarraga se obtuvo con el T1 (4 mm de lámina de agua), cuyo valor, fue de 26.25 cm.

Se puede apreciar que a medida que se aumenta la lámina de riego se incrementa la altura de la planta, debido a la importancia del agua en la absorción de nutrientes para su desarrollo óptimo. Similar resultado obtuvo Delgado (2012) quien encontró que, al aumentar la cantidad de agua aplicada en albahaca, mayor fue la longitud aérea de la planta.

Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para la materia seca de la raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p-valor
Bloque	2	1.17	0.58	1.26	NS
Tratamientos	4	5.96	1.49	3.23	NS
Error	8	3.7	0.46		
Total	14	10.83			

NS = no significativa; * = significativa

CV=20.78%

La tabla 22, del análisis de varianza (ANOVA) para la materia seca de la raíz de betarraga, nos indica que no existe significación estadística para los tratamientos, dado que, el valor de significación (p-valor = 0.0744) es mayor al 0.05 (5 %), es decir que, los resultados obtenidos de cada lámina de agua (tratamientos), no difieren el uno del otro desde el punto de vista estadístico.

El coeficiente de variación (CV = 20.78 %), es adecuado, lo cual indica la variabilidad de los resultados obtenidos en los tratamientos (lámina de agua), en sus tres repeticiones.

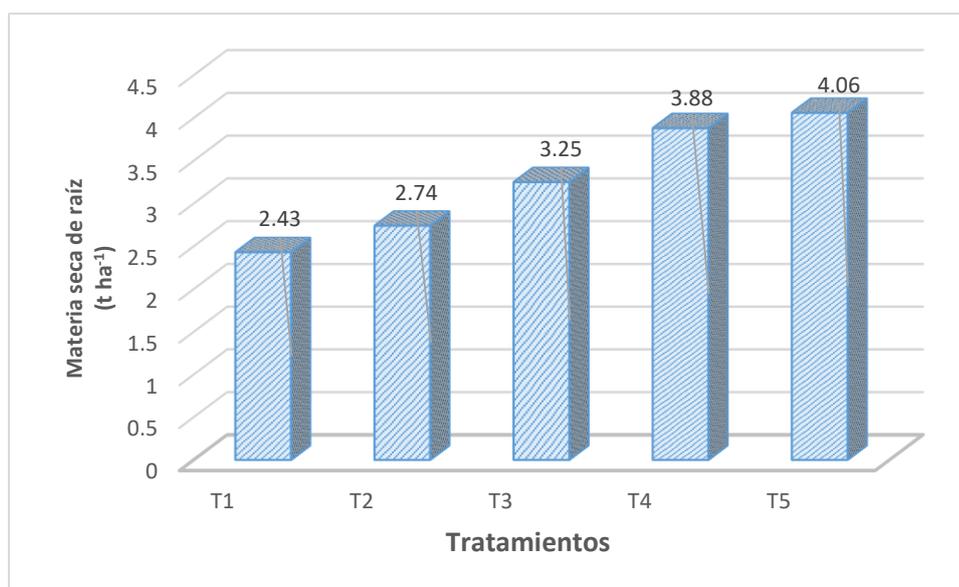


Figura 8. Promedio de materia seca de la raíz generado por los tratamientos.

En la figura 8, se observa que el tratamiento cinco tiene una tendencia mayor de acumulación de materia seca (12 mm de lámina de agua) cuyo promedio es de 4.06 t ha⁻¹. Pero sin tener diferencias estadísticas con los demás tratamientos. Los resultados muestran que la acumulación progresiva de masa seca conforme aumenta el volumen de agua, se debe a que las plantas tienen una mayor cantidad de agua y nutrientes aprovechable en el suelo. Además, indica que, si se sigue incrementando la cantidad de agua, se garantiza una mayor masa fresca, pero la acumulación de solutos se mantiene constante tal como lo reporta (Giovanni 2017).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

Se obtuvo un mayor rendimiento de betarraga aplicando el T5, correspondiente a una lámina de riego de 12 mm, utilizando $5520 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de agua, cuyo valor es de 45.49 t ha^{-1} .

Se recomienda realizar futuros estudios con betarraga en los cuales se analicen nuevas láminas de riego, para evaluar el requerimiento hídrico del cultivo y encontrar resultados más representativos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aliter, D; Granados D. 2006. Construcción y manejo de invernaderos en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para el valle del mezquital, hidalgo. Revista Chapingo (Serie zonas áridas) 5(1): 3-17.

AREX (Asociación Regional de Exportadores de Lambayeque). 2013. Perfil comercial de la Betarraga (en línea). Lambayeque, Perú. 44 p. consultado 1 jul. 2019. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/276533040/Perfil-Comercial-Beterraga>.

Baca, E. 2015. Influencia de los ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento y desarrollo en betarraga (*Beta vulgaris* L). en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. Trujillo, Perú. 84 p.

Becerra, J. 1992. Horticultura. Departamento de publicidad. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú .175 p.

Castañón, G. 2000. Ingeniería del riego. Uso racional del agua. Madrid-España. Editorial Paraninfo.198 p.

Carrazón, J. 2007. Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Honduras. 218 p.

Cahuaza, K. 2015. “Dosis de ceniza de madera y su efecto sobre las características agronómicas y el rendimiento en *Beta vulgaris* L. betarraga var. early wonder tall top, zungarococha - Iquitos”. Tesis Ing. Agr. Iquitos, Perú, UNAP. 79 p.

Casseres, E. 1980. Producción de hortalizas. 3ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. Editorial CIDIA. 387 p.

Daza, M. *et al.* 2015. Efecto de aplicación de diferentes láminas de riego en estevia (*Stevia rebaudiana* Bert.) bajo invernadero. *Temas agrarios*. 20(1): 81-90

Delgado, G. 2012. Determinación de la lámina de riego para el cultivo de la albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* "Genovese".) a partir de la variación del coeficiente multiplicador de la evaporación. Tesis Ing. Agr. Cali, Colombia. Universidad del Valle. 11 p.

Diestra, E. 2017. "Efecto de tres dosis de solución de cáscara de plátano en el rendimiento de *Beta vulgaris* L. Var. early wonder tall top en Huayatan, Santiago de Chuco-La Libertad" Tesis Ing. Agr. Trujillo, Perú, UNT. 52 p.

Estrada, J. 2012. Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Bolivia. 84 p.

FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO: Riego y drenaje N° 56. Roma, FAO.

FDA (Fundación de Desarrollo Agropecuario, Republica Dominicana). 1995. Cultivo de remolacha. Boletín técnico N° 22. Santo Domingo, República Dominicana, 25 p.

Fernández, R *et al.* 2010. Manual de riego para agricultores: Módulo 4. Riego Localizado: Manual y ejercicios. Junta de Andalucía. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 154 p.

Fuentes, J; García, G. 1999. Técnicas de riego. Sistemas de riego en la agricultura. 1 ed. rev. y corr. México. Editorial Mundi-Prensa. 473 p.

Fuentes-Barría *et al.* 2018. Influencia de los compuestos bioactivos de betarraga (*Beta vulgaris* L) sobre el efecto cardio-protector. *Rev Chil Nutr* 45(2): 178-179.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de Clasificación climática de Köppen. 2 ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. 246 p.

Giovanni, J. *et al.* 2017. Efecto de diferentes láminas de riego en el crecimiento y desarrollo de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 11(2): 359-367.

Hernández, A. 2007. Manual para la construcción de invernáculos. Centro Cooperativo Uruguayo. Montevideo, Uruguay. 17 p.

INTAGRI. 2019. Diseño agronómico de sistema de riego por goteo. Serie agua y riego, Núm. 32. Artículos técnicos de INTAGRI. México. 5 p.

Lecaros, B. J.M. 2011. El Riego por Goteo. Seminario Internacional de Riego y Fertirrigación. 23 y 24 de junio, Chiclayo, Perú.

López, M. 2006. Horticultura, 2 ed. Editorial trillas. México. 386 p.

Maroto, J. 1983. Horticultura herbácea especial. Madrid, España, Editorial Mundi-Prensa. 533 p.

Mendoza, AE. 2013. Riego por goteo (en línea). San Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 91 p. consultado 15 abr. 2019. Disponible en: <http://www.senari.gob.bo/archivos/Riego%20por%20goteo.pdf>

Medina, J; Himeur, Y. 2005. Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo: Proyecto "Prevención y Preparación en Comunidades altoandinas, afectadas por Sequías, Heladas y otros peligros en cuatro distritos de las Regiones de Moquegua y Arequipa". 1 ed. Lima, Perú, PREDES. 26 p.

Medina, JA. 2000. Riego por goteo teoría y práctica. 4 ed. España, editorial Mundi-Prensa. 302 p.

Moya, JA. 2002. Riego localizado y fertirrigación. 3 ed. rev. y ampl. Madrid, España, Editorial Mundi- Prensa. 534 p.

Mori, AM. 2015. "Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* willd), mediante el riego por goteo". Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, UNALM. 101 p.

Olarte, W. 2003. Manual. Diseño y gestión de sistemas de riego por aspersión en ladera. Proyecto MASAL. Cusco – Perú. 175 p.

PSI (Programa Subsectorial de Irrigación). 2018. Determinación de los parámetros de diseño de riego. *In* Diseño y ejecución de proyectos de riego tecnificado en la región Cajamarca (1, 2018, Cajamarca, Perú). Chávez, R. Determinación de la frecuencia y tiempo de riego, Cajamarca, Perú. 9 p.

Pizarro, F. 1996. Riegos localizados de alta frecuencia. 3 ed. rev. y ampl. Madrid, España, Editorial, Mundi-Prensa. 511 p.

Porras, ZR. 2015. "Evaluación del sistema de riego por goteo y exudación en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) en el INIA-La Molina". Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, UNALM. 113 p.

Puppo, L. 2015. Curso de riegos en cultivos intensivos (en línea). Uruguay, Universidad de la República. 54 p. Consultado 18 jun. 2019. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Agua%20en%20el%20suelo%20intensivos2015.pdf>

Saray, RU *et al* 1988. Cultivos Hortícolas. Datos Básicos. UNALM, Programa de investigación en Hortalizas. Lima, Perú, 202 p.

Soto, J. 2002. Manual para el diseño y gestión de pequeños sistemas de riego por aspersión en laderas. Proyecto MASAL. Cusco, Perú. 157 p.

Valadez López, A. 1998. Producción de Hortalizas. Editorial LIMUSA. México. 200 p.

Vásquez *et al*. 2017. Fundamentos de la Ingeniería de riegos. 1ra ed. Lima, Perú. 442 p.

ANEXOS

ANEXO 1. Registro de información de campo

Tabla 23. Datos meteorológicos promedios anuales registrados en la estación agro meteorológica “Augusto Weberbauer” (año 2014-2017)

	TMax (°C)	TMin (°C)	HR (%)	PP(mm)	Horas sol (h/día)
Enero	21.95	10.20	65.25	136.30	6.70
Febrero	22.05	10.38	67.25	69.98	4.53
Marzo	21.35	10.70	72.00	140.23	3.45
Abril	21.63	9.50	71.25	68.70	4.75
Mayo	21.90	8.75	68.75	39.90	5.10
Junio	21.95	6.48	60.00	67.50	6.65
Julio	22.15	5.50	56.50	35.65	8.08
Agosto	22.30	6.15	57.00	14.53	7.40
Septiembre	22.48	7.78	57.00	25.90	5.85
Octubre	22.63	8.85	57.50	42.18	5.80
Noviembre	23.03	8.10	58.50	56.08	6.60
Diciembre	22.05	10.13	65.75	97.33	5.43

Fuente. Elaborado con información de la Estación Meteorológica Augusto Weberbauer.

Tabla 24. Factor de Evapotranspiración potencial MF en mm por mes

Lat. Sur (°)	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2.288	2.117	2.354	2.197	2.137	1.99	2.091	2.218	2.256	2.358	2.234	2.265
2	2.321	2.134	2.357	2.192	2.106	1.956	2.05	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3	2.353	2.154	2.36	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.486	2.29	2.337
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.05	1.888	1.993	2.15	2.24	2.398	2.318	2.372
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.02	1.854	1.96	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6	2.447	2.205	2.363	2.117	1.98	1.82	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7	2.478	2.221	2.363	2.095	1.969	1.785	1.893	2.078	2.21	2.433	2.397	2.467
8	2.496	2.237	2.363	2.081	1.927	1.75	1.858	2.054	2.21	2.443	2.423	2.51
9	2.538	2.261	2.36	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.97	2.18	2.47	2.497	2.61
12	2.625	2.292	2.35	2.002	1.799	1.608	1.719	1.95	2.169	2.477	2.52	2.643
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.543	2.675
14	2.68	2.317	2.34	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.49	2.566	2.706
15	2.707	2.328	2.334	1.937	1.7	1.5	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.73
16	2.734	2.339	2.327	1.914	1.66	1.464	1.576	1.838	2.117	2.5	2.61	2.769
17	2.76	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.54	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18	2.785	2.353	2.311	1.867	1.59	1.391	1.504	1.78	2.088	2.508	2.651	2.83
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.564	1.354	1.467	1.75	2.072	2.51	2.671	2.859
20	2.835	2.377	2.293	1.818	1.529	1.318	1.431	1.719	2.056	2.512	2.691	2.889

Fuente. Vasquez *et al.* 2017, Fundamentos de la ingeniería del riego.

ANEXO 2. Datos de las evaluaciones en campo

Tabla 25. Biomasa aérea de betarraga (*Beta vulgaris* L.) en kg ha⁻¹

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	12.28	15.57	12.27	40.12	13.37
2	16.41	15.71	17.67	49.79	16.60
3	21.73	27	22.54	71.27	23.76
4	23.24	29.1	31.95	84.29	28.10
5	27.37	33.15	39.27	99.79	33.26
TOTAL BLOQUE	101.03	120.53	123.7	345.26	115.09

Tabla 26. Materia seca de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) t ha⁻¹

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	1.40	3.37	2.52	7.29	2.43
2	2.98	2.30	2.93	8.21	2.74
3	3.57	2.63	3.54	9.75	3.25
4	3.06	4.43	4.14	11.63	3.88
5	3.59	3.72	4.88	12.19	4.06
TOTAL BLOQUE	14.60	16.45	18.01	49.07	16.36

Tabla 27. Diámetro ecuatorial de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) en cm

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	5.32	5.4	5.9	16.62	5.54
2	7.43	7.5	7.35	22.28	7.43
3	9.33	7.95	9.65	26.93	8.98
4	8.25	9.27	9.45	26.97	8.99
5	9.78	10.4	11.45	31.63	10.54
TOTAL BLOQUE	40.11	40.52	43.8	124.43	41.48

Tabla 28. Altura de planta de betarraga (*Beta vulgaris* L.) en cm

TRATAMIENTO	BLOQUES			TOTAL TRATAMIENTO	PROMEDIO
	I	II	III		
1	25.75	27.25	25.75	78.75	26.25
2	30.63	32.75	32.63	96.01	32.00
3	39.25	38	41	118.25	39.42
4	37.38	40.13	42.5	120.01	40.00
5	48.38	51	55.25	154.63	51.54
TOTAL BLOQUE	181.39	189.13	197.13	567.65	189.22

ANEXO 3. Actividades de instalación del riego

Tabla 29. Aforamiento de goteros y cálculo de caudal calibrado

Caudal nominal ($Q_e=2$ lph)

Numero de goteros por unidad experimental=80

$$Q(e) \text{ calibrado} = \frac{\text{volumen aforado} \cdot 1h(3600s)}{\text{Tiempo de aforo}}$$

Tratamientos/ Goteros	T1 (4mm)		T2 (6mm)		T3 (8mm)		T4 (10mm)		T5 (16mm)	
	Aforo	t	Aforo	t	Aforo	t	Aforo	t	12mm	t
G1 (ml)	10	92s	10	64s	10	49.8s	10.5	40.35s	10.5	34s
G2 (ml)	10	92s	10	64s	10.5	49.8s	11	40.35s	11.5	34s
G3 (ml)	10.5	92s	11	64s	11	49.8s	10	40.35s	10	34s
G4 (ml)	10.5	92s	10.5	64s	11	49.8s	10.5	40.35s	10	34s
Promedio	10.25		10.38		10.63		10.5		10.5	
Q_e (calibrado en l h ⁻¹)	0.4		0.6		0.8		1		1.2	

ANEXO 4. Cronograma general de riego

Tabla 30. Programación del riego durante la conducción del cultivo

PROGRAMACIÓN DE RIEGOS																		
1 Fase				2 Fase				3 Fase				4 Fase						
Fecha	Etap. fisiol.	Nº RIEGO	Actividad	Fecha	Etap. fisiol.	Nº RIEGO	Actividad	Fecha	Etap. fisiol.	Nº RIEGO	Actividad	Fecha	Etap. fisiol.	Nº RIEGO	Actividad			
14-dic	EMERGENCIA Y PRIMER PAR HOJA VERDADERA		Siembra	08-ene	QUINTO HOJA VERDADERA	Riego Nº 12		07-feb	HINCHAZÓN DE RAÍZ	Riego Nº 26		04-mar	MADURACIÓN					
15-dic			09-ene				08-feb							05-mar	Riego Nº 44		
16-dic			10-ene		Riego Nº 13				09-feb	Riego Nº 27				06-mar			
17-dic		Riego Nº 1	Emergencia	11-ene						10-feb	Riego Nº 28				07-mar		Riego Nº 45	
18-dic				12-ene		Riego Nº 14	Deshiervo			11-feb	Riego Nº 29	Aporque			08-mar			
19-dic		Riego Nº 2		13-ene						12-feb					09-mar		Riego Nº 46	
20-dic				14-ene						13-feb	Riego Nº 30				10-mar			
21-dic		Riego Nº 3		15-ene		Riego Nº 15				14-feb	Riego Nº 31				11-mar			
22-dic				16-ene						15-feb	Riego Nº 32				12-mar			
23-dic		Riego Nº 4		17-ene		Riego Nº 16				16-feb					13-mar			
24-dic				18-ene						17-feb	Riego Nº 33				14-mar			Cosecha
25-dic		Riego Nº 5		19-ene		Riego Nº 17				18-feb	Riego Nº 34							
26-dic				20-ene						19-feb	Riego Nº 35							
27-dic				21-ene		Riego Nº 18				20-feb	Riego Nº 36							
28-dic		Riego Nº 6		22-ene						21-feb	Riego Nº 37							
29-dic				23-ene		Riego Nº 19				22-feb	Riego Nº 38							
30-dic		Riego Nº 8		24-ene			Raleo			23-feb	Riego Nº 39							
31-dic				25-ene						24-feb								
01-ene				26-ene		Riego Nº 20				25-feb	Riego Nº 40							
02-ene		Riego Nº 9		27-ene						26-feb								
03-ene				28-ene		Riego Nº 21				27-feb	Riego Nº 41							
04-ene		Riego Nº 10		29-ene						28-feb	Riego Nº 42							
05-ene				30-ene		Riego Nº 22				01-mar								
06-ene		Riego Nº 11		31-ene						02-mar	Riego Nº 43							
07-ene				01-feb		Riego Nº 23				03-mar								
			02-feb															
			03-feb	Riego Nº 24	Deshiervo													
			04-feb															
			05-feb	Riego Nº 25														
			06-feb															

ANEXO 5. Análisis de suelos



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego



Decenario de Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres*
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **JORGE HENRY MOROCHO CUBAS**

PROCEDENCIA: Cajamarca –Silvo Agropecuarios UNC Fecha: **18/10/2018**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Al meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
UNC	SU0642-EEBI-18	21.47	330.0	7.0	2.10	--	52	14	34	F Ar A

C.C. %	P.M.P. %	A. DISP. %	D Apar. g/cm ³
20.12	11.02	9.09	1.40

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : ALTO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **NEUTRO**
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : FRANCO ARCILLO ARENOSO
 Capacidad de campo : C.C.
 Punto marchitez permanente : P.M.P.
 Agua disponible : A. D.
 Densidad aparente : D. Apar.

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: BETARRAGA

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CAL
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Ton /ha
Cantidad												

Recomendaciones y

Observaciones Especiales: **APLICAR 3.00 TON/HA DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO**



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
 Estación Experimental Banos del Inca
 Ing. Julio A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS

T: (051) 076 348386
 www.inia.gob.pe
 binca@inia.gob.pe

Trabajando para todos los peruanos

FOLIO:

ANEXO 6. Panel fotográfico



Figura 9. Preparación del terreno de campo experimental.



Figura 10. Delimitación de parcelas para cada tratamiento.



Figura 11. Instalación del sistema de riego.



Figura 12. Aforamiento de goteros para calibrar el caudal deseado.



Figura 13. Surcado para la siembra.



Figura 14. Siembra de betarraga (*Beta vulgaris* L.)



Figura 15. Plantas de betarraga (*Beta vulgaris* L.) en pleno desarrollo



Figura 16. Toma de datos en campo (altura de planta)



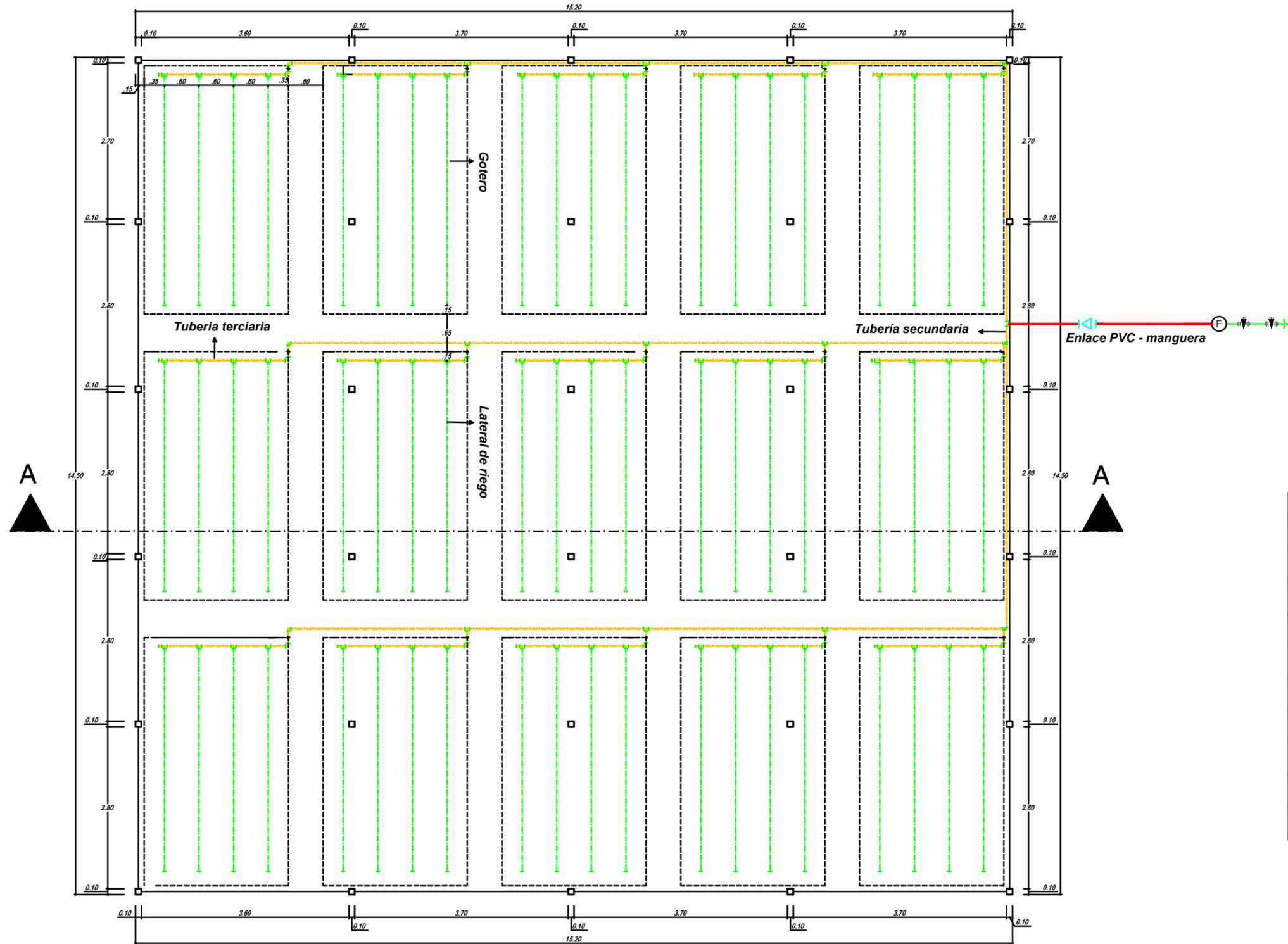
Figura 17. Peso de raíces de betarraga (*Beta vulgaris* L.) durante la cosecha.



Figura 18. Muestras de raíz de betarraga (*Beta vulgaris* L.) en estufa para determinar materia seca.



Figura 19. Masa seca de betarraga (*Beta vulgaris* L.)



LEYENDA	
	Manguera de riego 16 mm
	Tubería Principal 1"
	Tubería secundaria y terciaria 3/4"
	Codo 90°
	Tee
	Válvula de control
	Enlace PVC - manguera
	Tapón macho
	Red de captación
	Filtro

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Agronomía

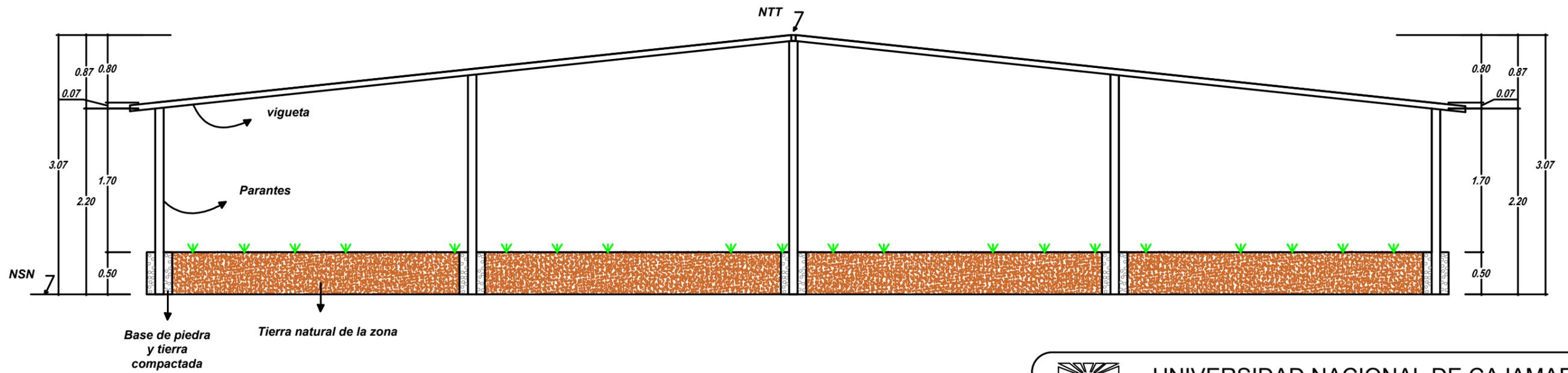
PLANO : **PLANTA**

CURSO : **TESIS** ESCALA: **1/100**

ASESOR: **Ing. JOSÉ L. SILVA MEGA**

TESISTA: **JENRY MOROCHO CUBAS**

Nº LÁMINA : **I-01**



CORTE A - A



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Agronomía

PLANO :

CORTE

CURSO :

TESIS

ESCALA :

1/75

ASESOR :

Ing. JOSÉ L. SILVA MEGO

TESISTA :

JENRY MOROCHO CUBAS

Nº LÁMINA :

I-02