

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) A
DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO EN EL VALLE DE CAJAMARCA.**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por la Bachiller:

JOSUÉ TAPIA DELGADO

Asesor:

Ing. JOSÉ LIZANDRO SILVA MEGO

CAJAMARCA – PERU

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Fundada por Ley N° 14015 del 13 de febrero de 1,962
"Norte de la Universidad Peruana"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica

-----000-----

ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los **tres** días del mes de **marzo** del año dos mil veintiuno, se reunieron en la Plataforma Virtual de la Universidad Nacional de Cajamarca, a través del Google Meet, los miembros del Jurado, designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 284-2020-FCA-UNC, de fecha 15 de diciembre del 2020, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: "**RESPUESTA DEL CULTIVO DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) A DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO EN EL VALLE DE CAJAMARCA**", ejecutado por el Bachiller en Agronomía, don **Josué Tapia Delgado**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las **8.00** horas y **diez** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y, luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **QUINCE (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites y se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

A las **9.00**. horas y **45** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Dr. Berardo Escalante Zumaeta
PRESIDENTE

Dr. Edin Alva Plasencia
SECRETARIO

Ing. Urías Mostacero Plasencia
VOCAL

Ing. José Lizandro Silva Mego
ASESOR

DEDICATORIA

Con eterno cariño y agradecimiento
dedico este trabajo a mis padres:

ORLANDO Y CLAUDINA

quienes con esfuerzo y amor han hecho
posible mi formación profesional.

A mis familiares:

Por apoyarme cuando más los necesité,
por extender su mano en momentos
difíciles y por el amor brindado cada día.

Al Campesinado:

Quienes olvidados por las arbitrariedades
sociales labran la tierra infatigablemente
para el sustento del pueblo.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por darnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, que gracias a sus distinguidos maestros hicieron posible mi formación profesional.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Ing. José L, Silva Mego, asesor del presente Trabajo de Investigación, quien con su desinteresada e incondicional colaboración ha contribuido a la culminación del mismo en forma satisfactoria.

Así mismo hago pública mi gratitud a todos mis familiares, amigos y amigas por su apoyo desinteresado para hacer realidad este trabajo. A todos ellos mi reconocimiento y agradecimiento.

EL AUTOR

ÍNDICE

CONTENIDO

PÁGINA

RESUMEN.....	i
ABSTRAC.....	ii
CAPÍTULO	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1. Origen del agua.....	2
2.2. Importancia del agua.....	2
2.3. Relación agua, suelo y planta.....	3
2.4. Clasificación del agua de suelo.....	3
2.5. Estados de humedad del suelo.....	5
2.6. Necesidades hídricas del cultivo.....	6
2.7. Riego.....	11
2.8. Riego por superficie.....	16
2.9. Aforo.....	17
2.10. Generalidades de la zanahoria.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Ubicación del campo experimental.....	26
3.2. Materiales y equipos.....	27
3.3. Metodología.....	28
3.4. Evaluaciones realizadas.....	37
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	38
4.1. Análisis estadístico de los tratamientos en estudio.....	38
4.2. Volumen de agua aplicado.....	48
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
GLOSARIO.....	55
APÉNDICE.....	56
ANEXOS.....	57

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Servicio Silvo Agropecuario (SESA) de la Universidad Nacional de Cajamarca, en un área experimental de 168 m^2 . La investigación se fundamenta en determinar la lámina de riego adecuada en el rendimiento del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L). El diseño experimental fue el bloque completo randomizado para valorar el nivel de significancia de los tratamientos; resultando 5 tratamientos y 3 repeticiones, los mismos que estuvieron distribuidos en forma aleatoria en el campo experimental. Los tratamientos evaluados fueron 14, 22, 30, 38, 46 mm de láminas de riego consideradas como T-1, T-2, T-3, T-4 y T-5 respectivamente, los que fueron determinadas en base a la lámina teórica calculada. Las variables en estudio fueron rendimiento, altura de planta, longitud de raíz comercial y diámetro de raíz. El incremento de la dosis de lámina de riego permite mejorar de manera gradual los rendimientos de la zanahoria obteniéndose el mayor (40.7 t ha^{-1}) con la aplicación del T-5 y el menor (13.7 t ha^{-1}) con el T-1.

Palabras Clave: Lámina de riego, rendimiento, zanahoria, eficiencia de riego.

ABSTRACT

The present research was carried out at the Silvo Agropecuario Service (SESA) of the National University of Cajamarca, in an experimental area of $168m^2$. It was based on determining the necessary foil in the yield of the carrot crop (*Daucus carota* L.). The experimental design was the complete randomized block to assess the level of significance of the treatments; resulting in 5 treatments and 3 repetitions, the same ones that were distributed randomly in the experimental field. The treatments evaluated were 14, 22, 30, 38, 46 mm of irrigation sheets considered as T-1, T-2, T-3, T-4 and T-5 respectively, which were determined based on the calculated theoretical sheet. The variables studied were yield, plant height, commercial root length and root diameter. The increase in the dose of the irrigation sheet allows the carrot yields to be gradually improved, obtaining the highest ($40.7 t ha^{-1}$) with the application of the T-5 and the minor ($13.7 t ha^{-1}$) with the T-1.

Keywords: Irrigation sheet, yield, carrot, irrigation efficiency.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El consumo del agua en la agricultura está en este momento generando grandes tensiones en el mundo. Además del continuo incremento de la población mundial, los países emergentes están mejorando su nivel de vida, están consumiendo mayores cantidades de alimentos y por lo tanto necesitan cantidades crecientes de agua para su producción.

Los agricultores a nivel nacional producen zanahoria para abastecer al mercado local y nacional, sin embargo, tienen un desconocimiento que amerita prestarle mucha atención en lo que a volúmenes de agua de riego se refiere. Normalmente los agricultores aplican volúmenes excesivos de agua que se transforma en pérdidas y muchas veces en disminución de los rendimientos de zanahoria.

La zanahoria (*Daucus carota* L), es una hortaliza de mucha importancia, por constituir una fuente natural de vitamina "A" y minerales que hacen de esta un alimento de alto valor nutritivo el cual es muy importante en nuestra dieta alimentaria, y considerando que el suministro de agua en el suelo es indispensable para la vida y el crecimiento de la planta, se hace necesario investigar en la optimización del uso del requerimiento hídrico con la finalidad de obtener rendimientos satisfactorios de zanahoria con volúmenes adecuados de agua de riego.

1.1. Objetivo

Determinar la lámina adecuada de riego en el rendimiento del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) en el valle de Cajamarca.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Origen del agua

Según Pardo (2013) en la actualidad se plantean dos teorías sobre el origen del agua en la tierra: la teoría volcánica; plantea que se formó en el centro de la tierra, por reacciones a altas temperaturas (527 °C) entre átomos de hidrógeno y oxígeno. Las moléculas formadas por esta reacción fueron expelidas a la superficie terrestre en forma de vapor, algo de este vapor de agua pasó a formar parte de la atmósfera primitiva y otra parte se enfrió y condensó para formar el agua líquida y sólida de la superficie terrestre. La teoría extraterrestre de los meteoritos transportadores de agua menciona que en estudios realizados por la NASA apoyan los planteamientos de Tobias, Mojzsis y Scienceweek quienes afirman que el agua llegó a la Tierra en forma de hielo, en el interior de numerosos meteoritos, que al impactar sobre la superficie terrestre liberaron este compuesto y llenaron los océanos

2.2. Importancia del agua

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible (Paredes 2013).

El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra al máximo, así como para permitir que las plantas utilicen plenamente los demás factores de producción que elevan los rendimientos. Una buena gestión del agua (unida a una gestión adecuada del suelo) contribuye a asegurar una producción mejor. Es por esto que el riego es una actividad básica, a la vez que primordial, para una cosecha (Rodríguez 2007).

2.3. 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 esta naturalmente subordinada a factores que, como el agua, afecta dichas actividades (Morí 2015).

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 apertura de CO_2 que será utilizado en la fotosíntesis, simultáneamente a la entrada de CO_2 se pierde vapor de agua hacia la atmosfera. 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 conocido como umbral de riego (Puppo 2015).

El suelo es el almacén del 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).

2.4. Clasificación del agua de suelo

2.4.1. Física

Según Castañón (2000) se distinguen los siguientes tipos.

a. Agua libre o gravitacional

Se drena fácilmente por acción de la gravedad a través de los macro poros y no es retenida por los suelos por lo tanto no es aprovechable por las especies vegetales.

b. Agua capilar

Se retiene en los micro poros o capilares del suelo, debido a las fuerzas de atracción que realiza la parte coloidal del suelo y a las fuerzas de adhesión entre las moléculas de agua, así como también, a la bipolaridad de esta sustancia.

c. Agua higroscópica

Es absorbida por el suelo directamente de la humedad del aire, en forma de capas muy finas de 15 a 20 moléculas de espesor y se adhiere a las partículas coloidales por adhesión superficial.

2.4.2. Agronómica

a. Agua no aprovechable

Este tipo de agua puede ser asimilada por algunas bacterias y hongos que se desarrollan en los coloides orgánicos presentes en el suelo con una fuerza mayor de 15 atmosferas (Huayta 1993).

b. Agua aprovechable o disponible.

La disponibilidad de agua del suelo para el crecimiento de las plantas, está considerada como la cantidad de agua retenida en un suelo entre capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Por lo general, los suelos de textura fina tienen unos límites más amplios de agua que los suelos de textura gruesa entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente (Vásquez *et al.* 2017).

$$AD = CC - PM$$

c. Agua superflua

Se drena libremente del suelo, luego que este se sature y origina condiciones desfavorables para el normal desarrollo de las plantas, debido a que disminuye la aireación del suelo y dificulta la absorción de nutrientes por la planta. Los nutrientes se pierden a las capas profundas o fuera del perfil del suelo (Huayta 1993).

2.5. 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).

2.5.1. Saturación

Se ha alcanzado el nivel de saturación 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 (Mendoza 2013).

2.5.2. Capacidad de campo

Es la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problemas de drenaje, y que se alcanza según la textura del suelo entre las 6 y 72 horas después de un riego pesado o una lluvia que permitió saturar momentáneamente al suelo. Es decir, cuando la percolación o drenaje del agua gravitacional haya, prácticamente, cesado, este límite generalmente se llega cuando el potencial de retención de agua por el suelo alcanza las 0.3 atmosferas en suelos francos, 0.5 en suelos arcillosos y 0.1 atmosferas en suelos arenosos (Vásquez *et al.* 2017).

2.5.3. Punto de marchitez

Es el contenido de humedad del suelo cuando el agua esta retenida a 15 atmosferas en el cual la planta manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo muy lento de agua del suelo hacia la planta (Vásquez *et al.* 2017).

En la Tabla 1, se presentan diferentes tipos de texturas de suelo y los rangos de capacidad de campo, punto de marchitez permanente y la humedad total aprovechable.

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.

2.5.4. 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).

2.6. 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).

Según Vásquez et al. (2017) para conocer la cantidad de agua que es preciso aportar con el riego hay que conocer las necesidades de la planta y la cantidad de agua que pueden aportar las precipitaciones durante el periodo de crecimiento. La diferencia entre ambas ha de ser cubierta por el riego.

Según la FAO (2006) la necesidad de agua va aumentando progresivamente conforme se desarrolla el cultivo, hasta llegar a un máximo, que suele coincidir con la mayor velocidad de crecimiento, floración o fructificación.

2.6.1. Evaporación.

Es el proceso físico mediante el cual el agua pasa del estado líquido a vapor. La evaporación constituye una de las fases del ciclo hidrológico, y está influenciada por diversos factores. Entre los cuales, se tienen: viento, temperatura, humedad relativa, radiación, composición y color del suelo, entre otros. En el caso de los cultivos, cuando se habla de evaporación, nos estamos refiriendo a la evaporación del agua que se encuentra en el suelo (Vásquez et al. 2017).

2.6.2. Transpiración.

Es el fenómeno físico por el cual el agua en estado de vapor se mueve desde el mesófilo de la planta hacia la atmósfera. Es decir, el flujo de agua de la planta a la atmósfera ocurre a través de los estomas y de las otras células epidérmicas, a través de la cutícula de la planta. Puede considerarse como una pérdida de agua de los tejidos de las plantas, pero no es estrictamente así, puesto que también desempeña una función refrigerante de las plantas. Los estomas si bien son el principal medio de salida del agua de la planta al exterior también sirven para la entrada de CO_2 y la salida del O_2 (Vásquez et al. 2017).

2.6.3. Evapotranspiración.

Es el proceso de flujo de agua hacia la atmósfera proveniente de la evaporación del agua del suelo y de la transpiración de las plantas. Es complejo y depende no sólo de los elementos físicos (climáticos) que afectan la evaporación, sino también de las características morfológicas y fisiológicas de la cobertura vegetal, del suelo y de su nivel de humedad (FAO 2006).

Según Olarte (2003) existen al menos 4 métodos generalmente aceptados para calcular la evapotranspiración potencial, a partir de determinados datos meteorológicos; el método de Hargreaves, Penman, Blaney–Criddle y Thornthwaite.

2.6.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo)

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 ETo son los parámetros climáticos, por lo tanto, puede ser calculada a partir de datos meteorológicos. La ETo expresa el poder evaporante de la atmosfera en una localidad y época del año específicas y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo (FAO 2006).

Tabla 2. Valores referenciales de Etp según la altitud.

ZONAS	Evapotranspiración Potencial (ETP)
Valles (de 1,000 a 2,000 msnm)	4.0 mm/día
Zonas Quechua (de 2,000 a 3,000 msnm)	3.0 mm/día
La Jalca (de 3,000 msnm o más)	2.5 mm/día

Fuente: PRONAMACH, citado por Vásquez et al. 2017.

2.6.5. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

La evapotranspiración del cultivo bajo condiciones estándar se denomina ETc, 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 las plantas 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.

Según Fuentes y García (1999) la evapotranspiración de un cultivo se obtiene mediante la fórmula siguiente.

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

Donde:

ET_c : Evapotranspiración del cultivo (mm día^{-1}).

K_c : Coeficiente del cultivo.

ET_o : Evapotranspiración de referencia (mm día^{-1}).

2.6.6. K_c del cultivo

Según Vásquez *et al.* (2017) es el factor que indica el grado de desarrollo de las plantas o cobertura del suelo por el cultivo. Así mismo Fuentes y García (1999) afirma que 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.

Según Carrazón (2007) en los cultivos anuales 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.

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 Kc es pequeño, con frecuencia menor a 0.4. El valor de Kc comienza a aumentar, a partir de este valor inicial de Kc, al comenzar el desarrollo rápido de la planta y alcanza su valor máximo, de la planta. Durante la etapa 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 Kc comienza a disminuir hasta alcanzar un valor mínimo al final de la temporada de crecimiento igual al Kc final (FAO 2006).

Tabla 3. Coeficiente de cultivo (Kc) de cultivos anuales (C.Brouwer y M. Heloibloem).

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
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 dulce	0.40	0.80	1.15	1.00
Maíz grano	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.

2.7. Riego

En la producción agrícola la falta de agua en el suelo afecta negativamente al cultivo y, por lo tanto, a su rendimiento. Si el contenido de agua en el suelo es bajo se la debe reponer para que las plantas la puedan absorber con facilidad. Esta reposición se realiza mediante el riego (Santos 2010).

Según Demin (2014) el riego consiste en aportar agua a los cultivos por medio del suelo para satisfacer sus necesidades hídricas que no fueron cubiertos mediante la precipitación, o bien para incrementar la producción agrícola al transformar zonas de agricultura de secano en zonas de regadío.

Así mismo según Gaviola (2013) los sistemas de riegos se clasifican en: riego por superficie y riego presurizado. En el primero se encuentran el riego por melgas y Surcos, en el segundo se distinguen el riego por goteo, aspersión y microaspersión.

2.7.1. Momento oportuno del riego

El momento óptimo de riego representa el máximo porcentaje del volumen de agua disponible en la zona de raíces y que el cultivo pueda aprovechar al máximo su potencial sin reducir su rendimiento. Este nivel de agua disponible y aprovechable por la planta depende del tipo de cultivo, de la textura del suelo, de la pendiente del terreno, de su nivel de salinidad y del sistema de riego que se use (Vásquez *et al.* 2017).

También un importante aspecto de la ordenación de aguas para la agricultura es la aplicación del agua en cantidades adecuadas y en el momento oportuno. Como las plantas exige diferentes cantidades de agua durante sus distintas fases de crecimiento, la cantidad de agua aplicable dependerá del grado de humedad del suelo en aquel momento (FAO 2006).

2.7.2. Programación del riego

Según Vásquez *et al.* (2017) el cálculo y programación del riego en parcela debe determinar de manera más exacta posible los siguientes puntos: ¿**Cuándo regar?**, ¿**Con cuánto regar?**, ¿**Cuál es la duración de la aplicación del riego?** y ¿**Cómo regar?** La pregunta **cuándo regar** se refiere a la frecuencia o al intervalo de tiempo entre riego y riego (días u horas); cuánto **regar**, a la cantidad de agua que se aplica en cada riego ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$); **la duración de la aplicación del riego**, al tiempo en que se aplica el riego (horas o minutos) y finalmente cómo regar, a la forma o al método como se aplica el agua de riego, que puede ser por superficie (surcos o melgas) y presurizado (aspersión, goteo, microaspersión).

2.7.3. 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. Además, indica que en la zona de climatología árida y semiárida y riego por goteo, Pe y W se consideran nulos coincidiendo las necesidades netas con la evapotranspiración del cultivo. Las necesidades netas vienen dadas por la expresión:

$$N_n = ET_c - (Pe + W)$$

Donde:

N_n : Necesidades netas en mm día^{-1} .

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

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

W : Variación de la humedad en el suelo en mm día^{-1} .

2.7.4. Lámina neta de riego

Fuentes y García (1999) afirma que 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.

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 de marchitez (%)

Dap : Densidad aparente (g / cc).

Zr : Profundidad radicular efectiva del cultivo (m).

p : Fracción de agotamiento.

2.7.5. 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 y requerimientos de lavado de sales del suelo.

Las necesidades totales de riego vienen dadas por la relación.

$$Lb = \frac{Nn}{Er}$$

Donde:

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.

2.7.6. Eficiencia de riego.

Según Moya (2002) es el porcentaje de agua que aprovecha la planta del total suministrado. En el riego por surcos se calcula una eficiencia de 70 %, que se puede aceptar cuando sea controlado.

Según Vásquez *et al.* (2017) está dada por la relación entre el volumen de agua evapotranspirada por las plantas y evaporada del suelo (ET_o) más la cantidad de agua necesaria para mantener una concentración adecuada de sales en el perfil enraizado del suelo (L_{sa}), menos la precipitación efectiva (Pe), menos la ascensión capilar producida desde la napa freática (L_{ac}). La expresión matemática será:

$$Er (\%) = \frac{V_a}{V_{ex}} (100)$$

$$V_a = (ET_o + L_{sa} - L_{ac} - Pe) \times \text{Área}$$

Donde:

E_r : Eficiencia de riego (%)

V_a : Volumen de agua necesario para el cultivo (m^3) o (mm).

V_{ex} : Volumen de agua captado de la fuente de abastecimiento (m^3).

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.

2.7.7. Frecuencia de riego

Es el tiempo que deberá transcurrir para que un cultivo reduzca la humedad del suelo hasta un nivel previamente determinado. Suponiendo que no se recogen lluvias, el intervalo de riego en días es simplemente el volumen neto de agua aplicado en el riego dividido por el coeficiente de evapotranspiración expresado en las mismas unidades del volumen por día (Gaviola 2013).

Según Fernández (2010) el intervalo entre riegos se obtiene dividiendo la cantidad de agua que es preciso reponer, por el consumo diario.

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

2.7.8. Tiempo de riego

Según Vásquez *et al.* (2017) es el tiempo necesario para aportar la dosis de riego y en términos prácticos se calcula con la siguiente expresión:

$$Tr = \frac{A \times Lb}{Q}$$

Donde:

Tr : Tiempo de riego.

A : Área a regar en m^2 .

Lb : Lámina bruta de riego en m

Q : Caudal del emisor en m^3/seg .

2.8. Riego por superficie.

Según Vásquez *et al.* (2017) manifiesta que, en este método de riego, el agua aplicada fluye mediante la gravedad, debido a la pendiente del suelo y a la carga de agua, la misma que ingresa por la parte más alta y luego sigue la pendiente del suelo. Santos (2010) afirma que este método de riego sigue teniendo una importancia relevante en el desarrollo del regadío, no solo porque corresponde al 80 % de las áreas regadas del mundo, sino porque continúa siendo el método más apropiado, técnicamente, para suelos llanos y pesados, y, económicamente, para muchos cultivos y sistemas de producción.

2.8.1. ventajas.

De acuerdo con Vásquez *et al.* (2017) se hace mención a las ventajas del riego por superficie.

- Debido a la simplicidad de su infraestructura, es uno de los más económicos.
- Los requerimientos energéticos para su funcionamiento son prácticamente nulos, gracias al empleo de la energía gravitatoria.
- El viento no es un factor limitante en la distribución del agua.

2.8.2. Desventajas.

Fuentes y García (1999) menciona las siguientes desventajas del riego por superficie.

- Pérdidas de agua por escorrentía superficial y percolación.
- Puede ocasionar problemas de erosión de los suelos.
- No es conveniente utilizarlo en terreno desnivelados, ya que el agua podría desviarse e impedir su correcta distribución.
- Si no se hace uso de manera adecuada puede ocasionar la proliferación de enfermedades y plagas.

a. Riego por Surcos.

En estos sistemas, el agua corre lentamente y se infiltra a través de los surcos, pequeños canales abiertos regularmente, equidistantes, los mismos que deben tener pendiente suave y uniforme y ser alimentados por pequeños caudales para que la mayor parte de agua que escurre por ellos se vaya infiltrando uniformemente a lo largo de la parcela (Santos 2010).

Según Demin (2014) este tipo de riego se adapta a cultivos sembrados en línea como hortícolas y frutales. Es importante lograr que quede la mayor cantidad de agua disponible para el cultivo, por lo tanto, es necesario incrementar la eficiencia.

En el riego por surcos, se puede lograr una buena eficiencia si se diseñan; y construyen adecuadamente. El ancho del surco debe permitir un avance óptimo del agua, desde que entra en el surco hasta que llega al final del mismo (Vásquez *et al.* 2017).

2.9. Aforo

El aforamiento del agua, consiste en medir el caudal de la misma que circula por la sección de un río, tubería o canal. En lugar de “caudal” también se puede emplear los términos “gasto”, “descarga” y a nivel de campo “riegos”. En hidrología superficial puede ser necesario medir desde pequeños caudales hasta grandes caudales (Franquet 2009).

2.9.1. Importancia

Debido a la disminución en las lluvias que ha afectado la recarga hídrica y así la poca escorrentía superficial en los ríos. Aunado a eso, la deficiente administración y uso irracional del agua por parte de los usuarios ocasionando problemas que en la actualidad afectan a las comunidades y sector productivo; es necesario realizar los aforos con la finalidad de una distribución adecuada del recurso hídrico (MINAGRI 2015)

La medición de los caudales es importante porque permitan monitorear lo siguiente; la disponibilidad de agua con que se cuenta, el volumen de agua con que se riegan los cultivos, determinar la eficiencia de uso y de manejo del agua de riego además de poder distribuir el agua a los usuarios en la cantidad deseada (ICC 2017).

Para el agricultor que dispone de agua para regar es importante conocer la cantidad de agua (caudal) que recibe en el predio, la que transportan los canales, o poder determinar el caudal con la finalidad de hacer un uso adecuado del agua (MINAGRI 2015)

2.9.2. Métodos de aforo

Son varios los métodos que se pueden emplear para aforar el caudal del agua, estando la mayoría de ellos basados en la determinación del área de la sección mojada transversal y la velocidad media (OMM, citado por ICC 2017).

a. Aforo por el método volumétrico

Es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, siendo el método más exacto, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de forma precisa (MINAGRI 2016).

Según la ICC (2017) consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena el depósito, obteniendo la siguiente relación:

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo}}$$

Donde

Q : Caudal expresado en $m^3 / seg.$

V : Volumen de recipiente en m^3 .

T : Tiempo de lleno del recipiente en *Seg.*

Este método es de utilización práctica, siempre que se trate de mediciones de pequeños caudales, en trabajos experimentales o para tener una idea rápida del caudal aportado (ICC 2017).

2.10. Generalidades de la zanahoria

2.10.1. Taxonomía

Según García (2002) la zanahoria taxonómicamente corresponde:

Nombre Común.	: Zanahoria.
Reino.	: Plantae.
División.	: Magnoliophyta.
Clase.	: Magnoliopsida.
Orden.	: Apiales
Familia.	: Apiaceae
Género.	: <i>Daucus</i> .
Especie.	: <i>carota</i> .
Nombre Científico.	: <i>Daucus carota</i> L.

2.10.2. Origen.

El género *Daucus* tiene muchas especies silvestres que crecen en la cuenca del mediterráneo, el Suroeste de Asia, África, Australia y Norte América, pero la Zanahoria comestible (***Daucus carota* L**) es originaria de la región de Afganistán, de donde se diseminó al resto del mundo (Bolaños 2001).

2.10.3. Descripción botánica.

Según Guillen (1980) menciona que la raíz es un órgano de reserva. El sistema radicular de la zanahoria está constituido por la raíz pivotante, la cual se tuberiza en su parte superior (parte comestible) y raíces laterales relativamente

pequeñas. Su forma varía de redonda a cilíndrica; el diámetro varía entre 1 a 10 cm (Ávila 2015).

En general el contenido en caroteno es mayor en la corteza de la raíz que en el centro de la misma y, asimismo, más elevado en el cuello que en el ápice inferior (Maroto 2002).

Así mismo según Gaviola (2013) las características del tallo, hojas, flor y fruto, las describe de la siguiente manera.

El tallo es corto y aplanado, durante la etapa vegetativa se encuentra sumamente comprimido al ras del suelo, por lo tanto, sus entrenudos no son visibles. Los entrenudos del tallo se alargan y en su ápice se desarrolla la inflorescencia primaria. Una planta puede tener uno o varios tallos florales cuyo alto varía entre 60 y 200 cm. Las hojas son pequeñas simples, pubescentes; la primera hoja verdadera emerge 1 o 2 semanas después de la germinación. Los pecíolos son largos, expandidos en la base. Las flores son hermafroditas, pequeñas y blancas con tonalidades verdes o púrpuras. El fruto es un esquizocarpo compuesto por 2 aquenios unidos. Cada aquenio es lo que comúnmente se denomina semilla. García (2002) dice que la semilla se obtiene de los tallos florales.

2.10.4. Variedades.

En nuestro país las variedades más cultivares son Chantenay, Nantes y Emperador. La más utilizada es la variedad Chantenay que es ancha en la base y cónica en el ápice (Becerra 1964).

Bolaños (2001) explica que las raíces de la variedad Chantenay, son cortas y anchas en la parte superior y de color anaranjado fuerte. Por lo general tiene la relación xilema/ floema alto, lo que las hace un tanto duras y de baja calidad. Aun así, los cultivares de esta variedad han sido los más sembrados en varios países. Los agricultores lo prefieren porque las raíces soportan muy bien los malos tratos que se les da durante el lavado y el transporte al mercado.

2.10.5. Valor nutritivo de la zanahoria.

Maroto (2002) indica que la zanahoria posee cualidades nutritivas importantes, por su alto contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas, por ende, cada molécula de caroteno que se consume, es convertida en 2 moléculas de vitamina A.

El organismo utiliza el caroteno contenido de la zanahoria para mantener el pelo, piel y uñas normales y sanos. Además, cuando falta vitamina A en la dieta, el individuo tiene mala visión crepuscular, es decir que tiene dificultad para adaptarse a la oscuridad (García 2002).

Tabla 5. Composición nutritiva de la zanahoria por 100 g de producto comestible.

Agua	88.20 %	Sodio	47 mg
Proteínas	1.1 g	Potasio	341 mg
Grasas	0.2 g	Vitamina A	11.000 UI
Hidr de C. totales	9.7 g	Tiamina	0.06 mg
Fibra	1.0 g	Riboflavina	0.05 mg
Calcio	37 mg	Niacina	0.6 mg
Fósforo	36 mg	Ac. Ascórbico	0.8 mg
Hierro	0.7 mg	Valor Energético	42 cal.

Fuente: (Maroto 2002).

2.10.6. Aspectos climáticos y edafológicos del cultivo

Según Gaviola (2013) el cultivo de zanahoria y su rendimiento están determinados tanto por las condiciones climáticas, variedad elegida y por el manejo del cultivo. Esta interacción permite el adecuado desarrollo de la raíz y promueve la expresión del potencial genético para cada zona específica.

a. Altitud

La zanahoria se adapta mejor entre los 750 a 2900 m de altitud (Ávila 2015).

b. Temperatura

La zanahoria es un cultivo de estación fresca y tolera un rango amplio de temperaturas, por lo que, su producción en algunas regiones es factible a lo largo del año. Temperaturas diurnas medias entre 15 y 21 °C y noches frescas (7 °C), son favorables tanto para el crecimiento del follaje y de raíces, como también para el buen desarrollo de la forma, sabor (mayor acumulación de azúcares), y color de estas (por un mayor contenido de caroteno) (Gaviola 2013).

c. Humedad

Carranza (2006) menciona que la óptima oscila entre 70 a 80 %.

d. Suelos

Casseres (1980) menciona que los preferidos para zanahoria son los profundos y sueltos que puedan ararse hasta unos 30 cm, ya que en los duros o pedregosos las raíces se deforman.

Prefiere el suelo franco – arenoso y/o arcillo – arenoso, aireados y frescos, rico en materia orgánica bien descompuesta y en potasio, con pH comprendido entre 5.5 y 6.8. Los terrenos compactos y pesados originan raíces fibrosas de menor peso calibre y longitud. (Carranza 2006).

2.10.7. Labores culturales

a. Requerimiento de agua de la zanahoria.

El cultivo de la zanahoria presenta 3 momentos críticos en lo referente al consumo de agua. El primero de estos momentos es el período de emergencia en el cual se requieren riegos cortos y frecuentes; en la etapa de elongación el riego se realiza preferiblemente por goteo, finalmente, en la última etapa se debe aportar agua de forma incremental con el fin de estimular el engrosamiento (García 2002).

Para la producción de zanahoria en los valles desérticos, la cantidad de agua requerida en el ciclo del cultivo varía de 600 a 900 mm. Generalmente esta se aplica en 10 a 12 riegos con un intervalo de 7 a 10 días. En otras zonas en suficiente la aplicación de 400 mm en 4 o 5 aplicaciones ya que las lluvias satisfacen las necesidades de humedad para obtener una producción adecuada. (Lipinski, citado por Ávila 2015).

b. Riego.

El agua del suelo debe estar apropiadamente disponible durante toda la temporada. El mantenimiento de un adecuado nivel de humedad del suelo es muy importante. Los requerimientos de agua de las umbelíferas varían con la especie, pero ninguna puede considerarse resistente a la sequía. (Gaviola 2013).

Los riegos deben ser uniformes, debiendo llegar la humedad hasta donde se sembró la semilla. Esto es particularmente importante en los primeros riegos, para obtener buena germinación, pues en este cultivo no se realiza el trasplante (Casseres 1990).

c. Preparación del terreno

Requiere una buena preparación del terreno, de forma que éste se muestre completamente mullido, en una determinada profundidad, mayor en las variedades largas y semilargas, pudiéndose dar una labor profunda, en la que se incorpora el abono de fondo, y a continuación tantas labores superficiales como sean necesarias para dejar una tierra bien fina (Maroto 2002).

d. Siembra

La siembra de la zanahoria es directa, generalmente a mano y se puede realizar en surcos o melgas. No se debe realizar siembra por trasplante, porque la raíz se deforma y baja su valor comercial (Seymor 1979).

Ávila (2015) explica que se requieren aproximadamente de 3.8 a 4.6 Kg de semilla por ha^{-1} y se deben sembrar a una profundidad de 1 a 1,5 cm. La densidad de siembra final de zanahoria es de 400.000 a 540.000 plantas ha^{-1} y la distancia final entre cada planta debe estar entre los 8 y 15 cm.

Tiscornia (1974) menciona que cuando se emplee el estiércol es muy importante no distribuirlo antes de que se descomponga, pues la zanahoria se raja.

Así mismo, Gaviola (2013) explica que inmediatamente después de la siembra, el suelo debe ser llevado a capacidad de campo para iniciar la germinación. La humedad inicial es un requerimiento crítico durante la germinación de las semillas. Si la superficie se seca la replicación del riego no debe ser retrasada.

e. Deshierbo y raleo

Según Maroto (2002) el deshierbo se realiza a la tercera semana de la siembra y debe practicarse con mucho cuidado a fin de no dañar las plantas. En herbicidas los más adecuados son Afalón, Lorox y Gesagard, que se utilizan en cantidad de medio kilo a un kilo por ha^{-1} , no debe aplicarse herbicida por el mismo lugar más de una vez.

Ávila (2015) el raleo consiste en retirar las plántulas que han germinado de más para dejar una planta cada 8 a 15 cm. Se realizan dos raleos cada 10 días comenzando 30 a 40 días después de la siembra. La labor se hace manualmente y con el suelo húmedo para evitar dañar las plantas que quedan. Según Maroto (2002), esta labor debe realizarse cuando las plantas tienen de 2 a 3 hojas.

f. Cosecha

El indicador de cosecha es el tamaño de la raíz engrosada: las muy tiernas poseen un diámetro que no supera los 2.5 cm, mientras que las más desarrolladas, aptas para conservar, se comercializan con diámetros entre 2.5 y 5.5 cm. Las superiores a esta medida no tienen interés comercial (Namesny 1996).

g. Fertilización

Edmons (1962) dice que la cantidad de nitrógeno aprovechable es particularmente importante durante las épocas iniciales de crecimiento. Sin embargo, la zanahoria aprovecha mejor el nitrógeno en el último tercio de su período vegetativo; la zanahoria no necesita mucho magnesio, pero si necesita la dotación de pequeñas cantidades de boro.

Tabla 6. Niveles de N, P, K en los suelos.

NIVEL DE N.T. (%)	Descripción
< 0.15	Nivel Bajo en Nitrógeno
0.15 - 0.30	Nivel Medio en Nitrógeno
> 0.30	Nivel Alto en Nitrógeno

NIVEL DE P (Ppm)	Descripción
0 - 7	Nivel Bajo en Fósforo
7 - 14	Nivel Medio en Fósforo
Más de 14	Nivel Alto en Fosforo

NIVEL DE K (Ppm)	Descripción
Menos de 75	Nivel Bajo en Potasio
75 - 125	Nivel Medio en Potasio
125 - 250	Nivel Alto en Potasio
Más de 250	Nivel muy alto en Potasio

Fuente: López y Miñano 2000.

En términos generales de la fertilización en Kg/ ha^{-1} son: 180 – 100 – 300 – 100 – 50 de N, P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO respectivamente.

2.10.8. Rendimiento

Según Becerra (1964) el rendimiento que se obtiene varía entre 20 a 25 t ha^{-1} ; pero que en trabajos de investigación se han obtenido rendimiento de hasta 40 t ha^{-1} . También menciona que en nuestro país la zanahoria se comercializa directamente en los mercados, expendiéndose por kg. Esto es corroborado por MINAGRI (2016), donde detallan el rendimiento y la producción de zanahoria siendo de 23.4 t ha^{-1} .

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Servicio Silvo Agropecuario (SESA) de la Universidad Nacional de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca; geográficamente se ubica entre las coordenadas 07° 10' 03" latitud Sur, y 78° 29' 35" longitud oeste con una altitud de 2536 m. Tiene un clima templado con una temperatura media anual de 15.0 °C, la humedad relativa media 63.7 % y la precipitación media anual de 528.3 mm (promedios anuales correspondientes a los años (2011 – 2017).

a. Condiciones climáticas

Tabla 7. Datos meteorológicos durante el período en estudio (2018)

Datos	Mayo	Junio	Julio	Agosto
T* Media (°C)	14.7	13.5	14.1	14.4
HR Med. (%)	65	53	55	55
Evaporación (mm)	1.5	3.9	3.0	3.1

Fuente: Estación Agrometeorológica "Augusto Weberbauer".

b. Agua

El agua de riego utilizado para esta investigación fue captada del Servicio Silvo Agropecuario, cuya agua es derivada del reservorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.

c. Suelo

Se realizó un muestreo de suelos 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 ligeramente ácido. El porcentaje de materia orgánica es medio, un contenido alto de fosforo y un contenido de potasio medio. En conclusión, es un suelo apropiado para instalar el cultivo de zanahoria.

Tabla 8. Resultado de Análisis del suelo del campo experimental.

P	K	pH	MO	Al	Arena	Limo	Arcilla	Clase textural
ppm	ppm		%	meq / 100 g.	%	%	%	
19.08	315.0	6.7	2.38	.....	55	8	37	Fr Ar A

Fr.Ar.A.: Franco Arcillo Arenoso

Fuente: Laboratorio de Análisis de suelo del INIA – Cajamarca.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Material biológico

- Semilla de zanahoria (*Daucus carota* L.) variedad Chantenay Royal.

3.2.2. Herramientas

- Pico.
- Rastrillo.
- Palana.
- Lampa.

3.2.3. Equipo

- Balanza de precisión.
- Computadora.
- Impresora.
- Vernier.

3.2.4. Material de escritorio

- Hoja de apuntes, lapiceros.
- Software: Infostad, Word, Excel.

3.2.5. Otros materiales

- Wincha.
- Vernier.
- Rafia.
- Estacas.
- Letreros.
- Manguera.
- Cordel.
- Regla graduada.
- Regadera.

3.3. Metodología

3.3.1. Determinación de las necesidades hídricas del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.)

Las necesidades hídricas del cultivo representan la cantidad de agua que necesita la zanahoria para su desarrollo. Es decir, se busca satisfacer la tasa de evapotranspiración, que es la cantidad de agua que se pierde en la atmosfera 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 zanahoria, primero se determinó la tasa de evapotranspiración.

a. Cálculo de la evapotranspiración

La evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0), ha sido calculado utilizando el método de Hargreaves con MF, el cual está dado por la siguiente expresión.

$$ET_0 = T (^{\circ}F) \times CH \times MF \quad \text{de donde} \quad CH = 0.166 (100 - HR)^{0.5}$$

Donde:

T (°F) : Temperatura en grados Fahrenheit.

CH : Corrección de humedad

MF : Factor de evaporación por latitud

HR : Humedad relativa en %.

Para calcular la evapotranspiración potencial, se utilizó el método Hargreaves con MF, para este caso a la latitud sur 07° 10' de la estación Augusto Weberbauer ubicada en la universidad nacional de Cajamarca, obteniéndose los resultados del periodo en estudio tal como se indica en la tabla 9.

Tabla 9. Evapotranspiración potencial con MF del periodo estudio.

Parámetros	Meses			
	Mayo	Junio	Julio	Agosto
T (°C)	14.8	14.2	13.9	14.6
T (°F)	58.64	57.56	57.02	58.28
HR (%)	67.9	60.3	58	57.4
Factor Etp MF	1.962	1.779	1.889	2.074
CH	0.94	1.045	1.075	1.083
ETp ($mm\ mes^{-1}$)	108.2	107.1	177.21	130.96
ETp ($mm\ dia^{-1}$)	3.5	3.6	3.8	4.2

$\bar{x} = 3.8$

Los datos meteorológicos promedios mensuales, tanto de temperatura y humedad relativa, han sido obtenidos de los registros de la Estación Agrometeorológica; Augusto Weberbauer de los años 2010 – 2017.

b. Lámina de riego

La lámina de riego es la cantidad de agua necesaria que se aplica al cultivo de zanahoria bajo las condiciones del valle de Cajamarca, para tal fin la lámina de riego se calculó en base a los datos históricos de los meses de mayo – agosto,

que es una época de meses secos (fórmula para el cálculo de la evapotranspiración potencial ETp de Hargreaves), multiplicado por el número de días en que se aplicó el riego.

En base al promedio de los 4 meses indicados cuyo valor es de **3.8 mm / día** y teniendo en cuenta que los agricultores del valle normalmente respetan los turnos semanales de riego, se optó tomando como frecuencia de riego hacer esta labor cada 7 días, en este caso se aplicó la relación siguiente:

$$Lr = \overline{ETp} \times Fr$$

Donde:

Lr : Lámina de riego.

\overline{ETp} : Evapotranspiración media.

Fr : Frecuencia de riego.

Remplazando tenemos:

$$Lr = 3.8 \text{ mm} \times 7 \text{ días}$$

$$Lr = 26.6 \text{ mm} / 7 \text{ días}$$

$$Lr = 30 \text{ mm} / 7 \text{ días}$$

Y, según los datos así obtenidos se tomó la lámina de riego equivalente a **30 mm** como tratamiento base para cada riego, así mismo para contrastar el efecto de esta lámina en la producción de zanahoria se consideraron otros 4 tratamientos, que en el total son 5; se llevaron a litros por parcela en cada riego, siendo el área de la parcela para cada uno de los tratamientos así considerados de 9.6 m² (Ver página 33) como se indica en la Tabla 10.

Tabla 10. Láminas de riego y volumen de agua en litros.

Clave	Tratamiento (mm)	L / Surco	L / Parcela / Riego
T - 1	14	33.6	134.4
T - 2	22	52.8	211.2
T - 3	30	72.0	288.0
T - 4	38	91.2	364.8
T - 5	46	110.4	441.6

En la tabla 10 también se indica la cantidad aplicada para cada surco cuyas dimensiones de área se especifican en la página 34; siendo el total de surcos por parcela el número de 4, lo que permitió el control de la aplicación de volumen de agua para los tratamientos en estudio.

Así mismo, teniendo en cuenta la relación siguiente:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ l m}^2 = 10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}, \text{ permitió elaborar la tabla 18 (apéndice pag56).}$$

De otro lado según el Distrito de Riego del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), el costo por m^3 de agua es de S/. 0.05.

c. Aforamiento

El aforamiento se realizó para calcular el caudal de agua en litros por segundo, se utilizó un cronometro y un depósito de 18 litros, para tal operación se utilizaron las instalaciones del Servicio Silvo Agropecuario (SESA), se realizó con la siguiente relación.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Donde

Q : L / Seg.

V : Volumen o capacidad de recipiente (L).

T : Tiempo de lleno del recipiente (Seg)

El tiempo empleado en llenar el depósito de 18 litros fue de 50 segundos. Esta práctica se realizó antes de aplicar cada riego, luego:

Remplazando tenemos:

$$Q = \frac{18 \text{ L}}{50 \text{ Seg}} = 0.36 \text{ L / seg}$$

d. Tiempo de riego

Para esta investigación el tiempo de riego ha sido calculado en relación a los tratamientos considerados. Y teniendo en cuenta el caudal de 0.36 L / Seg, obtenidos anteriormente, así para el tratamiento T – 1 (14 mm) se tiene:

$$Tr = \frac{A \times Lb}{Q}$$

Donde:

Tr : Tiempo de riego en min.

A : Área a regar en m².

Lb : Lámina de riego en m (0.014 m).

Q : Caudal en m³/seg (3.6 x 10⁻⁴) obtenido anteriormente.

$$Tr = \frac{2.40\text{m} \times 0.014\text{m}}{3.6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{seg}} = 93.333 \text{ seg/surco} = 1.5 \text{ min/surco.}$$

Luego el tiempo de riego es 1.5 min / surco, correspondiente al tratamiento T – 1 (14 mm).

En la tabla 11 se muestra el tiempo de riego empleado para cada uno de los tratamientos considerados.

Tabla 11. Tiempo de riego aplicado para cada tratamiento.

Tratamientos	T - 1	T - 2	T - 3	T - 4	T - 5
Lámina de riego (mm)	14	22	30	38	46
Tiempo de riego / surco (min)	1.5	2.4	3.3	4.2	5.1
Tiempo de riego / parcela (min) *	6.0	9.6	13.2	16.8	20.4

*Cada parcela tiene 4 surcos.

3.3.2. Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado, para valorar estadísticamente el nivel de significancia de los tratamientos, y de las repeticiones o bloques, los mismos que estuvieron distribuidos en forma aleatoria en el campo experimental.

a. Características del campo experimental

Cada tratamiento constituye una parcela cuyas características se detallan a continuación y la distribución se muestra en la Figura 1.

Bloque:

Número	.....	3
Largo	.....	12.0 m.
Ancho	.....	4.00 m.
Área	.....	48.00 m ²

Parcela:

Número / bloque	.....	5
Largo	.....	4.00 m.
Ancho	.....	2.40 m.
Área	.....	9.60 m ²

Surco:

Número / parcela	.....	4
Largo	.....	4.00 m.
Ancho	.....	0.60 m.
Área	.....	2.40 m^2
N°. Plant / surco	.....	62 \bar{x}

Calles:

Número	.....	2
Largo	.....	12.00 m.
Ancho	.....	1.00 m.
Área	.....	12.00 m^2

Área:

Neta	.....	144 m.
Total	.....	168 m^2

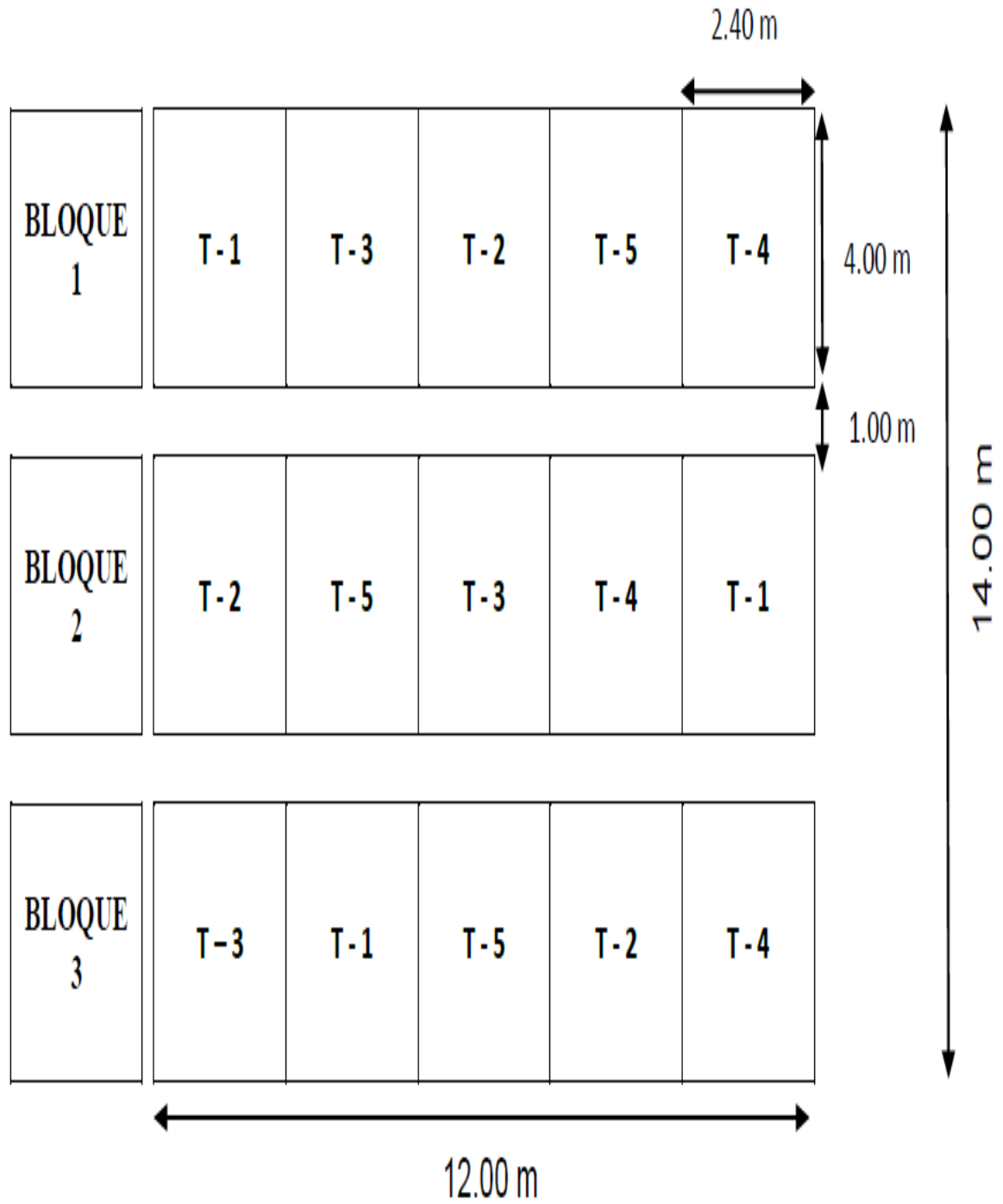


Figura 1. Croquis del campo experimental y distribución de los tratamientos en cada uno de los bloques.

3.3.3. Manejo del cultivo

a. Muestreo y análisis de suelo

Se realizó tomando muestras en forma zigzag con la ayuda de una palana derecha a una profundidad 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 debida anticipación y en la forma más conveniente, con la finalidad de crear condiciones favorables para el buen desarrollo del cultivo de zanahoria, eliminando malezas y dejando el suelo bien mullido; preparándose a una profundidad de 25 a 30 cm aproximadamente para facilitar el drenaje y la penetración de las raíces. Posterior a la preparación se aplicó un riego generalizado para favorecer la germinación de las semillas.

c. Delimitación del área experimental

Utilizando la figura 1 y el croquis del diseño experimental, marcamos el terreno usando estacas, cordel y Wincha finalmente se procedió a la identificación y etiquetado correspondiente.

d. Surcado

El surcado se realizó en forma manual haciendo uso de picos, a un distanciamiento de 60 cm.

e. Siembra

La siembra se realizó a mano en forma directa a chorro corrido a ambos lados del surco el 01 de mayo de 2018, utilizando semilla certificada del comercial "Hortus". La profundidad de 2 a 3 cm aproximadamente.

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 la semilla.

f. Riegos

Se regó mediante riego por surco con el uso de una manguera, aplicando el tiempo para las láminas de riego de 14, 22, 30, 38 y 46 mm. La aplicación de los riegos se realizó cada 7 días ya que es el periodo que se acostumbra a regar en los diferentes sectores del valle.

g. Raleo

Esta labor cultural se realizó a los 56 días de la siembra (25 de junio de 2018), eliminando las más pequeñas y menos robustas, conservando un distanciamiento de 10 a 12 cm entre ellas.

h. Deshierbo

Se realizaron 2 deshierbos manuales y oportunos, el primero fue simultaneo al raleo, el segundo a los 86 días después de la siembra (24 de julio de 2018).

i. Fertilización

Se realizó a chorro corrido y al fondo del surco, aplicando urea (56 gr / surco). Se aplicó urea debido a que el resultado del análisis de suelo muestra materia orgánica media (2.38 %) como consecuencia N es bajo. Cabe precisar que el N es particularmente importante en este cultivo en las épocas iniciales de crecimiento y en la tercera etapa de su periodo vegetativo; siendo en esta ultima la más aprovechable. En lo referente a fosforo y potasio no se aplicó, ya que el análisis de suelo nos muestra: P y K en niveles altos cubriendo la mayor parte de las necesidades del cultivo.

j. Cosecha

Se realizó a los 126 días después de la siembra (03 de setiembre de 2018), se hizo en forma manual, teniendo cuidado de no arrancar el tallo de la raíz; extrayendo todas las plantas de los surcos, los que ocuparon un área de 9.60 m², cuyos valores sirvieron para determinar los rendimientos en t ha⁻¹

3.4. Evaluaciones realizadas

a. Rendimiento

Se determinó su peso fresco en kg por 9.60 m² de los tres bloques; posteriormente se determinó el rendimiento expresado en Kg ha⁻¹. Se hizo con la ayuda de una balanza al final del experimento para cada uno de los tratamientos en estudio.

b. Características agronómicas.

Al momento de la cosecha, de los 2 surcos centrales de cada parcela se tomaron 30 plantas al azar, tomando en cuenta el efecto borde, para realizar las respectivas evaluaciones.

- **Altura de planta**

Se utilizó una regla graduada en cm, midiéndose desde la base hasta el punto apical de la planta.

- **Longitud de raíz**

Al finalizar la cosecha se procedió a medir la longitud de la raíz comercial por tratamiento, para lo cual se utilizó una regla graduada en cm.

- **Diámetro de raíz**

Se midió el diámetro mayor de la raíz en cada uno de los tratamientos en estudio, utilizando un vernier siendo los datos expresados en cm.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis estadístico de los tratamientos en estudio

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en el trabajo de investigación ilustrado por medio de tablas y figuras, así mismo la discusión para cada caso.

Rendimiento de zanahoria

En la tabla 12, se tiene los resultados del rendimiento de zanahoria (*Daucus carota* L.) en $t\ ha^{-1}$. Por literatura $1\ ha^{-1} = 10000m^2$ convertidos de las parcelas experimentales ($9.6\ m^2$), se obtuvo el rendimiento en $t\ ha^{-1}$.

Tabla 12. Rendimiento del cultivo de zanahoria en $t\ ha^{-1}$ de los tratamientos en estudio para el análisis de varianza.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Total, Tratamiento	Promedio
	I	II	III		
1	13.3	13.8	14	41.1	13.7
2	16.7	15.1	16	47.8	15.9
3	25.3	24.5	22.7	72.5	24.2
4	33.1	33.9	34.2	101.2	33.7
5	40.2	41.1	40.9	122.2	40.7
Total	128.6	128.4	127.8	384.8	25.64

Los datos obtenidos en la tabla 12, se han analizado estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) los cuales se presentan a continuación.

Tabla 13. Análisis de Varianza para el rendimiento de raíz de zanahoria

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Prueba de F		
				Calculado	al 5%	al 1%
Bloques	2	0.072	0.036	0.05 ns	3.84	7.01
Tratamientos	4	1596.79	399.19	522.5**		
Error	8	6.115	0.764			
Total	14	1602.98				

ns = no significativa; ** = altamente significativa.

$$CV = 3.40 \%$$

El coeficiente de variación es bajo ($CV = 3.40 \%$), el cual indica la variabilidad de los resultados obtenidos en las repeticiones de cada tratamiento y presta a seguridad de afirmar los resultados obtenidos en el experimento de campo.

En la Tabla 13, se observa los resultados del análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de raíz, que es lo que más nos interesa, donde nos muestra que no existe significación estadística para bloques, por lo que optaremos por aceptar la hipótesis planteada, es decir que hay homogeneidad entre bloques; esto debido posiblemente a que las distribuciones de los bloques en el campo experimental fueron más o menos uniformes y las condiciones del suelo como las labores culturales realizadas fueron similares para los 3 bloques o repeticiones.

En cambio, podemos ver que existe alta significación estadística para los tratamientos, que principalmente se debe al efecto de cada una de las láminas de riego aplicadas según tratamiento, por lo tanto, observando la prueba de F para tratamientos los resultados son altamente significativos, pudiéndose inferir que existe diferencias altas en cuanto a rendimiento debido al efecto de las dosis o láminas de riego. Para saber que tratamiento o tratamientos es el mejor aplicaremos la prueba de Duncan al 5 % probabilidades.

Tabla 14. Prueba de significación de Duncan al 5 % de probabilidad para el rendimiento de raíz de zanahoria (*Daucus carota* L.).

Tratamiento	Promedio $t\ ha^{-1}$	Significación
T-5	40.7	a
T-4	33.7	b
T-3	24.2	c
T-2	15.9	d
T-1	13.7	e

Al realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, se observa que el mayor rendimiento es $40.7\ t\ ha^{-1}$, el cual se obtuvo con el T-5, este resultado es estadísticamente diferente y superior al resto, debido a que posee un mayor rendimiento del peso de raíz. Seguido se encuentra el resultado obtenido con el T-4, con el cual se obtuvo $33.7\ t\ ha^{-1}$. Con los tratamientos T-3 y T-2 se obtuvieron 24.2 y $15.9\ t\ ha^{-1}$ de rendimiento, respectivamente. Por otro lado, el T-1 con el que se obtuvo $13.7\ t\ ha^{-1}$ es superado por todos los demás tratamientos, debido a que posee un menor peso de raíz, este resultado es significativamente menor al resto.

Esto indica que los rendimientos de la zanahoria serán cada vez más altos cuanto mayor sean las dosis o láminas de riego, frente a una lámina o dosis de riego baja. Lo que relaciona la importancia del agua en la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. (Vásquez *et al.* 2017). Esto se corrobora cuando se compara el rendimiento obtenido del T- 5 frente al T-1. Similares resultados obtuvieron Ramírez (2017), quien encontró que, al aumentar la cantidad de agua aplicada a la remolacha, se incrementó la masa de la raíz.

Black (1975), dice, el agua que absorben las células ejerce desde dentro y contra las paredes celulares una presión de turgencia, es decir un agrandamiento de las células. Si hay deficiencia de agua, el ritmo de crecimiento se reduce porque las células no crecen al máximo. La falta de turgencia plena restringe tanto el crecimiento de las partes aéreas como el de las raíces, por lo que los rendimientos se ven notablemente mermados.

En la tabla 15, se observa los resultados del efecto de las láminas y/o volúmenes de riego que se aplica al cultivo y los rendimientos respectivos (apéndice pg.57).

Tabla 15. Dosis de agua y rendimiento de zanahoria en $t\ ha^{-1}$ de los tratamientos en estudio.

Clave	Tratamiento (mm)	L / Parcela	Volumen $m^3\ ha^{-1}$	Rendimiento ($t\ ha^{-1}$)
T - 1	14	134.4	2240	13.7
T - 2	22	211.2	3520	15.9
T - 3	30	288.0	4800	24.2
T - 4	38	364.8	6080	33.7
T - 5	46	441.6	7360	40.7

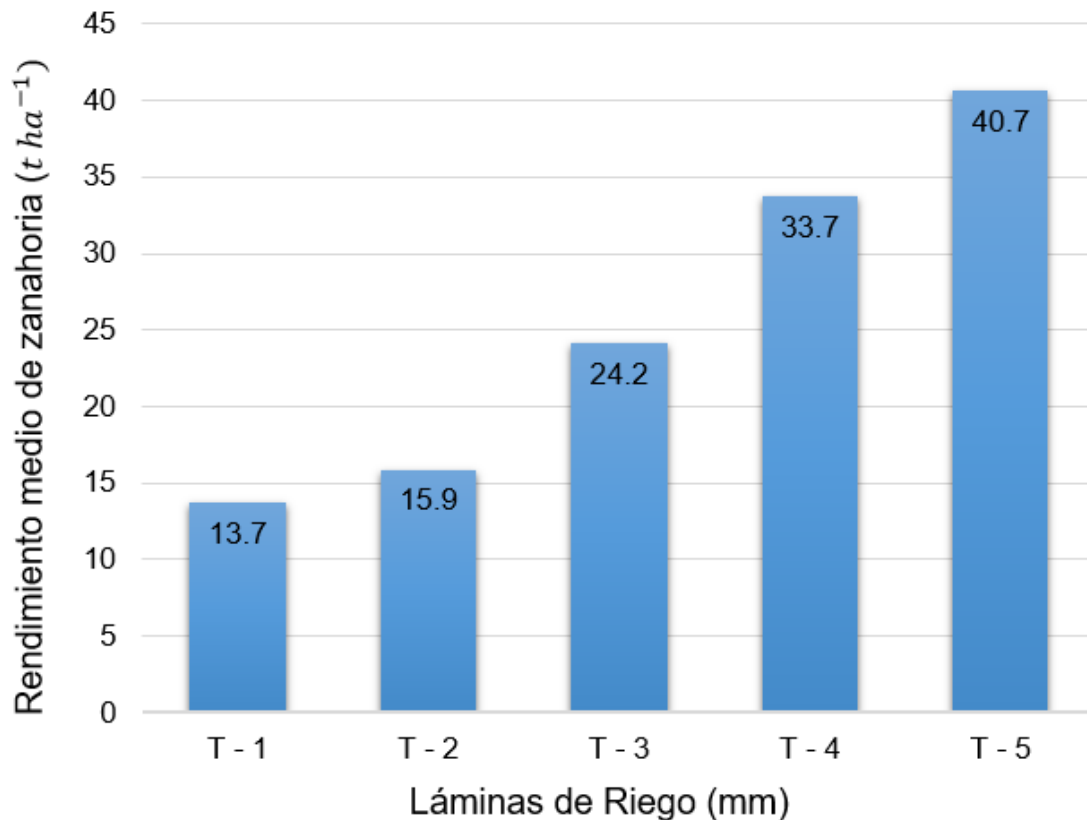


Figura 2. Representación del rendimiento para sus láminas de riego.

En la figura 2, observamos que, a partir de los datos obtenidos, la función de producción para las diferentes láminas de agua a considerar sigue una tendencia positiva, es decir que conforme se aumente la lámina de riego, los rendimientos tienden a incrementarse.

Así mismo al correlacionar las variables rendimiento (y) y la variable lámina de riego (x), se puede apreciar que la línea de regresión es ascendente, indicando que cuanto mayor es el volumen o lámina de riego, mayor es el rendimiento, la cantidad de agua de riego en el cultivo de zanahoria influye en los volúmenes de producción (ver figura 3).

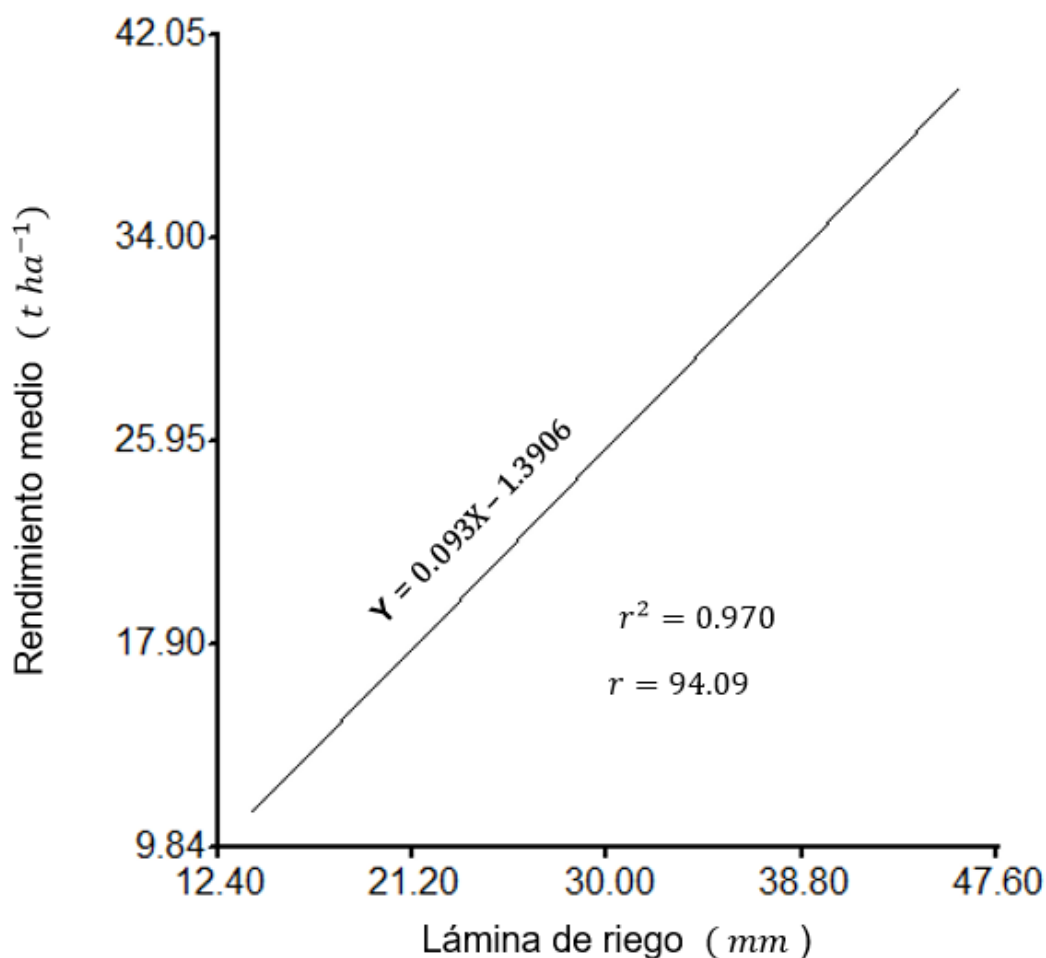


Figura 3. Rendimiento para diferentes láminas de riego en el cultivo de zanahoria.

En la figura 3, se indican los rendimientos de los tratamientos en estudio cuyas diferencias se correlacionan con la dosis de riego aplicadas a cada tratamiento, estas tendencias coinciden con las apreciaciones de, Gaviola (2013) quien manifiesta que las cosechas tempranas de hortalizas, de corto período, se benefician con un alto nivel de humedad.

En términos generales con láminas de riego 46, 38 y 30 mm, se ha tenido rendimientos superiores a los obtenidos en la zona bajo condiciones comerciales que son de 20 a 25 t ha⁻¹, Según Becerra (1964), esto debido, posiblemente, a la buena conducción y al momento oportuno del riego durante el período vegetativo del cultivo.

Sin embargo, hay que hacer notar que los rendimientos de lámina de riego para el 14 y 22 mm, están por debajo del promedio de la zona, esta baja en los rendimientos se debieron, probablemente, al déficit de agua en el suelo, ya que esta es también esencial para las reacciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Características agronómicas

Entre las características agronómicas, asociadas al rendimiento de la zanahoria, el presente trabajo de investigación ha considerado: altura de planta, longitud de raíz y diámetro de raíz. Estas características al igual que el rendimiento, de dicho cultivo, durante el periodo vegetativo también siguen los efectos al considerar las dosis o láminas de riego en sus componentes biométricos.

$$Y = f(x)$$

y = Característica agronómica.

x = Dosis de riego.

Tabla 16. Resultados obtenidos de las características agronómicas en el cultivo de zanahoria.

Clave	Dosis de riego (L / parcela)	Altura de planta (cm)	Log. raíz (cm)	Diámetro de raíz (cm)
T - 1	134.4	19.4	9.0	2.1
T - 2	211.2	26.4	10.0	2.6
T - 3	288.0	35.0	12.2	3.3
T - 4	364.8	41.9	14.1	4.3
T - 5	441.6	45.7	15.2	5.3
Total	1440.0	168.4	60.5	17.6
Promedio	288.0	33.7	12.1	3.5

Tomando en cuenta los datos de la tabla 16, al correlacionar altura de planta (cm) Vs dosis de riego, existe una correlación positiva ($r = 0.987$), cuya consistencia se refleja en la figura 4.

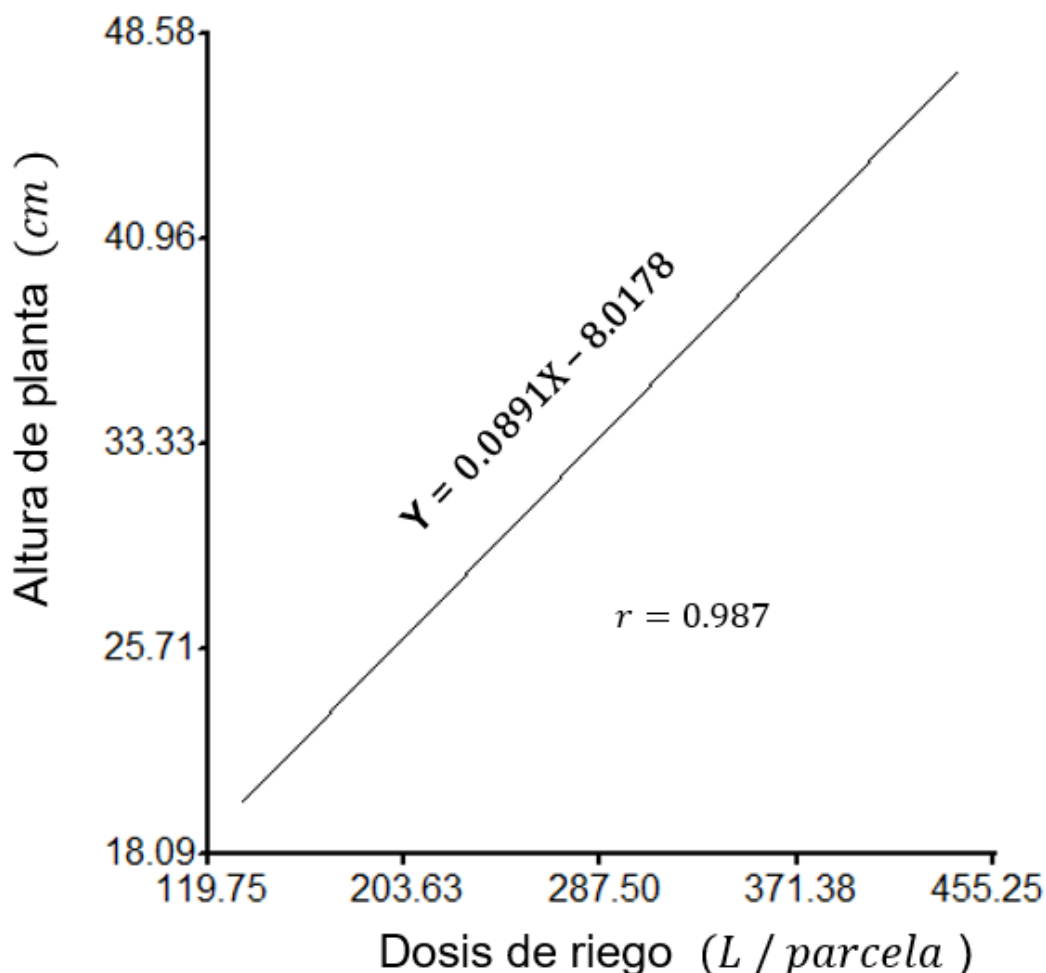


Figura 4. Ecuación y Línea de regresión para la correlación Altura de planta Vs. Dosis de riego con alta significación estadística.

Se puede apreciar que a medida que se aumenta la lámina de riego la altura de planta también se incrementa, debido a la importancia del agua en la absorción de nutrientes para su desarrollo óptimo. Similar resultado obtuvo Terán (2008) quien encontró que, al aumentar la cantidad de agua aplicada en remolacha, mayor fue la longitud de altura de la planta. Por lo tanto, si se quiere que el desarrollo sea satisfactorio es preciso mantener en el terreno la cantidad necesaria dado que se refleja con lo mencionado por Winter (1971), quien manifiesta que cuando no existe deficiencia de agua induce un crecimiento

rápido y fomenta la producción de follaje, sobre todo de material lozano, tierno y no fibroso. Así mismo Gaviola (2013), asegura que al ser insuficiente la absorción de agua las hojas aparecen flácidas tendiendo a enrollarse y finalmente se marchitan.

Así mismo al correlacionar longitud de la raíz de la zanahoria (cm) y la dosis o lámina de riego (L / parcela), también existió una correlación positiva ($r = 0.986$), la misma que se refleja en la recta de regresión (ver figura 5).

Al existir una relación positiva nos indica que, a medida que se incrementa la dosis o lámina de riego también se incrementa la longitud de la raíz. Resultados similares fueron encontrados por Carmona (1993) en donde la mayor longitud de raíz en zanahoria se obtuvo con el tratamiento que tenía la mayor lamina de riego.

En cuanto a la longitud de la raíz comercial, Black (1975), dice que a medida que el agua se agota en una porción de suelo ocupado por raíces, estas comienzan a sufrir por falta de agua. La extensión se hará entonces con más rapidez en otras áreas donde hay mayor humedad del suelo disponible, porque el alargamiento de las células (que requieren agua) se ve favorable.

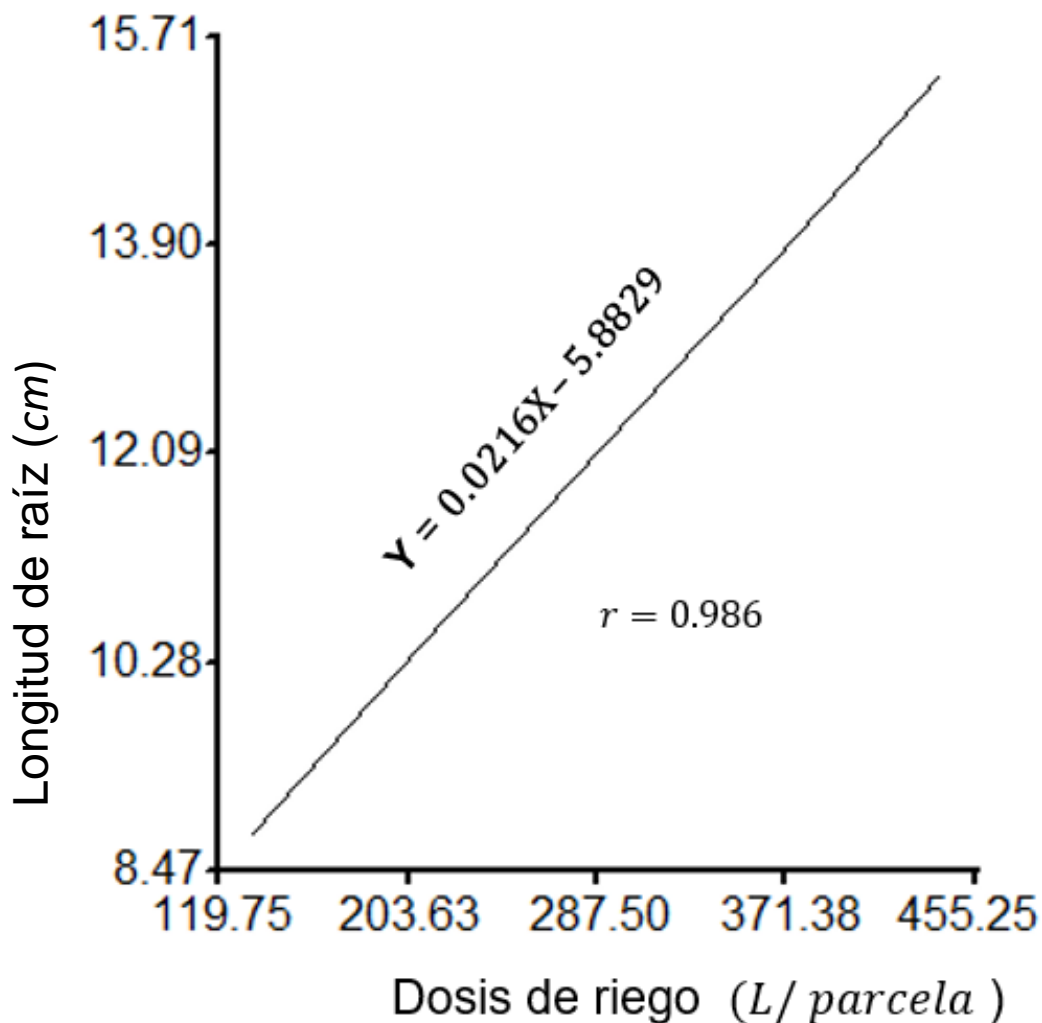


Figura 5. Ecuación y Línea de regresión para la correlación longitud de raíz comercial Vs. Dosis de riego con alta significación estadística.

También correlacionando el diámetro de raíz (cm) de la zanahoria Vs dosis de riego (L / parcela), la consistencia de estas variables indica una tendencia positiva ($r = 0.979$). Similar resultado obtuvo Carmona (1993) quien encontró que, al aumentar la dosis de riego en zanahoria, mayor fue el diámetro ecuatorial de la raíz; 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.

En este sentido según Kramer (1971), dice que una distribución restringida de las raíces, combinada con estrechos límites de agua disponible, tiene por resultados mucho riesgo para el crecimiento de la planta debido a un abastecimiento de agua inadecuado; especialmente en clima que tengan frecuentes sequías veraniegas.

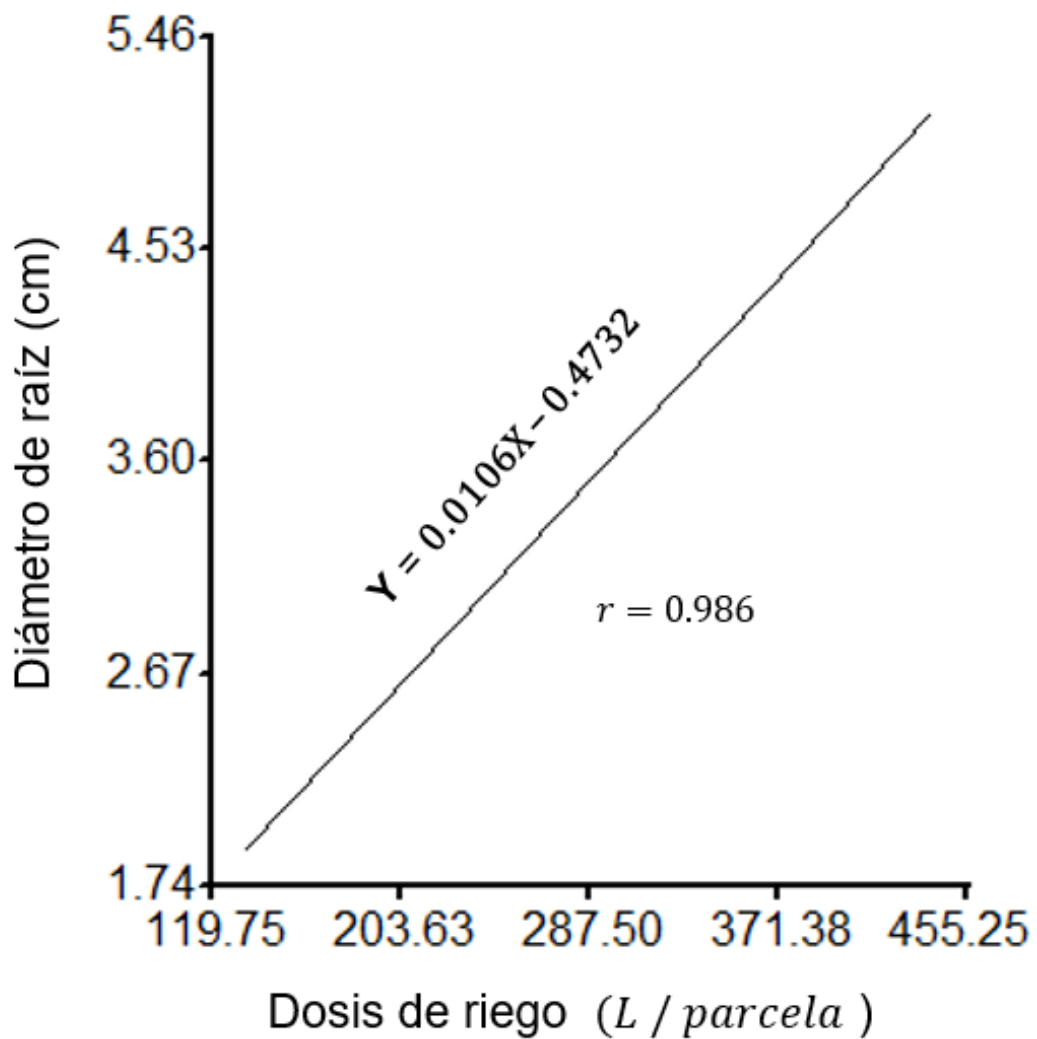


Figura 6. Ecuación y Línea de regresión para la correlación Diámetro de raíz Vs. Dosis de riego con alta significación estadística.

4.2. Volumen de agua aplicado.

Los riegos se dieron considerando los 7 días a regar (apéndice pg.57). El volumen usado por tratamiento se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Volumen total de agua suministrado por cada tratamiento.

Clave	Tratamiento (mm)	Volumen de agua total (m^3ha^{-1})
T - 1	14	2240
T - 2	22	3520
T - 3	30	4800
T - 4	38	6080
T - 5	46	7360

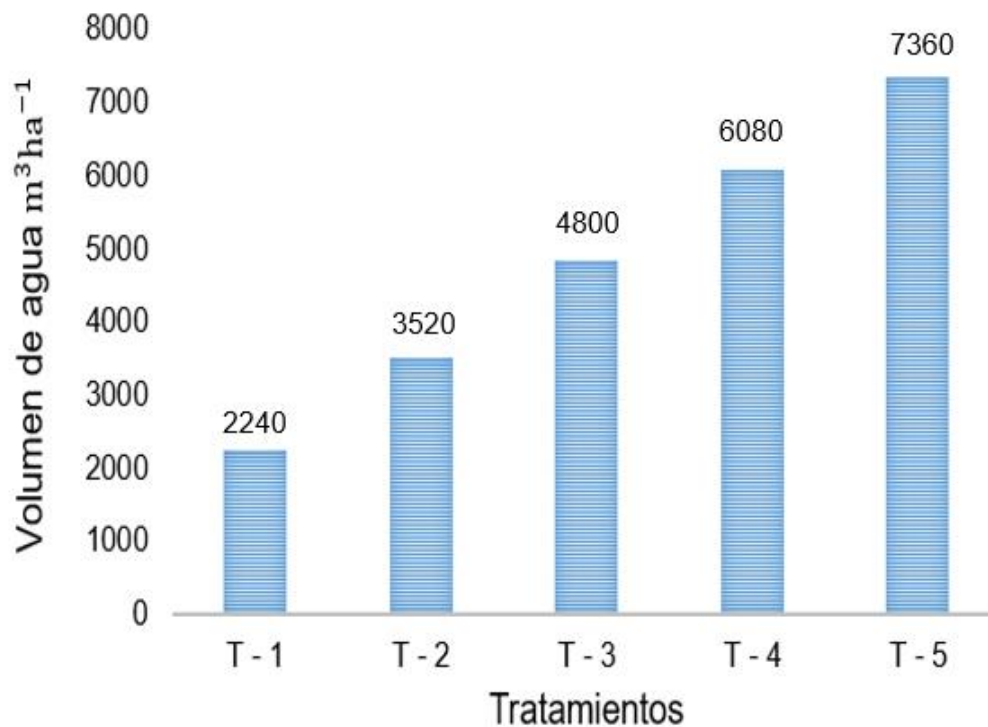


Figura 7. Volumen total de agua utilizado por tratamiento.

En la figura 7, se muestra los volúmenes de agua suministrados a través del riego para cada uno de los tratamientos en estudio. Cuyos valores son 2240, 3520, 4800, 6080 y $7360 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se obtuvo un mayor rendimiento de zanahoria aplicando el T – 5, cuyo valor es de 40.7 t ha^{-1} , correspondiente a la lámina de riego de 46 mm, utilizando $7360 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ de agua lo cual es equivalente a un costo total de S/. 368.00.

Dado la importancia del cultivo de zanahoria a nivel regional y nacional, se recomienda repetir el experimento probando con otras láminas de riego para obtener resultados representativos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávila Cubillos, EP. 2015. Manual de zanahoria (en línea). Bogotá, Colombia. 49 p. Consultado el 18 de feb. 2019. Disponible en <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14309/Zanahoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Becerra, J. 1964. Horticultura Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 259 p.

Bolaños, A. 2001. Introducción a la olericultura (en línea). 1a reimp. San José, Costa Rica, Universidad Estatal a Distancia. 380 p. Consultado el 20 feb. 2019. Disponible en https://books.google.com.pe/books?id=vBS_GwlrE1MC&pg=PR6&lpg=PR6&dq=introduccion+a+la+olericultura+descargar+libro&source=bl&ots=QXzFtbUwMn&sig=rICewkudi6QhBQnqQTbcUODAJeA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwio_I7U0svZAhUSzFMKHUHXDS4Q6AEILDAC#v=onepage&q&f=false.

Black, C. 1975. Relaciones Suelo-Planta. 1ª ed. Ed. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 444 p.

Carmona, D. 1993. Efecto de cinco láminas de riego en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.), mediante el riego por goteo. Tesis Ing. Agr. Lima, Perú, UNALM. 70 p.

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

Carranza, C. 2006. Reacción Fenológica y Agronómica de los Cultivares de Zanahoria (*Daucus carota* L) a la Inoculación de Cepas de Micorriza en campo. Sangolqui, Ecuador: Escuela Politécnica del ejército.

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

Casseres, E. 1990. Producción de Hortalizas. 3 ed. Ed. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas San José. Costa Rica. 387 p.

Demin, P. 2014. Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Métodos de riego: Fundamentos usos y adaptaciones. 1 ed. rev. Ediciones INTA. Catamarca, Argentina. 28 p.

Edmons, A. 1962. Nutrición de las Plantas. 1ª ed. Barcelona, España. 345 p. FAO, 1968. Éxito en el Regadío. 1a ed. Italia. 53 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.

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. México. Editorial. Mundi Prensa. 473 p.

Franquet, J.2009. El caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del río Ebro. 1 ed. Disponible en. <http://www.eumed.net/libros/2009b/564/>.

García, M. 2002. El cultivo de la Zanahoria. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.

Gaviola, JC. 2013. Manual de Producción de Zanahoria. 1a ed. Buenos Aires, Argentina, INTA. 207 p. Consultado el 25 de feb. 2019. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/manual-de-produccion-de-zanahoria>.

Guillen, R. 1976. Plantas Hortícolas. 1ª ed. Ed. Floraisse S.A. España. 143 p.

Huayta, Y. 1993. Edafología. 1ed. Editorial Trillas, México. 486 p.

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

ICC. 2017. Manual de medición de caudales. 1ed. rev. Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático. Guatemala. 18 p. Disponible en: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>.

Kramer, P. 1974. Relaciones Hídricas de Suelo y Planta; una Síntesis Moderna. 1 ed. Ed. Edutex S.A. México. 536 p.

López, E; Miñano, F. 2000. El diagnostico de suelos y plantas. 1 ed. Madrid, España, Mundi – Prensa. P. 30 – 31.

Maroto, J. 2002. Horticultura Herbácea Especial. 5 ed. Madrid, España, Mundi – Prensa. P. 47 – 56.

Mendoza, AE. 2013. Riego por gravedad. 1ed. rev. San Salvador, Ministro de Agricultura y Ganadería.

MINAGRI. 2016. Boletín estadístico de Producción Agrícola, Pecuaria y Avícola. Ministerio de Agricultura y Riego, Perú. (en línea). Lima, Perú. 93 p. Disponible en:<http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/produccion-agricola-pecuaria-avicola-dic2016.pdf>

MINAGRI. 2015. Medición de agua. 1 ed. Manual. Ministerio de Agricultura y Riego. 32 p. Disponible:<https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>.

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

Morí, A. 2015. El Riego por superficie. Conferencia de riego por superficie ventajas y desventajas. 23 y 24 de mayo, Lima, Perú.

Namesny Vallespir, A. 1996. Post – Recolección de Hortalizas. Nva. ed. Barcelona, España, Imprenta Litoclub. V.7, p. 227 – 229.

Olarte, W. 2003. Manual. Diseño y gestión de sistemas de riego. Proyecto Masal, Cusco, Perú. 177 p.

Pardo, A. 2013. El origen del agua terrestre: la ciencia actual desde la visión de Odón de Buen. (en línea). Zaragoza, España. 5p. Consultado el 12 de Nov.2019.Disponible en https://www.researchgate.net/publication/280297753_El_origen_del_agua_terrestre_la_ciencia_actual_desde_la_vision_de_Odon_de_Buen.

Paredes, J. 2013. Importancia del agua. 1 ed. rev. Lima, Perú: Universidad San Martín de Porres.

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 Republica. 54 p. Consultado 12 de nov. 2019. Disponible en <https://fitosofia.blogspot.com/2016/02/instalacion-de-riego-en-cultivos.html>.

Ramírez, P. et al. 2017. Efecto de diferentes láminas de riego en el crecimiento y desarrollo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas.

Rodríguez, A. 2007. Cambio Climático, agua y agricultura. 1 ed. Rev. Madrid, España. Editorial Mundi – Prensa. 23 p.

Santos, L. 2010. El Riego y sus Tecnología. 1 ed. Editorial Europa – América. Lisboa, Portugal. 296 p.

Seymor, J. 1979. Guía Práctica Ilustrada para la Vida en el Campo. 1ª ed. Ed. Blume. Barcelona. 256 p.

Terán, A. 2011. Determinación de la lámina de riego para el cultivo de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) a partir del coeficiente de evaporación. Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador. Universidad Agraria del Ecuador.

Tiscornia, J. 1974. Hortalizas Terrestres. 1ª ed. Ed. Albatros. Buenos Aires, Argentina. 149 p.

Vásquez V, A; Vásquez R, I; Vásquez R, C; Cañamero K, M. 2017. Fundamentos de la Ingeniería de Riego (en línea). 1a ed. Lima, Perú, Imprenta Q&P. P. 174 – 22. Disponible en. <https://drive.google.com/file/d/0ByQ8dgir5Z9-S3ExNFRuSVBHSWs/view>.

Winter, E. 1979. El agua, el suelo y la Planta. 2 ed. Ed. Diana. México. 221 p.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Anova. Análisis de Varianza por sus siglas en inglés, ANalysis Of VAriance, es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.

Bloque completo randomizado. Es un modelo estadístico en el que se distribuyen las unidades experimentales en bloques y los tratamientos son designados al azar dentro de cada bloque.

CC (Capacidad de campo). Capacidad del suelo para retener agua en contra de la fuerza descendente de la gravedad.

Coefficiente de correlación. Es una medida que permite conocer el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas.

Coefficiente de variación. Es el promedio o variación ambicionada de un conjunto de datos, respecto a la media aritmética.

Evapotranspiración. Cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de las plantas.

Método de Hargreaves. Permite calcular la evapotranspiración a partir de datos medidos de temperatura media del aire, humedad relativa media y de datos de radiación solar.

Porosidad del suelo. Constituye el dominio natural de las fases líquida y gaseosa del suelo, siendo la primera la que por su variabilidad limita el espacio ocupado por la segunda.

Prueba de Duncan. Es una prueba estadística de rango múltiple, permitiendo tomar decisiones acerca de si hay o no diferencias significativas en un experimento.

Regresión lineal. Es un modelo matemático usado para aproximar la relación de dependencia entre una variable dependiente, las variables independientes.

APÉNDICE

Tabla 18. Dosis de riego de tratamientos utilizados en el cultivo de zanahoria en L / parcela.

Meses	Riegos aplicados	Tratamientos				
		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
Mayo	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
Total	3	403.2	633.6	864	1094.4	1324.8
Junio	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
Total	4	537.6	844.8	1152	1459.2	1766.4
Julio	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
Total	5	672	1056	1440	1824	2208
Agosto	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
	1	134.4	211.2	288	364.8	441.6
Total	4	537.6	844.8	1152	1459.2	1766.4
Total (L / par)		2150.4	3379.2	4608	5836.8	7065.6
Total m ³ ha ⁻¹		2240	3520	4800	6080	7360
Costo Total S/.	* m ³ :S/.0.05	112	176	240	304	368

* Es el canon establecido por el MINAGRI.

ANEXOS

Tabla 19. Datos meteorológicos promedios anuales registrados en la estación Agrometeorológica.

Meses	Variable Meteorológicas				
	T Max (°C)	T Min (°C)	T Prom (°C)	HR (%)	PP (mm)
Enero	21.7	8.7	15.4	67.4	77.9
Febrero	21.6	8.6	15.2	68.1	64.6
Marzo	21.1	8.8	15.2	72.3	119.2
Abril	21.5	7.8	15.1	70.9	52.2
Mayo	21.8	6.1	14.8	67.9	33.4
Junio	21.7	4.6	14.2	60.3	4.4
Julio	21.9	4.0	13.9	58.0	2.7
Agosto	22.2	4.2	14.6	57.4	4.3
Setiembre	22.3	6.5	15.1	58.1	21.7
Octubre	22.1	7.1	15.4	59.3	45.4
Noviembre	22.7	7.5	15.6	59.9	42.6
Diciembre	22.0	7.2	15.5	64.0	59.9

Fuente: Elaborado con los datos históricos de la Estación Meteorológica “Augusto Weberbauer”.

Tabla 21. 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	2.433	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	2.57
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	2.29	1.818	1.529	1.318	1.431	1.719	2.056	2.512	2.691	2.889

Fuente: Vásquez et al.2017, Fundamentos de la ingeniería del riego.

Tabla 22. Altura de planta de zanahoria (*Daucus carota* L.) en cm.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Total Tratamiento	Promedio
	I	II	III		
1	18.2	17.8	20.3	56.3	18.8
2	26.1	27.3	25.7	79.1	26.4
3	33.9	35.5	35.5	104.9	35.0
4	40.9	42.6	42.3	125.8	41.9
5	45.5	45.8	45.9	137.2	45.7
Total	164.6	169.0	169.7	503.3	

Tabla 23. Longitud de raíz de zanahoria (*Daucus carota* L.) en cm.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Total Tratamiento	Promedio
	I	II	III		
1	8.7	9.2	9	26.9	9.0
2	10.4	9.9	9.8	30.1	10.0
3	12	12.1	12.4	36.5	12.2
4	13.8	14.3	14.2	42.3	14.1
5	15.1	14.9	15.6	45.6	15.2
Total	60.0	60.4	61.0	181.4	

Tabla 24. Diámetro de raíz de zanahoria (*Daucus carota* L.) en cm.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			Total Tratamiento	Promedio
	I	II	III		
1	2.1	2.1	2.1	6.3	2.1
2	2.5	2.6	2.6	7.7	2.6
3	3.1	3.3	3.4	9.8	3.3
4	4.3	4.3	4.3	12.9	4.3
5	5.3	5.4	5.3	16	5.3
Total	17.3	17.7	17.7	52.7	



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

LABORATORIO DE SERVICIO DE SUELOS

NOMBRE : **JOSUE TAPIA DELGADO**

PROCEDENCIA: UNC – Silvo Agropecuario

Fecha: **30/03/2018**

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Nombre Parcela	Código Laboratorio	P Ppm	K Ppm	pH	M.O %	Al meq/100g	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural
	SU0238-EEBI-18	19.08	315.0	6.7	2.38	--	55	8	37	F Ar A

INTERPRETACIÓN

Fósforo (P) : ALTO
 Potasio (K) : MEDIO
 pH (reacción) : **LIGERAMENTE ACIDO**
 Materia orgánica (M.O) : MEDIO
 Clase textural : FRANCO ARCILLO ARENOSO

RECOMENDACIONES DE NUTRIENTES

Cultivo a Sembrar: ZANAHORIA

NUTRIENTES	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	K ₂ O Kg/ha	CAL Ton /ha
Cantidad	110	70	70	--								

Recomendaciones y

Observaciones Especiales: **APLICAR 2.00 TON/HA DE ESTIERCOL BIEN DESCOMPUESTO.**



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
 Estación Experimental Baños del Inca

Julio A. Velásquez Camacho
 JEFE LABORATORIO DE SUELOS



Datos del documento

Tipo de documento:BOLETA DE VENTA ELECTRONICA

Serie y correlativo:B002-00000593

Fecha: 23-03-2018

Datos del emisor	Adquiriente / Usuario
------------------	-----------------------

RUC: 20538977030
Nombre: ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA VISTA FLORIDA - LAMBAYEQUE
Dirección: -Carretera a Ferreñafe KM 08 - Vista Florida Cruce Capote - Pícsi - Chiclayo - Lambayeque -, PÍCSI, CHICLAYO, DEPARTAMENTO LAMBAYEQUE

Identificación: DNI - DOCUMENTO DE NACIONAL DE IDENTIDAD
Número de identificación: 73762748
Nombre: DELGADO TAPIA JOSUE
Dirección: JR. MIGUEL ANGEL MZ A LOTE 18, CAJAMARCA, CAJAMARCA

Cantidad	Unidad	Código	Descripción	Valor unitario	Importe
1	UNIDAD	0074	ANALISIS DE FERTILIDAD + TEXTURA	S/ 29.66	S/ 29.66

Información adicional
POR SERVICIO DE ANÁLISIS DE FERTILIDAD + TEXTURA EN SUELOS
EMITIDO EN EL JR. WIRACOCHA S/N - BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA

Total impuestos
Total IGV 18%: S/ 5.34

Monto en letra: TREINTA Y CINCO Y 00/100 SOLES

Totales del documento
Total Gravadas: S/ 29.66
Importe total de la venta: S/ 35.00



Representación impresa de una boleta de venta electrónica
Autorizado mediante resolución N° 03400500031230 /SUNAT

Documento generado por **DFACTURE** - Tel. (511) 729 - 9045 - <https://www.dfactura.com.pe/>

Puede descargar su comprobante desde el sitio: <https://factura.dfactura.com.pe/consultadocumentos>



Figura 8. Cultivo de Zanahoria a los 125 días.



Figura 9. Muestras tomadas para evaluar características agronómicas.



Figura 10. Evaluación de datos de rendimiento.



Figura 11. Cosecha del cultivo de zanahoria.



Figura 12. Juntado en bolsas para su posterior pesada.



Figura 13. Cosecha por cada surco.



Figura 12. Área de trabajo donde se realizó el experimento.