

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA**



**COMPARATIVO DE TRES NIVELES DE FERTIRRIGACION POTASICA EN EL  
RENDIMIENTO DE ZANAHORIA (*Daucus carota L.*), BAJO RIEGO  
LOCALIZADO EN EL CENTRO AGRONOMICO KAYRA**

Tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Agrarias **LUIS ANGEL QUILLAHUAMAN GONZALES** para optar al título profesional de **INGENIERO AGRONOMO**

**ASESOR:**

**Ing. Dr. Carlos Jesús Baca García**

Cusco – Perú

2022

## DEDICATORIA

*A mis padres; Tomas Quillahuaman Quispe y Jesusa Gonzales Holgado a quienes debo la vida, la educación y mi formación personal.*

*A mis abuelitos paternos Martín Quillahuaman Sallo y Lucia Quispe Gutiérrez y mis abuelitos maternos Juan Gonzales Tevez y Luisa Huamán Holgado que de dios gozan, por sus buenos consejos y cuidados.*

*A mis hermanos Miguel Ángel y Maricielo por su aliento constante para la culminación de este trabajo de investigación y mi carrera universitaria*

*A mis tíos Lourdes, Hugo, René, Guido, Ronald, Mery, Humberto e Isaías a todos ellos por sus consejos, sus valores éticos y morales, por la motivación constante para salir adelante, que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su calor humano que mantenemos como familia.*

## AGRADECIMIENTOS

*A mi papa y mama Tomas Quillahuaman Quispe y Jesusa Gonzales Holgado, quienes me apoyaron incondicionalmente en cada meta que me fui proponiendo.*

*A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por los años que pase en sus aulas y por permitirme cruzar fronteras en diferentes etapas de mi vida.*

*A la Facultad de Ciencias Agrarias por la formación profesional brindada a través de sus docentes*

*A lo largo de mi carrera agradezco a mis hermanos Miguel Ángel Quillahuaman Gonzales, Maricielo Quillahuaman Gonzales, por el apoyo incondicional.*

*A mi asesor Dr. Ing. Carlos Jesús Baca García por su apoyo y sus consejos para poder culminar el presente trabajo de investigación.*

*Al centro de investigación en riego tecnificado de la facultad de ciencias agrarias por darme las facilidades logísticas para desarrollar el presente trabajo de investigación.*

*A mis amigos jheidi Hanco, Rodrigo Mora, jhaeysson Choquevillca, Piero Borda, Marco Antonio Taype, Cinthia Leyva, Miguel Vargas, Danny Durand, Gustavo De los ríos por sus Buenos consejos durante mi vida universitaria.*

## INDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	14
I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO	16
1.1. planteamiento del problema	17
1.2. problemas específicos	17
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION	18
2.1. Objetivos	18
2.1.1. Objetivo general	18
2.1.2. Objetivos específicos	18
2.2. Justificación	19
III. HIPOTESIS	20
3.1. hipótesis general	20
3.2. hipótesis específicas	20
IV. MARCO TEÓRICO	21
4.1. La zanahoria ( <i>Daucus Carota L.</i> )	21
4.1.1. Importancia mundial de la zanahoria	21
4.1.2. Origen de la zanahoria	21
4.1.3. Sistemática de la zanahoria	21
4.1.4. Descripción botánica	22

4.1.5. El cultivo	26
4.1.6. Requerimientos del cultivo	29
4.2 Fertilización	31
4.2.1. Ley de Liebig	31
4.2.2. Nitrógeno	32
4.2.3. Fósforo	32
4.2.4. Potasio	33
4.3. Manejo del Cultivo	34
4.3.1. Preparación del suelo	34
4.3.2. Levantamiento de camas	34
4.3.3. Siembra	34
4.3.4. Densidad de plantación	35
4.3.5. Cosecha	35
4.3.6. Post cosecha	35
4.4. Fertirrigación	36
4.4.1. Concepto	36
4.4.2. Tipos de Fertirrigación	36
4.4.3. Ventajas de la Fertirrigación	36
4.4.4. Desventajas de la Fertirrigación	37
4.4.5. Equipos de inyección de fertilizantes	37
4.4.6. Fertilizantes usados en Fertirrigación	39
4.4.7. Antecedentes de Fertirrigación en zanahoria	39
4.5 Riego	40
4.5.1. Riego Localizado	40
4.5.2. Componentes de un sistema de riego	42
4.5.3. Requerimiento hídrico en zanahoria	48
4.6. Diseño Agronómico	49
4.6.1. Coeficiente del cultivo	49
4.6.2 Dosis de riego	49
4.6.3. Lamina neta	49
4.6.4. Lamina bruta	50

4.6.5 Volumen de riego	50
4.6.6. Agua disponible	51
4.6.7. Fracción de agotamiento o secamiento	51
4.6.8. Eficiencia de riego	51
4.6.9. Evapotranspiración	52
4.6.10. Balance Hídrico	53
4.7. Zanahoria en el Perú	53
4.7.1. Zonas Productoras de zanahoria en el país	53
4.7.2. Rendimiento promedio de zanahoria en la región	53
4.7.3. Zonas productoras de zanahoria en el país	54
<b>V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>55</b>
5.1. Aspectos Generales	55
5.1.1. Ubicación	55
5.2. Materiales	56
5.2.1. Material Vegetativo	56
5.2.2. Materia orgánica	56
5.2.3. Equipos y Materiales de Gabinete y Campo	57
5.3. Métodos	58
5.3.1. Cálculos de Fertirrigación	58
5.3.2. Cálculos de dosificación de fertilizantes	64
5.3.3. Estudio de requerimiento hídrico complementario	71
5.4. Diseño del trabajo de Investigación	74
5.4.1. Diseño Experimental	74
5.4.2. Procesamiento y Análisis de Datos	74
5.5. Instalación del Trabajo de Investigación	80
5.5.1. Preparación del Terreno	80
5.5.2. Recurso Hídrico	81
5.5.3. Instalación de Riego por Goteo en Parcela	81
5.5.4. Instalación del Sistema de Fertirrigación	82

5.5.5. Equipo de Medición de la Humedad	83
5.5.6. Equipos de Medición de pH y CE	84
5.5.7. Fertilizantes	85
5.5.8. Muestreo del Suelo	85
5.5.9. Muestreo del agua	86
<b>5.6. Manejo del Cultivo</b>	<b>87</b>
5.6.1. Siembra	88
5.6.2. Desahije	88
5.6.3. Deshierbo	88
5.6.4. Abonamiento	88
5.6.5. Aporque	88
5.6.6. Riego	89
5.6.7. Fertirrigación	90
5.6.8. Sistema de inyección	91
5.6.9. Control de plagas y enfermedades	92
5.6.10. Cosecha	92
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>93</b>
<b>6.1. Evaluación de Características Radiculares y Rendimiento</b>	<b>93</b>
6.1.1 Peso de zanahoria	93
6.1.2 Diámetro de zanahoria	99
6.1.3. Longitud de zanahoria	105
6.1.4. Rendimiento de zanahoria por unidad experimental	112
<b>VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>120</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>123</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>129</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> <i>Ciclo Productivo de Hortalizas Pequeñas</i> .....	27
<b>Cuadro 2.</b> <i>Compatibilidad entre Fertilizantes Solubles</i> .....	45
<b>Cuadro 3.</b> <i>Profundidad Radicular y Factor de Secamiento de la Zanahoria</i> .....	51
<b>Cuadro 4.</b> <i>Materiales, Equipos e Instrumentos</i> .....	57
<b>Cuadro 5.</b> <i>Combinación de Tratamientos</i> .....	74
<b>Cuadro 6.</b> <i>Variabes e Indicadores</i> .....	75
<b>Cuadro 7.</b> <i>Análisis de Varianza Peso de Zanahoria</i> .....	94
<b>Cuadro 8.</b> <i>Resumen del Modelo de Peso de Zanahoria</i> .....	94
<b>Cuadro 9.</b> <i>Agrupación de medias con el método de Tukey y una confianza de 95%</i> .....	97
<b>Cuadro 10.</b> <i>Medias de Peso de Zanahoria</i> .....	97
<b>Cuadro 11.</b> <i>Información de los factores para Diámetro de Zanahoria</i> .....	100
<b>Cuadro 12</b> <i>Resumen del modelo de evaluación para Diámetro de Zanahoria</i> .....	100
<b>Cuadro 13.</b> <i>Análisis de Varianza de Diámetro de Zanahoria</i> .....	100
<b>Cuadro 14.</b> <i>Agrupación de medias con el método de Tukey y una confianza de 95%</i> .....	103
<b>Cuadro 15.</b> <i>Medias de Diámetro de Zanahoria</i> .....	103
<b>Cuadro 16.</b> <i>Información de los factores para Longitud de Zanahoria</i> .....	106
<b>Cuadro 17.</b> <i>Resumen del modelo de evaluación para Longitud de Zanahoria</i> .....	106
<b>Cuadro 18.</b> <i>Análisis de varianza de Longitud de Zanahoria</i> .....	106
<b>Cuadro 19.</b> <i>Medias de Longitud de Zanahoria</i> .....	109
<b>Cuadro 20.</b> <i>Agrupación de medias con el método de Tukey y una confianza de 95%</i> .....	110
<b>Cuadro 21.</b> <i>Información de los factores de rendimiento por unidad experimental</i> .....	113
<b>Cuadro 22.</b> <i>Resumen del modelo de rendimiento por unidad experimental</i> .....	113
<b>Cuadro 23.</b> <i>Análisis de varianza de rendimiento por unidad experimental</i> .....	113
<b>Cuadro 24.</b> <i>Medias de Rendimiento de Zanahoria por Unidad Experimental</i> .....	116
<b>Cuadro 25.</b> <i>Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%</i> .....	116



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Sistema Radicular de la Zanahoria.....	24
<b>Figura 2.</b> Tallo de la Zanahoria.....	24
<b>Figura 3.</b> Hoja de la Zanahoria.....	25
<b>Figura 4.</b> Inflorescencia de la Zanahoria.....	25
<b>Figura 5.</b> Semilla de Zanahoria .....	26
<b>Figura 6.</b> Fenología de la Zanahoria.....	27
<b>Figura 7.</b> Barril de Liebig .....	32
<b>Figura 8.</b> Diagrama de un Arco de Riego .....	38
<b>Figura 9.</b> Diseño de un Sistema de Riego Localizado .....	41
<b>Figura 10.</b> Cabezal de riego .....	43
<b>Figura 11.</b> Filtro de Grava o Arena .....	44
<b>Figura 12.</b> Filtro de Discos.....	45
<b>Figura 13.</b> Partes de un Tensiómetro .....	47
<b>Figura 14.</b> Equipo de Medición de pH, Humedad y Temperatura .....	85
<b>Figura 15.</b> Partes del Sistema de Inyección .....	91

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b> Porcentaje de Distribución de Fertilizantes Nitrogenados por Etapa Fenológica.....	65
<b>Gráfico 2.</b> Dosis de fertilizante Nitrogenado a Aplicar para cada Etapa Fenológica .....	65
<b>Gráfico 3.</b> Porcentaje de Distribución de Fertilizantes Fosforados por Etapa Fenológica .....	67
<b>Gráfico 4.</b> Dosis de fertilizante Fosfórico a Aplicar para cada Etapa Fenológica .....	67
<b>Gráfico 5.</b> Porcentaje de Distribución de Fertilizantes Fosforados por Etapa Fenológica .....	69
<b>Gráfico 6.</b> Dosis de fertilizante Potásico a Aplicar para cada Etapa Fenológica .....	69
<b>Gráfico 7.</b> Croquis de Distribución de la Unidad Experimental .....	77
<b>Gráfico 8.</b> Distribución de Tratamientos en el Área Experimental.....	78
<b>Gráfico 9.</b> Dimensiones del Área Experimental .....	79
<b>Gráfico 10.</b> Distanciamientos de cintas de goteo entre si .....	80
<b>Gráfico 11.</b> Diagrama de Flujo del trabajo de investigación.....	87
<b>Gráfico 12.</b> Grafica de Distribución “F” para Peso de Zanahoria .....	94
<b>Gráfico 13.</b> Intervalos de confianza de tukey al 95%.....	97
<b>Gráfico 14.</b> Grafica de Distribución “F” para Diámetro de Zanahoria .....	100

<b>Gráfico 15.</b> Intervalo de confianza de tukey al 95% para Diámetro de Zanahoria.....	103
<b>Gráfico 16.</b> Grafica de Distribución “F” para Longitud de Zanahoria.....	107
<b>Gráfico 17.</b> Intervalo de confianza de tukey al 95% para Longitud de Zanahoria .....	110
<b>Gráfico 18.</b> Grafica de Distribución “F” para rendimiento por unidad experimental.....	113
<b>Gráfico 19.</b> Intervalos de Confianza para Rendimiento de Zanahoria por Unidad Experimental .....	117

### **INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Valores Recomendados de Coeficiente de Uniformidad	50
<b>Tabla 2.</b> Eficiencia de los Métodos de Riego	52
<b>Tabla 3.</b> Nuevos Niveles de Nutrientes	61
<b>Tabla 4.</b> Plan de Fertirrigación Nitrogenada para Zanahoria	66
<b>Tabla 5.</b> Plan de Fertirrigación Fosfórica para Zanahoria	68
<b>Tabla 6.</b> Plan de Fertirrigación Potásica en el cultivo de Zanahoria	70
<b>Tabla 7.</b> Media de muestra poblacional de peso de zanahoria en Kg	93
<b>Tabla 8.</b> Media de Muestra Poblacional para Diámetro de Zanahoria en (cm)	99
<b>Tabla 9.</b> Media de Muestra Poblacional para Longitud de Zanahoria en (cm)	106
<b>Tabla 10.</b> Análisis de Varianza para Rendimiento de Zanahoria	112
<b>Tabla 11.</b> Rendimientos por Hectárea	118

### **INDICE DE FOTOGRAFIAS**

<b>Fotografía 1.</b> Obtención de Materia Orgánica .....	56
<b>Fotografía 2.</b> Preparación del Terreno .....	80
<b>Fotografía 3.</b> Captación N° 4 Chanchería .....	81
<b>Fotografía 4.</b> Instalación del Sistema de Riego en Parcela .....	82
<b>Fotografía 5.</b> Arco de Riego con Inyector Venturi.....	83
<b>Fotografía 6.</b> Tensiómetro en Campo .....	84
<b>Fotografía 7.</b> Homogenización de Muestra de Suelo.....	86
<b>Fotografía 8.</b> Segundo Aporque.....	89
<b>Fotografía 9.</b> Aplicación de fertilizantes mediante inyector Venturi.....	90

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> <i>Remoción del Terreno</i>	130
<b>Anexo 2.</b> <i>Preparación de Camas</i>	130
<b>Anexo 3.</b> <i>Instalación del Sistema de Riego por Goteo</i>	131
<b>Anexo 4.</b> <i>Instalación de las Cintas de Riego</i>	131
<b>Anexo 5.</b> <i>Siembra de Cultivo de Zanahoria</i>	132
<b>Anexo 6.</b> <i>Adquisición e Instalación del Sistema de Fertirrigación</i>	132
<b>Anexo 7.</b> <i>Desahije en el Cultivo de Zanahoria</i>	133
<b>Anexo 8.</b> <i>Deshierbe Manual en el Cultivo de Zanahoria</i>	134
<b>Anexo 9.</b> <i>Limpieza de Captación N° 4 “chanchería”</i>	135
<b>Anexo 10.</b> <i>Instalación de Tensiómetros en Campo</i>	135
<b>Anexo 11.</b> <i>Preparación de Solución Madre para Fertirrigación</i>	136
<b>Anexo 12.</b> <i>Fertirrigando el cultivo de zanahoria</i>	138
<b>Anexo 13.</b> <i>Evaluando el pH de la Solución Madre</i>	138
<b>Anexo 14.</b> <i>Primer y Segundo Aporque</i>	139
<b>Anexo 15.</b> <i>Evaluando la Incidencia de Plagas y Enfermedades</i>	139
<b>Anexo 16.</b> <i>Evaluación de variables en gabinete</i>	140
<b>Anexo 17.</b> <i>Evaluación de Tensiómetros en Campo</i>	140
<b>Anexo 18.</b> <i>Cosecha de Zanahorias</i>	141
<b>Anexo 19.</b> <i>Base de Datos para Diámetro de Zanahoria</i>	142
<b>Anexo 20.</b> <i>Base de Datos para longitud de Zanahoria</i>	143
<b>Anexo 21.</b> <i>Base de Datos para Peso de Zanahoria</i>	144
<b>Anexo 22.</b> <i>Análisis Físicoquímico de Agua – Captación N° 4 Chanchería</i>	145
<b>Anexo 23.</b> <i>Análisis Físicoquímico Hidrodinámico de Suelos Potrero C-2</i>	146
<b>Anexo 24.</b> <i>Evaluación de la Demanda Hídrica del Cultivo de Zanahoria</i>	147

## RESUMEN

El trabajo de tesis se desarrolló entre noviembre de 2019 y abril del 2020 en el potrero C-2 de la Granja K'ayra de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Este se realizó en un área total de  $45m^2$ , Teniendo como objetivo general el **evaluar el efecto de tres niveles de fertirrigación potásica en el rendimiento del cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el Centro Agronómico K'ayra.**

La investigación es de tipo evaluativo experimental y se realizó en un diseño DBCA de 4 bloques, cada bloque con 4 unidades experimentales al azar, y la evaluación de la misma se realizó con el software estadístico MINITAB v19.

Teniendo en cuenta que la frecuencia de riego en época de lluvias en nuestro medio está relacionada a cuan seguido llueve, por lo que esa fue una complicación en el presente trabajo de investigación ya que al manejar un riego complementario estábamos obligados a regar cuando la disponibilidad hídrica del suelo sea deficiente a tal punto que sea necesario aplicarla de forma complementaria.

Esto no nos permitiría aplicar los nutrientes necesarios en la solución suelo antes de que la planta los requiera, por lo que se optó por monitorear la humedad del suelo con tensiómetros los cuales nos sirvieron como sensores analógicos, estos nos indicaban el momento en el cual el contenido de humedad en el suelo disminuía a tal punto que nos permitía aplicar el riego con pequeñas láminas de agua y solución fertirriego.

En cuanto a la fertirrigación se optó por evaluar diferentes dosis de fertilización potásica, este valor se obtuvo en base al artículo de SOSA, et al. (2013) el cual titula absorción de "N" "P" "K" en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*)

El anterior libro mencionado nos sirvió como base para formular los niveles de fertilización potásica, bajo 300, medio 350 y alto 400, así también nos sirvió para realizar el plan de Fertirrigación potásica en el cultivo de zanahoria.

Para realizar la evaluación de los rendimientos se evaluaron 20 zanahorias de cada unidad experimental todas ellas obtenidas de manera aleatoria, de estas 20 zanahorias se evaluaron el peso, diámetro, longitud y para complementar estos datos también se evaluó el rendimiento por unidad experimental en kilogramos.

Los resultados determinaron que el tratamiento "C" obtuvo un rendimiento de 97.8 tn/ha seguido por el tratamiento "B" con 93.9 tn/ha y seguido con el tratamiento "A" con unos resultados muy marcados con respecto a los anteriores con unas 77.8 tn/ha, finalmente con el tratamiento "T" con un rendimiento de 58.8tn/ha.

Por lo que en conclusión se tiene que el mejor nivel de fertirrigación potásica fue del tratamiento "C" 400 kg/ha. Con un rendimiento promedio de 97.8 tn/ha.

**Palabras clave: Fertirrigación, Potasio, Zanahoria, plan de fertirrigación.**

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el consumo de verduras tuvo un incremento sustancial principalmente debido a los cambios en los hábitos de las personas privilegiando y favoreciendo a los productos frescos, naturales y de fácil preparación por lo cual la zanahoria es una de las mejores alternativas ya que los compradores la valorizan nutricionalmente por ser una generosa fuente de  $\beta$ -carotenos, minerales y vitaminas.

La zanahoria es una planta que presenta un extraordinario desarrollo radicular y vegetativo con un elevado nivel de necesidades nutritivas en cuanto al potasio se refiere, este juega un papel esencial en la obtención de producciones elevadas y raíces de buena calidad por lo que el potasio es absorbido en grandes cantidades por la planta, por eso es importante el estudio de la dosificación adecuada y oportuna en cuanto a la aplicación de los fertilizantes potásicos se refiere.

Saavedra del real y Kehr mellado (2019), mencionan que la utilización de nutrientes del suelo esta condicionada de la fertilidad natural y residual así como también de las condiciones agroclimáticas prevalecientes durante el desarrollo del cultivo.

También depende del manejo de cultivo como puede ser el marco de plantación y del rendimiento esperado, ya que estos pueden hacer que las cantidades extraídas sean bastantes deficientes al requerimiento del cultivo.

Para obtener buenos rendimientos se debe tener en cuenta todos aquellos factores del crecimiento que influyen sobre la producción vegetal, entre ellos el aporte de nutrientes.

Ante esta premisa anterior es necesario conocer la cantidad exacta de nutrientes a dotar en cada etapa fenológica del cultivo de zanahoria, sin que este nos cause mayores problemas

de toxicidad o deficiencia de otros nutrientes que posteriormente nos generen menores rendimientos.

Por todo lo antes mencionado se resalta la falta de conocimiento en el manejo de la fertilización del cultivo de zanahoria lo cual con lleva a tener una baja eficiencia en el uso de fertilizantes y este a su vez a tener bajos rendimientos y baja rentabilidad.

Ahí es donde se origina el trabajo de tesis denominado “**COMPARATIVO DE TRES NIVELES DE FERTIRRIGACION POTASICA EN EL RENDIMIENTO DE ZANAHORIA (*Daucus carota L.*), BAJO RIEGO LOCALIZADO EN EL CENTRO AGRONOMICO KAYRA**”

“EL AUTOR”

## **I. PROBLEMA OBJETO DE ESTUDIO**

La falta de Conocimiento de los productores en el uso de fertilizantes y dosificación de fertilizantes hace que el costo de producción de los cultivos en la sierra del Perú sea más costoso y desde el punto de vista de la salud humana es menos tolerable para los consumidores.

El uso excesivo de fertilizantes, la baja eficiencia de gestión del sistema agrícola y el uso inadecuado de residuos y desechos conducirán a la pérdida de nutrientes, lo que significa pérdidas económicas para los agricultores.

Como nutriente importante, el potasio es indispensable para el desarrollo de las plantas, además, el potasio se encarga de aportar mayor calidad a frutas, verduras y flores, potenciando así sus características organolépticas. Este nutriente se requiere en dosis altas, por lo que es imperativa la búsqueda de dosificaciones adecuadas para proteger el entorno natural, Por lo tanto, la dosificación exacta en el uso de fertilizantes es obligatorio para aportar en la disminución de la contaminación del suelo, dando una alternativa de producción para las campañas posteriores.



### **1.1. planteamiento del problema**

- ¿Cuál será el efecto de tres niveles de fertirrigación potásica en el rendimiento de cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*), en el Centro Agronómico K'ayra?

### **1.2. problemas específicos**

- ¿Cuál es la dosificación adecuada para los tres niveles de fertirrigación potásica en el cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en todo su ciclo de producción?
- ¿Cuál es el volumen de agua a aplicar como riego complementario en el cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el ciclo de producción?
- ¿Cuál es el efecto de los diferentes niveles de fertirrigación potásica en las características radicales como rendimiento por unidad experimental, peso, diámetro y longitud de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el Centro Agronómico K'ayra?

## II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION

### 2.1. Objetivos

#### 2.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres niveles de fertirrigación potásica en el rendimiento del cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el Centro Agronómico K'ayra.

#### 2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la dosificación adecuada para los tres niveles de fertirrigación potásica en el cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en todo su ciclo de producción.
- Calcular el volumen de agua aplicado como riego complementario en el cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el ciclo de producción.
- Evaluar el efecto de los diferentes niveles de fertirrigación potásica en las características radicales como rendimiento por unidad experimental, peso, diámetro y longitud de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el Centro Agronómico K'ayra.

## 2.2. Justificación

El trabajo de tesis busca determinar los impactos de tres niveles de fertirrigación potásica en el rendimiento del cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el Centro Agronómico K'ayra.

Para lo cual:

- Se determinó la dosificación de los nutrientes para un nivel de Fertirrigación nítrica y fosfórica y tres niveles de Fertirrigación potásica esto para tener en conocimiento de cuanto de fertilizante es necesario aplicar en cada etapa fenológica del cultivo
- Se evaluó la cantidad de agua a aportar al cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) como riego complementario en su ciclo productivo con ayuda de tensiómetros en campo y un factor de secamiento obtenido de FAO (2006).
- Se evaluó las características radicales como el peso, diámetro y longitud de zanahoria para así determinar la relación rendimiento-calidad del cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en los diferentes niveles de fertirrigación potásica propuestos.

### III. HIPOTESIS

#### 3.1. hipótesis general

- El cultivo de zanahoria (*Daucus Carota L.*) presenta un buen rendimiento como respuesta al efecto de tres niveles de fertirrigación potásica bajo riego localizado en el Centro Agronómico K'ayra.

#### 3.2. hipótesis específicas

- La dosificación aplicada es adecuada para los tres niveles de fertirrigación potásica en el cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en todo su ciclo de producción.
- El volumen de agua aplicado como riego complementario es adecuado para el cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L.*) en el ciclo de producción.
- las características radicales como rendimiento por unidad experimental, peso, diámetro y longitud de Zanahoria (*Daucus carota L.*) son variables al efecto de los diferentes niveles de fertirrigación potásica en el centro agronómico K'ayra.

## IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1. La zanahoria (*Daucus Carota L.*)

#### 4.1.1. Producción mundial

Gaviola (2013), indica que el rendimiento mundial fue de 37 millones de toneladas en el período analizado (2003-2013), resalta el incremento de rendimientos en los continentes de Asia y África.

Casaca (2005), refiere que la zanahoria es utilizada cocida en ensaladas o en guisos, aunque la tendencia es creciente en el uso en ensaladas crudas.

Entre sus aplicaciones en la industria agrícola destaca su uso para productos en enlatados, además, se puede utilizar para extraer  $\beta$ caroteno para usarlo como componente en mantequillas y suplemento para aves de corral con el fin de realzar el color naranja de la yema de los huevos.

#### 4.1.2. Origen de la zanahoria

Casaca (2005), menciona que esta verdura es oriunda de Afganistán, tiene un excelente contenido de vitaminas y minerales.

Maroto-borrego & Baixauli-soria (2016), mencionan que los arabes fueron quienes lo llevaron a Europa desde donde se derivó al resto de Europa. A un inicio no era un cultivo de gran importancia hasta que se descubrió su uso en guisos cien años después.

#### 4.1.3. Sistemática de la zanahoria

Cronquist (1981) citado por Barrientos (2014), considera la clasificación taxonómica que se cita a continuación:

**Reino** : Plantae

**División** : Magnoliophyta

**Orden** : Apiales

**Familia** : Apiaceae

**Subfamilia** : Apioideae

**Tribu** : Scandiceae

**Subtribu** : Daucinae

**Género** : Daucus

**Especie** : Daucus carota Linneo

#### **4.1.4. Descripción botánica**

Las zanahorias pertenecen a la familia apiaceae, se caracterizan por tener hojas (7 a 13 hojas) en la inflorescencia foliar, pecíolos largos, hojas alternas, las hojas muy divididas en partes estrechas y los tallos reducidos a pequeños discos o inflorescencias coroneales (García, 2002).

Tiene muchas raíces secundarias con función absorbente. Las raíces primarias crecen rápidamente después de la germinación, alcanzando su longitud máxima típica de variedad (variación entre 3 y 30 cm), y suelen aparecer entre 55 y 60 días después de la siembra (Krarup, 2010).

Morales (1995) citado por Briceño et. al. (2019), ellos indican que existen dos tipos de zanahorias las anuales y bianuales, pero casi no hay variedades anuales en todo el mundo, el tipo bienal es más común produciendo engrosamiento de raíces y producción de follaje en el primer ciclo de

crecimiento y órganos reproductores en el segundo ciclo, después del período de inducción. Solo se completa el ciclo biológico de la zanahoria cuando se quiere conseguir semilla.

las zanahorias son hortalizas bi anuales que prefieren un rango de temperatura de 15°C a 25°C, ser bi anual no necesariamente refleja que el ciclo productivo dure dos años, pero si que tiene dos fases de desarrollo biológico: la etapa productiva y la etapa reproductiva.

Durante la primera fase la planta desarrolla un tallo al ras del suelo y hojas en forma de roseta acumulando reservas en su raíz modificada, en la segunda fase crecimiento el tallo de la zanahoria empieza a florar por lo cual la planta utiliza los nutrientes radiculares provocando la pérdida de las características organolépticas (Maroto borrego y Baixauli soria, 2016).

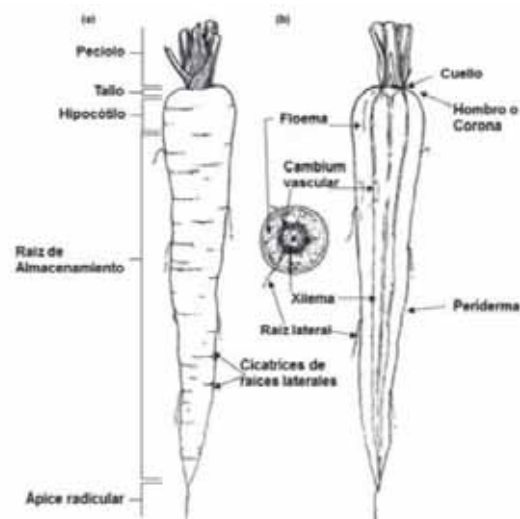
### **Raíz**

Morfológicamente la raíz de la zanahoria está compuesta por dos partes, primero la xilema que se encuentra en la parte interna de la raíz y el floema que se encuentra en la parte exterior de la raíz.

La calidad de la zanahoria se demuestra cuando la raíz tiene una proporción mayor de floema que de xilema, es decir sus corazones son muy pequeños, porque el floema tiene una mayor acumulación de azúcar y caroteno (Gaviola, 2013).

Agrotendencia (2021), Menciona que el principal interés del cultivo de la zanahoria es su raíz, La raíz de la zanahoria es un tejido modificado de reserva que tiene en la parte interior el xilema que es la encargada de conducir los nutrientes absorbidos por el floema a toda la planta, y en la parte exterior el floema donde se acumulan los carbohidratos, minerales y sales.

**Figura 1.** Sistema Radicular de la Zanahoria



La figura se obtuvo de Saavedra del real & Kehr mellado (2019).

## Tallo

Durante la etapa vegetativa, los tallos se comprimen en el suelo, por lo que no se pueden observar los entrenudos donde se origina el tallo con las hojas en forma de roseta. Al inicio de la etapa de floración el tallo se alarga y las inflorescencias se desarrollan en su ápice.

Los tallos florales pueden ser primarios y secundarios de una altura variable desde el medio metro a los dos metros de altura (Gaviola, 2013).

**Figura 2.** Tallo de la Zanahoria



La figura se obtuvo de Agrotendencia (2021).



## Hojas

Entre la 1-2 semana después de la germinación, aparece la primera hoja verdadera, los pecíolos son largos y expandidos en la base (Gaviola, 2013).

**Figura 3.** Hoja de la Zanahoria



*La figura se obtuvo de Agrotendencia (2021)*

## Inflorescencia

La inflorescencia es la disposición de las flores en la planta en este caso la inflorescencia de la zanahoria esta compuesta por umbelas que aparecen en la posición terminal de las ramas del tallo. Cada planta tiene una umbela principal, que corresponde al tallo principal, la ramificación continua hasta umbelas de séptimo orden. Las umbelas principales más grandes pueden tener hasta 50 umbelas, y cada umbela puede poseer hasta 50 flores (Gaviola, 2013).

**Figura 4.** Inflorescencia de la Zanahoria



*La figura se obtuvo de Agrotendencia (2021)*

## **Flores**

La zanahoria posee flores hermafroditas que varían en tamaño estas pueden ser blanquecinas verdosas o moradas. Todas las flores poseen sépalos, pétalos, estambres y ovarios al ser flores hermafroditas (Gaviola, 2013).

## **Semilla**

Agrotendencia (2021), menciona que es una semilla de dos cotiledones envuelta por una membrana dura. Esta semilla destaca por ser una semilla de tamaño reducido de forma plana, oval con surcos en su cubierta y de un aroma agradable.

**Figura 5.** *Semilla de Zanahoria*



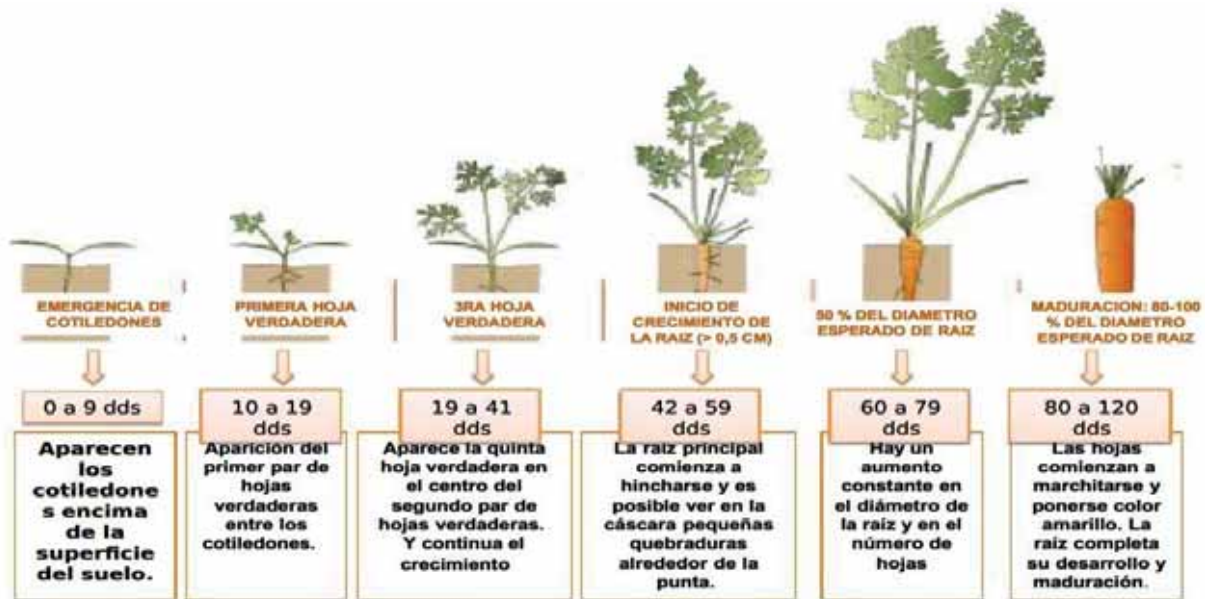
*La figura se obtuvo de Agrotendencia (2021)*

### **4.1.5. El cultivo**

#### **Fases fenológicas**

Las plántulas de zanahoria tardan entre 22 y 38 días en germinar, emerger y establecerse luego la primera fase de crecimiento va de los 39 a los 60 días, en las primeras semanas, las raíces y las hojas se desarrollan lentamente. en la segunda fase de crecimiento, de 61 días a 97 días, el diámetro de las raíces y el número de hojas continúan aumentando, en la tercera fase de 98 días a 123 días la tasa de crecimiento disminuyó y por último en la cuarta fase después de 124 días, las características morfológicas se estabilizan antes de la cosecha (Vega, Mendez y Werner, 2011)

**Figura 6. Fenología de la Zanahoria**



El Gráfico se obtuvo de Scribd (2015).

**Cuadro 1. Ciclo Productivo de Hortalizas Pequeñas**

Cultivo	Inic. (L <sub>in</sub> )	Des. (L <sub>des</sub> )	Med (L <sub>med</sub> )	Final (L <sub>fn</sub> )	Total	Fecha de Siembra	Región
<b>a. Hortalizas Pequeñas</b>							
Brécol (Brócoli)	35	45	40	15	135	Sept.	Calif. Desierto, EU
Repollo	40	60	50	15	165	Sept.	Calif. Desierto, EU
Zanahoria	20	30	50/30	20	100	Oct/Ene.	Clima Árido
	30	40	60	20	150	Feb/Mar.	Mediterráneo
	30	50	90	30	200	Oct.	Calif. Desierto, EU
Coliflor	35	50	40	15	140	Sept	Calif. Desierto, EU
Apio (Céleri)	25	40	95	20	180	Oct.	(Semi)Árido
	25	40	45	15	125	Abril	Mediterráneo
	30	55	105	20	210	Ene.	(Semi)Árido
Crucíferas <sup>1</sup>	20	30	20	10	80	Abril	Mediterráneo
	25	35	25	10	95	Febrero	Mediterráneo
	30	35	90	40	195	Oct/Nov.	Mediterráneo

Los datos se obtuvieron de (FAO, 2006)

## **Variedad Chantenay**

Saavedra del real & Kehr mellado (2019), indican que la variedad Chantenay son zanahorias de doble propósito (frescas y procesadas), las más comunes que suelen sembrarse y hay diferentes tipos en el mercado, tales como: TCH-742, Abaco, Royal Chantenay, Athena, Córdoba, Cardiff, Cesena, Carol, Hércules, Inca, etc.

Zanahoria híbrida y muy precoz con un ciclo vegetativo de 115 a 135 días de follaje robusto y vigoroso con una raíz fina de intenso color naranja con punta roma con un buen desempeño en zonas de altura menores a 3000 msnm (Seminis, 2012).

Una raíz de tamaño mediano, que pesa alrededor de 150 g varía en longitud de 12 a 17 cm en forma de cono, de color naranja y púrpura verdoso en los hombros, también existen otras variedades que se originaron de esta siendo las más representativas la Chantenay Red Core, Chantenay Andina y Royal Chantenay (Inia, 2009).

## **Rendimiento**

Es la variable principal en cualquier cultivo y determina la eficacia con que las plantas hacen uso de los recursos existentes en el medio, según (INIA, 2009) se tiene rendimiento de tipo experimental para zanahoria de 50 tn/ha y un rendimiento total en campo de 30 tn/ha

(ROSAS CATALAN, 2011) Menciona que los rendimientos de este cultivo para consumo fresco se tienen cantidades de 30 a 40 tn/ha con 300 a 400 mil raíces por hectárea.

## **Época de siembra**

En los valles interandinos del Perú no existe época de cultivo, ya que se puede sembrar en cualquier época del año considerando una fuente constante de agua, mas no así en la costa donde se recomienda sembrar entre agosto y octubre (INIA, 2009).

## **Humedad del suelo**

Para que las semillas germinen y las plantas emerjan, es necesario proporcionar un suelo una buena humedad en las primeras etapas de desarrollo (INIA, 2009).

## **Distanciamiento**

Entre surcos se recomienda un distanciamiento de 0.3 m y el distanciamiento entre plantas es de 0.07 – 0.08 m (INIA, 2009).

## **Desahijé**

Se recomienda realizar el desahije después de 25 a 30 días realizada la siembra en el cultivo de zanahoria (INIA, 2009).

## **Deshierbe**

En cuanto al deshierbo se recomienda realizar a los 15 días después de la siembra para asegurar el correcto desarrollo de las plántulas de zanahoria ya que al tener raíces de pequeño tamaño no pueden competir por los nutrientes del suelo con la maleza y esta actividad debe realizarse con detenimiento con el propósito de no malograr las plántulas que estén presentes en campo (INIA, 2009).

## **Plagas y enfermedades**

Las enfermedades que se pueden encontrar en el cultivo de zanahoria son alternaria dauci, Erysiphe spp o y la Rhizoctonia solani (Gaviola, 2013).

### **4.1.6. Requerimientos del cultivo**

#### **Requerimiento climático**

Cultivo muy exigente en cuestión de temperatura, Si se presentan temperaturas altas provoca la muerte de algunas plantas conjuntamente con un crecimiento anormal de raíces y floración anticipada (Gaviola, 2013).

Lardizabal y Theodoracopoulos (2007), indica que el cultivo de zanahoria es rustico, con preferencias de temperaturas no tan elevadas, también afirma que la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo oscila entre los 16°C y 18°C, temperaturas superiores a los 30°C acelera la maduración de las raíces con una subsecuente pérdida de la calidad.

### **Iluminación**

(Casaca, 2005) indica que es un cultivo insensible a la duración del día, pero sin embargo requiere una buena iluminación que será regulada según la densidad de siembra.

### **Humedad Relativa**

(Casaca, 2005), resalta que la humedad relativa optima para el desarrollo del cultivo de zanahoria y esta no tenga problemas fúngicos es del 65 % al 80%.

### **Requerimiento edáfico**

Garcia (2002). Indica que el suelo debe tener buena estructura, buen drenaje y buena cantidad de porosidad, debido a que los suelos compactos y pedregosos deformarán las raíces, lo cual generara la pérdida de calidad en las raíces y posterior caída de la rentabilidad.

Favorece suelos de buena textura o francos ya que suelos demasiado compactos pueden causar fibrosis y raíces más cortas, no tener suelos propios para el cultivo lo hace más propenso a enfermedades radiculares (Maroto borrego & Baixauli soria, 2016).

### **pH**

Gaviola (2013), menciona que el rango de pH óptimo para el cultivo de zanahoria es de 5,5 a 6,8. Aunque otros autores señalan que el pH recomendado para esta especie es 6.0 y el más alto es 6.5, debido a que el cultivo no se desenvuelve adecuadamente en suelos ácidos y muy alcalinos.

## **4.2 Fertilización**

En cuanto al abonamiento se recomienda realizarlo antes de la siembra para que por procesos biológicos se desprendan los nutrientes del mismo, así también con el fertilizante químico este tiene que aplicarse directamente al cultivo ya que es de acción rápida (INIA, 2009).

Según Gaviola (2013), para obtener un rendimiento de 80 t/ha, la zanahoria requiere los siguientes niveles de fertilización: para el nitrógeno 224 kg/ha, para el fósforo 96 kg/ha y para el potasio 455 kg/ha. Estos niveles tienen que balancearse con los contenidos nutricionales del suelo, agua y materia orgánica.

La cantidad de nutrimentos necesarios en forma total están en relación a los rendimientos esperados (Bertsch, 2009).

SENASA (2020), refiere que para plantear un plan de fertilización se recomienda utilizar y basarse a un análisis físico químico de suelos y también tomar en cuenta los requerimientos nutricionales del cultivo en total o por etapa fenológica. Así mismo recomienda considerar las características químicas y físicas del suelo propias del terreno como pendiente y drenaje.

El manejo nutricional de la zanahoria es de suma importancia ya que es muy poco tolerante a los excesos y deficiencias de nutrientes sobre todo a los macroelementos. (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

### **4.2.1. Ley de Liebig**

Agroes.es (2021) afirma que la ley de Liebig explica que los rendimientos esperados están en relación con el nutriente que se encuentra en menor cantidad y también que no es compensado con un exceso por parte de otro nutriente.

Del Rey (2019), menciona Cada elemento en una planta tiene una función específica y es por ello que todos son importantes en su medida y pueden bloquear completamente el correcto crecimiento de una planta, la calidad, la reproducción y los sistemas inmunitarios de las plantas.

**Figura 7. Barril de Liebig**



La figura obtenida de (DEL REY, 2019)

#### **4.2.2. Nitrógeno**

Es un nutriente de suma importancia para las plantas debido a que es uno de los precursores principales de compuestos importantes (como los aminoácidos, las proteínas, las enzimas, las nucleoproteínas, ácidos nucleicos, paredes celulares vegetales y clorofila) (Perdomo y Barbazan, 2001).

(Perdomo y Barbazan, 2001), indican que en la biosfera existen dos fuentes importantes de nitrógeno una es el suelo y otra es la atmosfera, aunque en esta ultima el nitrógeno se encuentra en forma de ion nitrógeno ( $N_2$ ).

#### **4.2.3. Fósforo**

##### **Deficiencia del Fósforo**

Bertsch, (2009), señala que el estado general de retraso en el desarrollo tiende a ocurrir con frecuencia por la deficiencia de fosforo así también el ápice de las hojas se tornan amarillentas conjuntamente con unas ondulaciones características y posteriormente tienden a marchitarse.

Infojardin (2020), mencionó que la deficiencia de fósforo así como del nitrógeno generalmente comienza en las hojas más viejas, en el caso del fosforo las hojas se tornan de color verde oscuro, que luego se vuelven del característico rojizo o morado y luego se secan. Además, se



reduce el número de brotes formando tallos delgados y cortos con menos hojas, menos desarrollo de raíces, menos floración y menos cuajado de frutos.

#### **4.2.4. Potasio**

El potasio se utiliza como precursor de proteínas y carbohidratos, es responsable de la apertura y cierre estomático y también funciona como regulador osmótico. El potasio estimula las actividades enzimáticas como la formación y transporte de azúcares y da resistencia a enfermedades y plagas.

Los principales fertilizantes potasio más utilizadas e importantes son el sulfato de potasio  $K_2SO_4$  que contiene 50% de  $K_2O$  es una sal estabilizada con una baja solubilidad en temperaturas de solución baja y cloruro de Potasio  $KCl$  es 60%  $K_2O$ , fácilmente soluble en agua, con higroscopicidad moderada, este fertilizante se usa más en suelos ácidos.

#### **Funciones del potasio**

El potasio (K) es uno de los elementos más importantes ya que ayuda a mejorar la estructura de las células y también participa en la formación de carbohidratos, respiración, síntesis proteínica, fotosíntesis, la traslocación de nutrientes desde las raíces y garantiza un buen desarrollo radicular. (Fertisquisa, 2007).

#### **Deficiencia del potasio**

Los cultivos que tienen deficiencia de potasio no son eficientes realizando la fotosíntesis además son propensas a las enfermedades y la regulación osmótica es deficiente en comparación con los cultivos que poseen buenas cantidades de potasio (Fertisquisa, 2007).

(ECOFORCE, 2018) Indica que el principal signo de deficiencia de potasio es la quemadura en los bordes de las hojas, incidiendo primero en las hojas adultas. La deficiencia de potasio ralentizará el crecimiento de las plantas, mostrando un desarrollo deficiente de las raíces,

tallos débiles y tumbado de plantas también incidirá en la resistencia de las plantas a enfermedades (Fertisquisa, 2007).

En el cultivo de zanahoria genera pobre desarrollo radicular y la reducción de los rendimientos, así como también desarrollo foliar lento con hojas decaídas y una coloración marrón en los bordes de las hojas.

### **4.3. Manejo del Cultivo**

#### **4.3.1. Preparación del suelo**

El trabajo de preparación del suelo debe incluir un arado o labranza del subsuelo y un rastrillado profundo, debe tener suficiente humedad para lograr una buena característica estructural y así obtener un desarrollo radicular óptimo para el cultivo de zanahoria (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

#### **4.3.2. Levantamiento de camas**

La utilización de camas o camellones beneficia la aireación del suelo, así como también mejora el drenaje del suelo, de modo que las zanahorias puedan crecer por completo, su altura debe ser de al menos 20 cm.

Los beneficios de los camellones también es que el riego se realiza de mejor forma al tener una pendiente no tan pronunciada. Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de levantar el camellón es hacerlo en dirección de las curvas de nivel para no generar erosión de suelos en época de lluvias (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

#### **4.3.3. Siembra**

Se realiza directamente en el surco o en camellones, la medida de semilla recomendada por hectárea es de cuatro a cinco kilos, dependiendo del marco de siembra.

La temperatura del suelo recomendada para la germinación de la semilla es de siete a veintinueve grados °C, comenzando de 7 a 12 días después de la siembra, si las semillas se plantan en hileras, la longitud de plantación no debe exceder los 50 m (INIA, 2009).

La siembra se realiza manualmente, pero puede efectuarse con maquinaria, se realiza un surco de unos pocos centímetros de profundidad, luego se colocan las semillas y finalmente se cubre con un sustrato que no se compacte y que ayude a retener la humedad (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

#### **4.3.4. Densidad de plantación**

Por lo general, se utilizan de 1,0 a 1,2 millones de semillas por hectárea. Depende del ancho del camellón y de la longitud de las filas, se recomienda la cantidad de 30 semillas por metro lineal (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

#### **4.3.5. Cosecha**

Depende de la altitud, variedad y sistema de producción, pero se recomienda entre 90 y 120 días, cuando el diámetro de la raíz es de al menos 1,5 pulgadas y 20 cm de largo, las raíces que no alcanzan el tamaño adecuado se pueden dejar en campo ya que tardará unos días en cosechar, las que ya estén listas se pueden sacar del suelo arrancándolas a mano (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

#### **4.3.6. Post cosecha**

Para que sea comercial, se debe quitar el tallo, teniendo cuidado de no desgarrar la raíz, porque puede ser un medio para que entren bacterias y hongos. Luego de ello se lava y se coloca en la misma bolsa roja en la que se empaca la cebolla (Lardizabal y Theodoracopoulos, 2007).

## **4.4. Fertirrigación**

### **4.4.1. Concepto**

La fertirrigación es un método de aplicación de nutrientes que permite el uso sincrónico de agua y fertilizante a través de un sistema de riego localizado de alta frecuencia. En este caso sería riego por aspersión y riego por goteo (Oltra, 2012).

Kafkafi y tarchitzky (2012) citado en IICA (2016), menciona que el fertirriego es un método agrícola moderno que utiliza el sistema de riego localizado de alta frecuencia para incorporar los fertilizantes al campo de cultivo.

### **4.4.2. Tipos de Fertirrigación.**

Oltra (2012), dice que existen dos tipos de Fertirrigación.

#### **Fertirrigación cuantitativa.**

La propuesta técnica de aplicación de nutrientes se calcula en base a los requerimientos de nutrientes por etapa fenológica. Después de realizado el plan de fertirrigación se introduce las cantidades adecuadas en el sistema de riego para aportar los nutrientes necesarios (Oltra, 2012).

#### **Fertirrigación proporcional.**

Es el modelo más utilizado para cultivos hidropónicos, este método implica inyectar una cierta cantidad de fertilizante en una cierta cantidad de agua (Oltra, 2012).

### **4.4.3. Ventajas de la Fertirrigación.**

- La solución fertirriego queda exactamente ubicado en la zona de influencia radicular.
- La fertirrigación se puede realizar en base a la curva de absorción de nutrientes.
- Cualquier deficiencia nutricional en los cultivos se puede corregir rápidamente.
- Se puede utilizar aguas de pésima calidad ya que al utilizar ácidos se puede

corregir ese tipo de pH.

- Los cultivos dependen en gran medida del sistema de riego, por lo que existe un mayor control sobre los cultivos. Podemos aumentar o disminuir la tasa de crecimiento en función del interés.
- Todo lo anterior conduce a un uso eficiente de los recursos, el uso de estos afecta directamente a la capacidad de producción de los cultivos (Oltra, 2012).

#### **4.4.4. Desventajas de la Fertirrigación**

- Costo inicial de la infraestructura de riego y fertirrigación
- Taponamiento de goteros
- Manejo por personal especializado (Cadahia, 2005).

#### **4.4.5. Equipos de inyección de fertilizantes**

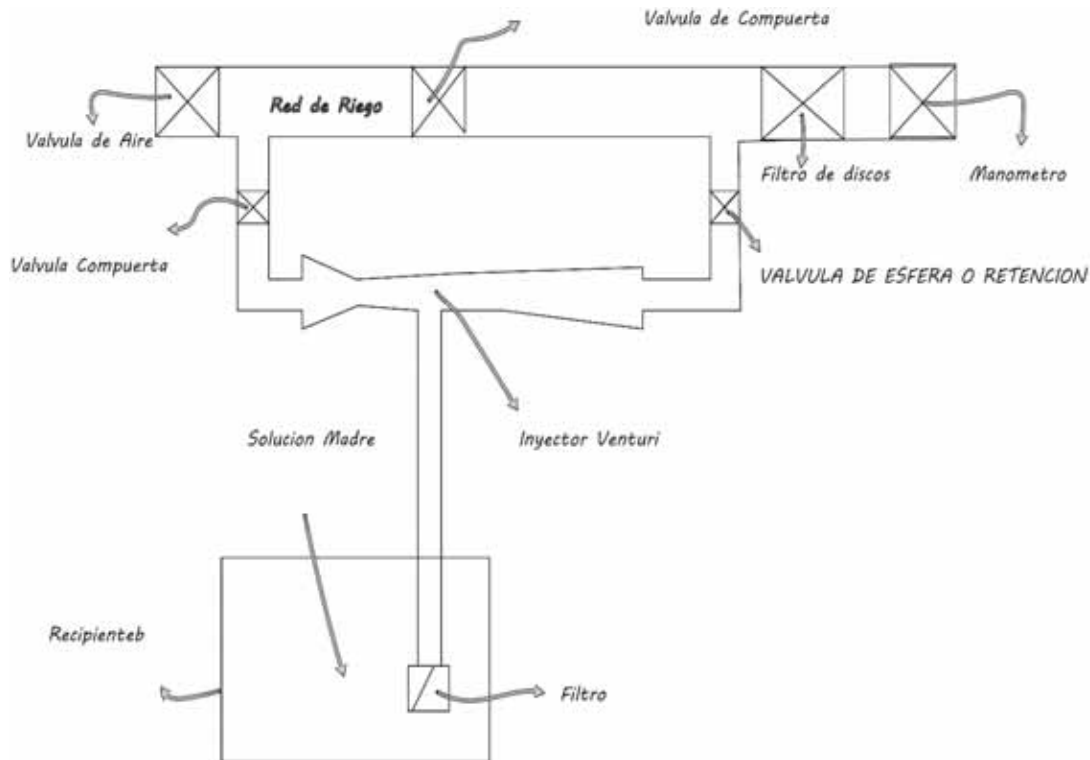
Talens (2009) Muestra que los diferentes usuarios que aparecen en el mercado están categorizados según sus operaciones o el tipo de energía que utiliza La electricidad es la que menor problemas genera, pero la instalación no siempre es factible. Estos suelen dividirse en: tanque de fertilizante, inyector tipo Venturi e inyector hidráulico.

De acuerdo a Cadahia (2005), los métodos actuales utilizados para la aspersión de fertilizantes son: bombas de inyección (hidráulicas y eléctricas), inyector tipo Venturi y tanque de fertilización.

La dosis correcta de fertilización se puede lograr utilizando un equipo Venturi, este equipo consta de tres partes: zona de estrechamiento, garganta y zona de difusión Cadahia (2005).

El diámetro de la garganta es pequeño, por lo que el agua incrementa su velocidad y se genera una presión negativa en la garganta, esa presión negativa generada en la garganta es la que permite que la solución fertirriego fluya entre el depósito de solución madre y la garganta, cuanto mayor es el flujo, menor es la presión en la garganta Cadahia (2005).

**Figura 8.** Diagrama de un Arco de Riego



Elaboración propia

### Inyector Venturi

El Venturi es un tipo de inyector, en forma de "V" conectado a una parte más estrecha, denominada "garganta" ahí es donde se aumentará rápidamente la velocidad del flujo, lo que dará como resultado una presión negativa, que se podrá utilizar para inyectar el líquido de reserva en este momento. (Vargas, 2007)

Este método es muy adecuado para adicionar fertilizantes o productos fitosanitarios en el sistema de riego de alta frecuencia con ayuda del efecto Venturi,

Este método consiste en la inyección de solución fertirriego gracias a una pequeña diferencia de presión entre los extremos de estrechamiento y difusión, aprovechando el vacío que se genera lo cual produce una acción de succión (Hydroenvyroment, 2020).

#### **4.4.6. Fertilizantes usados en Fertirrigación**

IICA (2016) Menciona que los fertilizantes más usados en la fertirrigación son: Nitrato de amonio, urea, ácido nítrico, nitrato de calcio, sulfato de amonio, fosfato monoamónico, ácido fosfórico, fosfato monopotásico, cloruro de potasio, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio y nitrato de magnesio.

IICA (2016) También indica que los criterios para la utilización de fertilizantes son: características físico - químicas del suelo, calidad del agua de riego, disponibilidad en el mercado y el presupuesto que se tiene.

#### **4.4.7. Antecedentes de Fertirrigación en zanahoria**

Salo et al. (2002) Indican que se comparó la fertilización con la aplicación al voleo de fertilizante NPK sólido con repollo, zanahoria y cebolla. En la aplicación al voleo, P y K se administraron como una sola aplicación en primavera y N se dividió de acuerdo con las recomendaciones existentes. En las aplicaciones de fertirrigación, los nutrientes se administraron de acuerdo con la tasa de absorción de nutrientes esperada basada en experimentos finlandeses anteriores. El crecimiento y la absorción de nutrientes se controlaron mediante muestreos mensuales. En 1998, la temporada de cultivo fue extremadamente lluviosa y se esperaba la lixiviación de N de la aplicación al voleo convencional. Sin embargo, la lixiviación pareció no tener impacto en el suelo experimental arenoso, ya que la aplicación al voleo dio como resultado un buen crecimiento de repollo y cebolla. En 1999, las precipitaciones naturales fueron escasas y se aplicó riego de acuerdo con las medidas del tensiómetro. Los tratamientos no afectaron el crecimiento de la zanahoria y la cebolla, pero el crecimiento del repollo y la absorción de nutrientes aún disminuyeron por fertirrigación hacia la mitad del período de crecimiento. En la cosecha, los rendimientos de la col y la absorción de nutrientes fueron similares entre los tratamientos. Rendimientos de repollo promedio de más de 90 t ha en ambos años. En la

cosecha, la absorción total de nutrientes fue N 213-243 kg ha P 36-40 kg ha y K 302-345 kg ha. La zanahoria rindió según los muestreos cercanos a 90 t ha y la absorción de nutrientes en raíces y hojas fue N 180-190 kg ha, P 23-30 kg ha y K 325-444 kg ha. La cebolla rindió 40-50 t ha, con absorciones de 117-166 kg ha N, 18-28 kg ha P y 117-136 kg ha K, la fertirrigación no aumentó la eficiencia del uso de nutrientes en estas condiciones experimentales. El suelo no era propenso a la lixiviación y tenía la humedad adecuada, en la capa de raíces creó buenas condiciones para la asimilación de nutrientes en todo el ciclo productivo del cultivo.

#### **4.5 Riego**

Complementar los cultivos con agua mediante el riego es un factor decisivo en la producción. Sin embargo, no solo la cantidad de agua suministrada determina el rendimiento, sino que también este está determinado por las necesidades fisiológicas del cultivo. Para obtener los máximos beneficios económicos es necesario conocer los requerimientos hídricos de cada estado fenológico de los cultivos, los métodos de riego se dividen en tres tipos: por surcos, por aspersión y localizado. Entre los tres sistemas, el sistema más efectivo es el método de riego localizado porque es el método más eficaz en el uso racional del agua. La experiencia de muchos países del mundo muestra que el método de riego más adecuado para la zanahoria es el riego por goteo (Padilla, 2005).

##### **4.5.1. Riego Localizado**

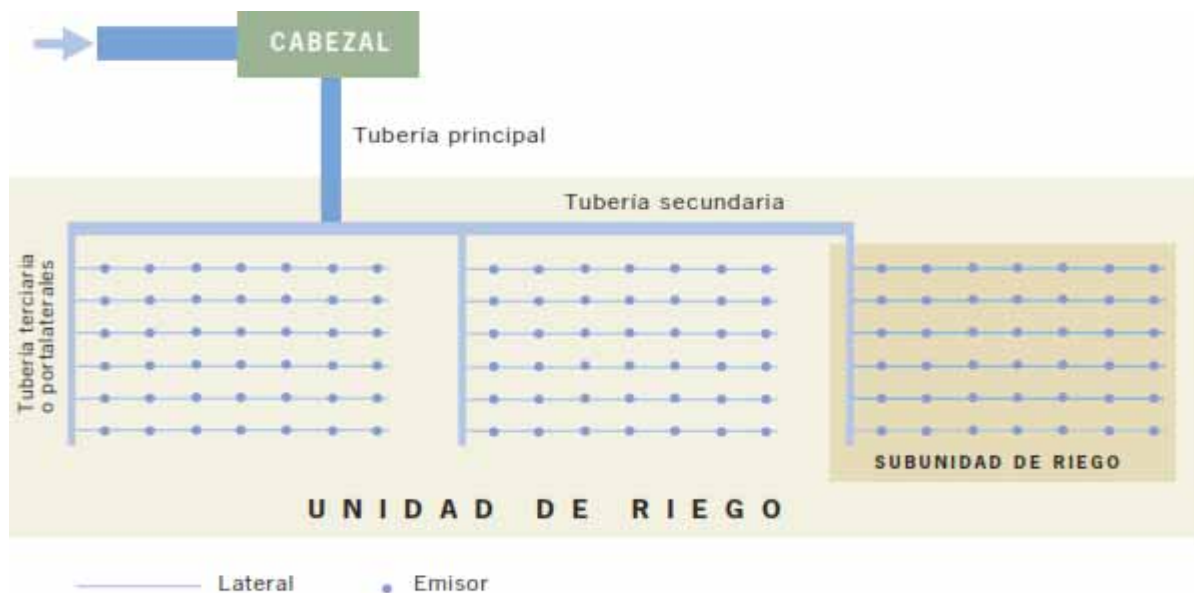
El agua aquí se conduce a través de tuberías desde un depósito o un reservorio de agua hasta el campo de cultivo ahí los emisores liberan el agua gota a gota en el nudo de la planta. El agua ingresa suelo formando el bulbo húmedo, este depende de las características texturales y físicas del suelo, cantidad de agua aplicada y el tiempo de riego para definir su forma. Pizarro (1990) citado por Garrafa (2017).



Talens (2009), indica que cuando se habla de riego localizado, se suele considerar que se refiere al riego por goteo solo porque se utiliza principalmente en este tipo de instalaciones, sin embargo, ahora existe una tecnología de invernadero ubicada en un pequeño contenedor, que también está dentro del concepto de no regar todo el terreno. El riego fijo, es decir, sin agua a presión (no más del 50% de la superficie total) es una tecnología de riego permanente que se puede incluir perfectamente como riego localizado en cultivos permanentes (árboles frutales), donde el agua en lugar de inundar toda la parcela, solo se aplica en el área de influencia de las plantas.

En cultivos que deben ser recolectados con maquinaria especializada, no se permite el riego por goteo superficial, debido a que al culminar su desarrollo productivo (como la caña de azúcar), se deben eliminar estas cintas riego por goteo, en este tipo de casos se utiliza el riego por goteo subterráneo (Talens, 2009).

**Figura 9. Diseño de un Sistema de Riego Localizado**



La figura se obtuvo de manual de riego para agricultores de Fernandez gomez (2010)

### **Ventajas del riego localizado**

- Se puede utilizar en una amplia cantidad de cultivos

- Posee una alta eficacia en el transporte de agua y en la aplicación de riego en el campo de cultivo
- Permite utilizar terrenos con pendientes pronunciadas
- Permite hacer uso eficiente de fuentes de agua con bajos volúmenes de agua.
- Reducción en la mano de obra
- Disminución de fertilizante al no ser lavado por exceso de agua
- Disminución de la erosión del suelo. (Talens, 2009)

### **Desventajas del riego localizado**

La principal desventaja del riego localizado se debe a la pequeña superficie de muchos huertos, es decir las pequeñas parcelas y su separación. Esto se debe a que se pueden regar grandes superficies al mismo tiempo utilizando esta tecnología sin riesgo de arrastre, porque no existe el riego por inundación. Los materiales para regar una granja de diez hectáreas son casi los mismos que los de otra granja de cinco hectáreas. Es interesante utilizar la vieja comunidad de regantes tradicionales para implementar nuevas tecnologías, pero a veces el propio líder es el menos dispuesto a cambiar e innovar, volviéndose contemplativo. El nuevo sistema de riego necesita estar preparado con anticipación ya que necesita una nivelación perfecta, porque el riego por goteo nos trae más ventajas. (Talens, 2009)

- La obstrucción de los emisores por uso de fuentes de agua de pésima calidad.
- La obstrucción los goteros es difícil de apreciar desde lejos lo que produce un crecimiento des uniforme del cultivo.
- Contaminación plástica que instalar un sistema de riego confiere (Hayashi, 2014)

### **4.5.2. Elementos de un sistema de riego**

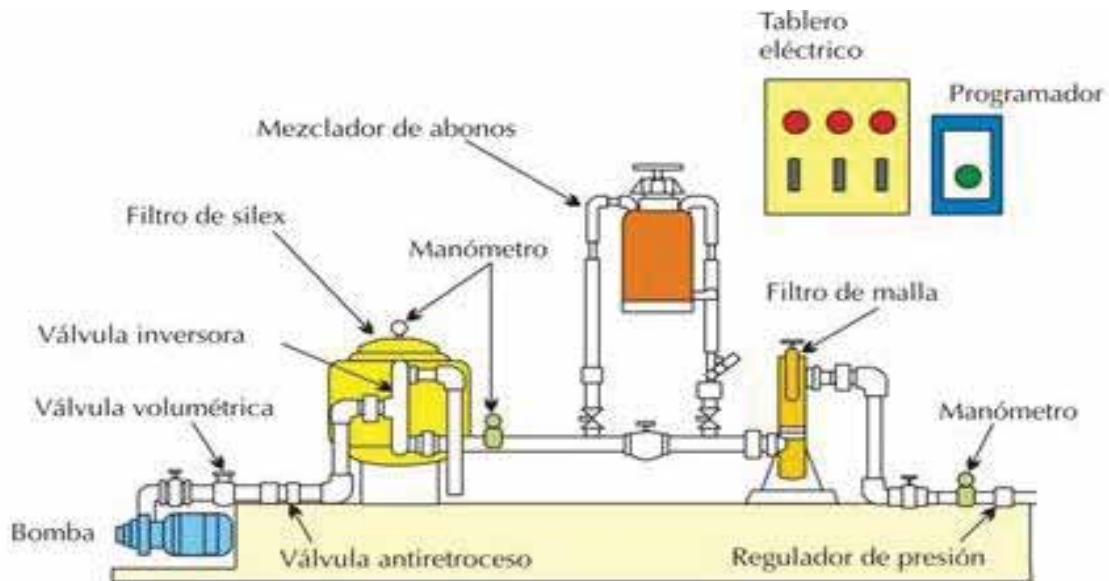
El riego localizado por aspersion consta de una estación de bombeo, hidrantes, red de tuberías principales y secundarias, laterales de riego, elevadores y aspersores.

El sistema de riego debe al menos tener los siguientes elementos:

- Cabezal de riego
- Filtros de agua
- Equipos de medición y control
- Líneas de distribución

## Cabezal de riego

**Figura 10.** Cabezal de riego



*Ilustración obtenida de componentes de un cabezal de riego presurizado Villablanca f. y Villavicencio p. (2010)*

El cabezal de riego es la parte de la instalación más cara por llevar más puntos especiales, y por ello se recomienda que lo instale el personal especializado (Talens, 2009).

También se diría que un cabezal de riego es un ambiente donde se ubican diferentes tipos de equipos con diferentes fines como puede ser el medir el agua, combinar fertilizantes, filtrar, regular la presión y realizar los procedimientos de riego establecidos (Cadahia, 2005).

## Filtros de agua

Es uno de los elementos presentes en el cabezal de riego, es el que se encarga de filtrar los elementos que pudieran ser perjudiciales para nuestro sistema de riego de alta frecuencia. (Cadahia, 2005).

La filtración es la actividad más importante del sistema de riego este debe de ser lo más exacto posible ya que este es el corazón del sistema de riego localizado de alta frecuencia, cuando el volumen de agua de riego a filtrar es mayor se colocará dos filtros en paralelo (Talens, 2009).

Filtros de grava o arena de cuarzo. – Su instalación es necesaria cuando el agua es derivada de algún riachuelo, ya que sirve para retener materia orgánica en suspensión. En esencia consta de un depósito de plástico, o de acero inoxidable, lleno de arena o grava fina dentro de una malla que retiene las partículas en suspensión (Talens, 2009).

**Figura 11.** Filtro de Grava o Arena



*La figura se obtuvo de manual de riego para agricultores de Fernandez (2010).*

Filtro de anillos. – El filtro consta de anillos o discos con pequeñas ranuras, estas montadas sobre un eje, todos estos debidamente cubiertos con una envoltura de plástico. Cuando se aprieta la envoltura, el disco se comprimirá, se recomienda no ajustar demasiado para que esta no reviente en caso de sobrepresión. El grado de filtrado se reconocerá por los diferentes colores (Talens, 2009).

**Figura 12. Filtro de Discos**



figura obtenida de la página web Agroriego moche verde (2021)

**Cuadro 2. Compatibilidad entre Fertilizantes Solubles**

<b>Nitrato de amonio</b>											
E	<b>Nitrato de calcio</b>										
I	I	<b>Amoniaco anhidrido</b>									
E	I	L	<b>Sulfato de magnesio</b>								
I	E	L	E	<b>Urea</b>							
C	I	L	E	E	<b>Sulfato de amonio</b>						
C	I	I	E	L	C	<b>Fosfato monoamónico</b>					
C	I	I	E	L	C	L	<b>Fosfato diamónico</b>				
C	I	I	E	L	C	C	C	<b>Fosfato monopótasico</b>			
C	I	I	E	L	C	C	C	C	<b>Nitrato de potasio</b>		
C	I	I	E	L	C	C	C	C	C	<b>Sulfato de potasio</b>	
E	L	I	E	L	L	L	L	L	L	L	<b>(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>Mg</b>

E = compatible, I= incompatible, L= compatibilidad limitada C= 100% compatible, Cuadro obtenido de Rodríguez (2004) citado por Correa (2004)

Filtros de malla. – Estos filtros actúan sobre partículas sólidas ayuda a filtrar fertilizantes precipitados por lo cual se recomienda instalarlo después del inyector de fertilizantes.

(Cadahia, 2005)

### Equipos de medición y control

Entre estos tenemos:

- Manómetros: Fernandez (2010), Indica que son equipos que se utilizan para medir la presión del sistema de riego por lo general se pueden ubicar después del sistema de

filtrado y antes de la parcela. con este instrumento se puede saber si e tiene alguna rotura o se está teniendo grandes pérdidas de carga.

- Válvulas de control de flujo: Fernandez (2010), menciona que son instrumentos que ayudan a regular el flujo y la dirección del agua entre los más importantes tenemos: válvula tipo compuerta, válvula tipo bola, válvula tipo mariposa, electro válvula y válvula hidráulica.
- Válvulas reguladoras de presión: Fernandez (2010), detalla que son equipos que ayudan a mantener y reducir la presión en un punto determinado del sistema de riego localizado.
- Válvula de aire o de ventosa: Fernandez (2010), menciona que es la encargada de permitir un ajuste adecuado del contenido de aire en el sistema.

Esta está encargada de regular la cantidad de burbujas de aire que se encuentran en el sistema y que son causadas por la entrada repentina de agua en la tubería, lo que puede causar una pérdida de presión severa o sobrepresión, y esta eventualmente conducir a la ruptura de la tubería.

### **Líneas de distribución**

Las líneas de distribución son un conjunto de tuberías tendidas que ayudan a transportar el agua desde un punto de captación hacia el cabezal de riego o hidrante.

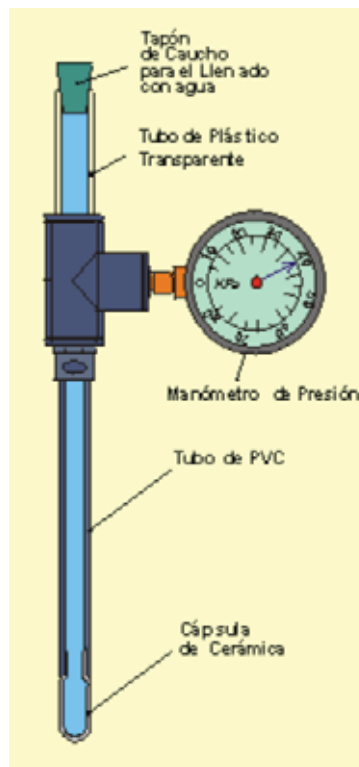
- Material: hay diferentes tipos de materiales, estos para cada tipo de uso que se le pueda dar, las dimensiones están de acuerdo al diseño hidráulico que se realice anteriormente.
- Presión de trabajo: un valor de presión al que la tubería pueda trabajar sin inconvenientes.
- Diámetro: Es el segmento recto que atraviesa la circunferencia de la tubería por lo general se usa para determinar cuánto de volumen de agua atravesara esa tubería. Bustamante g. et al. (1996) citado por (Garrafa, 2017).

## El tensiómetro

Baca, et al. (2010), Mencionan que es un instrumento que ayuda a calcular el esfuerzo de las raíces para extraer agua del suelo, en otras palabras, el tensiómetro funciona como una raíz artificial que te indica el esfuerzo que está realizando para extraer agua del suelo

Este es un tubo sellado herméticamente equipado con una punta de cerámica y un manómetro parecido a un reloj.

**Figura 13.** Partes de un Tensiómetro



*Ilustración utilizada a partir de manejo de riego con tensiómetros de Calderon (2001).*

## Operación de un sistema de riego

Liotta (2015), Indica que el riego localizado es un método de riego donde el recurso hídrico es transportado y distribuido a través de conductos cerrados que requieren presión para su funcionamiento, este tipo de riego se denomina riego localizado, porque los emisores están cerca

de las raíces también se denomina de alta frecuencia, debido a que el agua se puede aplicar en días alternos o todos los días.

También se tiene la opinión de Tenorio et al. (2014), quienes dicen que es importante tomar en cuenta que aplicar el riego sin cálculos previos es perjudicial para el cultivo y el suelo por lo que el manejo de este debe de hacerlo una persona con el suficiente conocimiento de las necesidades de los cultivos a trabajar, también menciona que antes de cada riego es importante comprobar el correcto funcionamiento del equipo de riego.

La operación del riego conlleva el uso adecuado de todos los instrumentos y equipos que son parte del sistema de riego con el propósito de satisfacer oportunamente las necesidades hídricas del cultivo (Hernandez, 2019).

#### **4.5.3. Requerimiento hídrico en zanahoria**

Quezada et al., (2011), indican que este estudio tuvo como objetivo determinar tanto los requerimientos hídricos, así como la eficacia en el aprovechamiento del recurso hídrico (WUE) y el efecto en los parámetros de rendimiento y calidad en zanahorias (*Daucus carota* L.) durante la temporada de cultivo 2006-2007 en Chilian, Chile (36 ° 35 '43.2 " S, 72 ° 04 '39 "W, 140 m de altitud). Los tratamientos de agua aplicados fueron 25, 50, 75, 100 y 125% de evaporación en bandeja en un suelo Haploxerand bajo riego por goteo.

Se llegó a la conclusión de que el mejor rendimiento del cultivo se obtuvo con un tratamiento con 100%. Sin embargo, el WUE más alto se encontró en el 75% este tratamiento es equivalente a la aplicación de 3864 m<sup>3</sup>/ha, que es el nivel de aplicación de agua recomendado en la programación de riego (Quezada et al, 2011).

Los requerimientos de agua oscilan entre 6000 y 9000 m<sup>3</sup>/ha con una evaporación promedio del tranque de seis a siete milímetros día esto considerando la época de siembra del cultivo, que por lo general dura entre 100 y 140 días (Quezada et al, 2011).



## 4.6. Diseño Agronómico

### 4.6.1. Coeficiente del cultivo

es el coeficiente de uso y aprovechamiento hídrico del cultivo durante sus etapas de desarrollo, considerando que en cada etapa de desarrollo el cultivo tiene diferentes necesidades hídricas. Se puede hallar mediante la siguiente ecuación

$$ETC = ETo \cdot Kc \quad \text{Donde:}$$

ETC = evapotranspiración real del cultivo, expresado (mm/día)

ETo = evapotranspiración potencial (mm/día)

Kc = coeficiente del cultivo (FAO, 2006)

### 4.6.2 Dosis de riego

Es el volumen de agua máximo que puede ser aplicado en un determinado suelo considerando la capacidad de retención hídrica del suelo. Olarte (1987) Citado por (Garrafa, 2017).

### 4.6.3. Lamina neta

Es la lámina de agua que se aplicara a un determinado suelo considerando las características físicas del suelo como capacidad del campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente y profundidad radicular, se puede hallar mediante la

siguiente ecuación:

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z \quad \text{donde:}$$

Ln = lamina neta

CC = capacidad de campo

PMP = punto de marchitez permanente.

Da = densidad aparente del suelo

Z = profundidad radicular Pizarro (1990) citado por (Garrafa, 2017)

#### 4.6.4. Lamina bruta

Es la relación entre la lámina neta y la eficiencia de aplicación de nuestro sistema de riego, se puede calcular mediante la siguiente ecuación.  $Lb = Ln \times Ef.$

Donde:

Lb = lamina bruta.

Ln = lamina neta.

Ef. = eficiencia de riego. (Rिकासca , 2000)

#### 4.6.5 Volumen de riego

Es la relación entre la lámina bruta y la cantidad de riegos que serán necesarios a aplicar:

$$Vr = Lb \times Nr \quad \text{Donde:}$$

Vr = volumen de riego (m<sup>3</sup>/ha)

Lb = dosis bruta de riego. (m<sup>3</sup>/ha)

Nr = número de riegos. Olarte (1987) citado por (Garrafa, 2017)

**Tabla 1** Valores Recomendados de Coeficiente de Uniformidad

EMISORES		PENDIENTE (i)	CU	
			Clima árido	Clima Húmedo
espacio emisor	entre	Uniforme < 2%	0.9	0.80 – 0.85
> 4m.			0.95	
		Uniforme ondulado u >2%	0.85	0.75 – 0.80
		Uniforme < 2%	0.9	
espacio emisor	entre		0.9	
< 2.5 m.		Uniforme ondulado o > 2%	0.8	0.70 – 0.80
			0.9	

Cuadro obtenido a partir de Pizarro (1990) citado en Garrafa (2017).

#### 4.6.6. Agua disponible

Se refiere al volumen de agua que el suelo tiene la posibilidad de almacenar y que esté disponible para las plantas, después de fuertes lluvias o irrigación el suelo queda completamente saturado luego de esto el suelo empezara a perder agua hasta que alcance su máxima capacidad de retención de agua. Cisneros A.R, (2003) citado por (Garrafa, 2017)

#### 4.6.7. Fracción de agotamiento o secamiento

Se indica que es la fracción de agua que el suelo puede perder sin afectar el rendimiento de los cultivos presentes en un área de cultivo determinado (Baca et al, 2010).

**Cuadro 3.** Profundidad Radicular y Factor de Secamiento de la Zanahoria

Cultivo	Profundidad radicular máxima <sup>1</sup> (m)	Fracción de agotamiento <sup>2</sup> (para ET = 5 mm día <sup>-1</sup> ) p
<b>a. Hortalizas Pequeñas</b>		
Brócoli	0,4-0,6	0,45
Col de Bruselas	0,4-0,6	0,45
Repollo	0,5-0,8	0,45
Zanahorias	0,5-1,0	0,35
Coliflor	0,4-0,7	0,45
Apio (Céleri)	0,3-0,5	0,20
Ajo	0,3-0,5	0,30

*Cuadro obtenido del boletín 56 por (FAO, 2006)*

#### 4.6.8. Eficiencia de riego

La eficiencia del riego se refiere a la cantidad de agua utilizada por los cultivos que permanece en el suelo después del riego este en relación con la cantidad total de agua utilizada. Suele medirse como porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros de agua utilizados. La eficiencia depende en gran medida del método de riego utilizado, los valores se enumeran en la siguiente tabla:

**Tabla 2. Eficiencia de los Métodos de Riego**

<b>Método de riego</b>	<b>Eficiencia de aplicación</b>
riego libre	20 % – 30%
riego por gravedad	40 % – 70%
riego por mangas	50 % – 60%
riego por aspersión	65 % – 80%
riego por goteo	90 % – 95%

*Tabla obtenida de Cisneros (2003).*

#### **4.6.9. Evapotranspiración**

##### **Evaporación**

La evaporación es el proceso por el cual el agua líquida se convierte en agua de vapor y se pierde del suelo, en otras palabras, para que se produzca el proceso de vaporización se requiere energía y temperatura del aire, la misma que es proporcionada por el sol (FAO, 2006)

##### **Transpiración**

La transpiración es un fenómeno físico biológico por el cual las plantas pierden el agua, esto en un proceso de regulación de temperatura que se da dentro de las células. También se puede interpretar como un tipo de réplica a la demanda de humedad de la atmósfera este fenómeno se da parte a través de las estomas (Castañón, 2000).

##### **Evapotranspiración del cultivo**

La evapotranspiración (ET) es una combinación de dos procesos separados, a través de la evaporación y por otro lado la transpiración, al momento de la siembra el 100% de la pérdida de agua se da en forma de evaporación en cambio cuando el follaje está crecido casi el 100 % de pérdida de agua se da en forma de transpiración (FAO, 2006).

## **Evapotranspiración de referencia**

La definición de ETo es la tasa de evapotranspiración de un cultivo referencial en buenas condiciones y sin sufrir de estrés hídrico. Este valor se calcula con los factores medioambientales con la fórmula de Penman monteith (FAO, 2006).

### **4.6.10. Balance Hídrico**

Es de gran utilidad en varios aspectos de la investigación, Por ejemplo, el conocimiento del requerimiento hídrico es necesario para comprender la factibilidad de la irrigación, ya que nos da información sobre el volumen total de agua necesaria en cualquier época del año. En la ecuación de balance hídrico se comprenden el ingreso como precipitación en forma de lluvia y las aguas superficiales recibidas dentro de la cuenca en forma de escorrentía y las salidas comprenden las pérdidas de agua en forma de lixiviación, percolación, escorrentía superficial y subterránea, evaporación y transpiración (Minem, 2008).

## **4.7. Zanahoria en el Perú**

### **4.7.1. Zonas Productoras de zanahoria en el país**

La principal zona productora de zanahoria en el país es el departamento de Lima con un área cultivada de 296 ha, con un rendimiento total de  $6545 \text{ tn/Año}$  y un rendimiento por hectárea promedio de  $22.1 \text{ tn/ha}$  (Sinfuentes et al., 2018).

### **4.7.2. Rendimiento promedio de zanahoria en la región**

Sinfuentes et al., (2018), menciona que Cusco es la quinta zona productora de zanahoria en el país con una extensión cultivada de 27 ha y una producción de  $377 \text{ tn/Año}$  y un rendimiento por hectárea promedio de  $14 \text{ tn/ha}$ .

Leon, (2021) Se estima que se cosecharon 7.617 hectáreas de zanahorias en el 2020, lo que resultó en 192,126. toneladas de producción con un rendimiento promedio por hectárea de 25,2

toneladas, Comparando este valor con el precio agrícola nacional, el cual aumentó en un 46 % de S/ 0,43 por kilogramo en 2002 a S/ 0,63 en 2020.

#### **4.7.3. Zonas productoras de zanahoria en el país**

En el Perú se tiene una producción promedio de 2521 toneladas y un área cultivada de 26568 hectáreas donde se tiene un incremento del 4 % de las áreas productoras, también menciona que el precio de la zanahoria en chacra va en aumento de 0.20 soles a 0.50 soles el kilo de zanahoria (Cosme , 2010)

## V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

### 5.1. Aspectos Generales

#### 5.1.1. Ubicación

##### a) Ubicación espacial

La investigación se realizó en las instalaciones del potrero C-2 de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

##### b) Ubicación política

Región : Cusco  
Provincia : Cusco  
Distrito : San Jerónimo  
Localidad : Centro Agronómico K'ayra

##### c) Ubicación geográfica

Altitud : 3219 m.  
Este : 19L 188855.88  
Norte : 19L 8499395.56

##### d) Ubicación hidrográfica

Cuenca : Vilcanota  
Subcuenca : Huatanay  
Microcuenca : Huanacaure

##### e) Ubicación ecológica

La zona de vida se realizó en base al promedio de temperaturas de 10 años y precipitación anual de 660 mm, este está considerado como Bosque Húmedo Montano sub tropical (bh-MS).

## 5.2. Materiales

### 5.2.1. Material Vegetativo

En la ejecución del trabajo de tesis se usó como material vegetativo la semilla de zanahoria variedad Royal Chantenay (*Daucus carota* L. Var. *Royal Chantenay* ).

Pureza	99%
Porcentaje de germinación	89%
Viabilidad	90%

### 5.2.2. Materia orgánica

La materia orgánica para la elaboración de las camas fue estiércol descompuesto de vacuno. Se aplicaron en campo 40 kg por cama

**Fotografía 1.** Obtención de Materia Orgánica





### 5.2.3. Equipos y Materiales de Gabinete y Campo

**Cuadro 4. Materiales, Equipos e Instrumentos**

DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
<b>MATERIALES DE CAMPO</b>		
Estacas 0.10m x 0.10m x 1.50 m	6	und
Sacos de 50kg	8	und
Filtro de discos ¾ "120 mesh	3	und
Cinta para riego por goteo 1L/h	100	m
Manguera para riego ¾	100	m
Llaves de paso de ¾	8	und
Unión universal de ¾	1	und
Cinta teflón	5	und
Pegamento para PVC.	1	und
Baldes de 10L	4	und
Clavos de 4"	1	kg
Conexión dentada de rosca a manguera	12	und
Codos unión presión rosca	6	und
Tee dentado de ¾	4	und
Tapones para cinta de goteo	16	und
Válvula de aire ¾ "	1	und
Manómetro 0 a 6 bar ¼ "	2	und
Válvula reductora de presión a 1 BAR	1	und
Depósito de agua fibra de vidrio de 600 L	1	und
Electrobomba de 1.5 hp	1	und
<b>INSUMOS</b>		
Sulfato de potasio (fitosan) 50% K <sub>2</sub> O 18% S	25	kg
Nitrato de amonio (ferrisa) 33% N	50	kg
Ácido fosfórico grado técnico 61% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3	L
<b>INSTRUMENTOS</b>		
Peachimetro	1	und
Tensiómetro 30 cm	4	und
Balanza de precisión.	1	und
Termómetro de ambiente.	1	und
Inyector Venturi 1/2 "	1	und
Sacabocado	1	und
<b>HERRAMIENTAS</b>		
Tijera	1	und
Alicate.	1	und
Martillo.	1	und

Pala.	1	und
Pico.	1	und
Cinta métrica 5 m	1	und
Wincha de 50 m	1	und
Lampa	1	und
Navaja	1	und
<b>EQUIPOS DE GABINETE</b>		
Calculadora.	1	und
Lapiceros	3	und
USB 16 Gb	1	und
Laptop	1	und
Impresora.	1	und

*Elaboración propia*

### **5.3. Métodos**

Durante el desarrollo del trabajo, se determinó tres niveles de fertirrigación potásica en los cuales se evaluó el rendimiento por unidad experimental, el peso, longitud y diámetro de las raíces, por lo cual hacen que el presente trabajo de investigación sea del tipo **evaluativa experimental**

#### **5.3.1. Cálculos de Fertirrigación**

##### **Cálculos de nutrientes a requerir considerando análisis de suelos**

La determinación de los niveles de N, P, K a aplicar se basaron a los análisis de suelos realizados, donde se realizara una sustracción de los nutrientes que el suelo posee y tiene la capacidad de aportar, para así obtener un nuevo nivel de fertirrigación con el cual se propondrá el plan de fertirrigación para el cultivo de zanahoria.

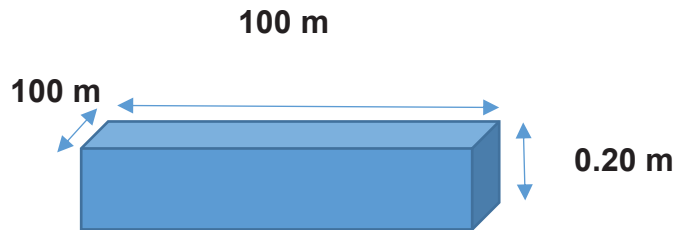
Para realizar este análisis fue necesario obtener datos del análisis de suelos que se realizaron en el laboratorio de suelos de la Ciudad universitaria de Perayoc.

## Cálculos de nutrientes del suelo

### DATOS

- Nitrógeno : 0.20%
- Fosforo : 10.60 ppm
- Potasio : 88.20 ppm
- Densidad Aparente :  $1.58 \text{ tn}/\text{m}^3$
- Capa Arable : 0.20 m
- CRU Nitrógeno : porcentaje de mineralización (2%)
- CRU Fosforo : porcentaje de mineralización (10%)
- CRU Potasio : porcentaje de mineralización (20%)

### CALCULO DEL VOLUMEN DEL SUELO



### Calculamos Volumen del Suelo

$$V_s = 100\text{m} \times 100\text{m} \times 0.20\text{m}$$

$$V_s = 2000\text{m}^3$$

### Calculamos la Masa del Suelo

$$MS = V_s \times Da$$

$$MS = 2000\text{m}^3/\text{ha} \times 1.58 \text{ tn}/\text{m}^3$$

$$MS = 3160 \text{ tn}/\text{ha}$$

Hallamos el contenido de nitrógeno asimilable en el suelo

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg Suelo} & \longrightarrow & 0.20 \text{ Kg Nitrógeno} \\ 3160000 \text{ kg Suelo} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{3160000 \text{ Kg Suelo} \times 0.20 \text{ Kg N}}{100 \text{ Kg Suelo}}$$

$$X = \frac{632000 \text{ Kg N}}{100}$$

$$X = 6320 \text{ Kg N}$$

- Porcentaje de mineralización de nitrógeno (2%)

6320 kg N	—————→	100%
X	—————→	2%

$$X = \frac{2 * 6320 \text{ Kg N}}{100}$$

$$X = \frac{12640 \text{ Kg N}}{100}$$

$$X = 126.40 \text{ Kg N}$$

- Nitrógeno asimilable (40%)

126.4 Kg N	—————→	100%
X	—————→	40%

$$X = \frac{126.40 \text{ Kg N} \times 40 \%}{100 \%}$$

$$X = \frac{5056 \text{ Kg N}}{100}$$

$$X = 50.56 \text{ Kg N}$$

Hallamos el contenido de fosforo en el suelo

<i>1000000 kg Suelo</i>	—————→	<i>10.60 Kg P</i>
<i>3160000 kg Suelo</i>	—————→	<i>X</i>

<i>3160000 kg Suelo</i>	—————→	<i>X</i>
-------------------------	--------	----------

$$X = \frac{3160000 \text{ Kg Suelo} \times 10.60 \text{ Kg P}}{1000000 \text{ Kg Suelo}}$$

$$X = \frac{33496000 \text{ Kg N}}{1000000}$$

$$X = 33.50 \text{ Kg P}$$

- Porcentaje de mineralización del fosforo (10%)

<i>33.50 Kg P</i>	—————→	<i>100 %</i>
-------------------	--------	--------------

$$X \longrightarrow 10 \%$$

$$X = \frac{33.50 \text{ Kg P} \times 10 \%}{100 \%}$$

$$X = \frac{335 \text{ Kg P}}{100}$$

$$X = 3.35 \text{ Kg P205}$$

Hallamos el contenido de potasio en el suelo

$$1000000 \text{ kg Suelo} \longrightarrow 88.20 \text{ Kg K}$$

$$3160000 \text{ kg Suelo} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{3160000 \text{ Kg Suelo} \times 88.20 \text{ Kg K}}{1000000 \text{ Kg Suelo}}$$

$$X = \frac{278712000 \text{ Kg K}}{1000000}$$

$$X = 278.71 \text{ Kg K}$$

- Porcentaje de mineralización del potasio (20%)

$$278.71 \text{ Kg P} \longrightarrow 100 \%$$

$$X \longrightarrow 20 \%$$

$$X = \frac{278.71 \text{ Kg K} \times 20 \%}{100 \%}$$

$$X = \frac{5774.24 \text{ Kg K}}{100}$$

$$X = 55.74 \text{ Kg K}$$

**Tabla 3.** Nuevos Niveles de Nutrientes

NUTRIENTE	NITROGENO <sup>Kg/ha</sup>	FOSFORO <sup>Kg/ha</sup>	POTASIO		
			BAJO <sup>Kg/ha</sup>	MEDIO <sup>Kg/ha</sup>	ALTO <sup>Kg/ha</sup>
NIVEL	200	85	300	350	400
SUELO	50.56	3.35	55.74	55.74	55.74
NUEVO NIVEL	149.44	81.65	244.26	294.26	344.26

Balance para los nuevos niveles de nutrientes que se aplicaran en el fertirriego considerando el contenido de nutrientes

en el suelo. Elaboración propia.

- Realizamos el cálculo de fertilizantes a requerir
- Realizamos el cálculo de fertilizante nitrogenado a requerir

$100 \text{ kg Nitrato de Amonio}$        $\longrightarrow$        $33 \text{ Kg Nitrógeno}$   
 $X$        $\longrightarrow$        $149.44 \text{ Kg Nitrógeno}$

$$\chi = \frac{149.44 \text{ Kg Nitrogeno} \times 100 \text{ Kg Nitrato de Amonio}}{33 \text{ Kg Nitrogeno}}$$

$$\chi = \frac{14944 \text{ Kg Nitrato de Amonio}}{33}$$

$$\mathbf{X = 452.84 \text{ Kg Nitrato de Amonio}}$$

$10000 \text{ m}^2$        $\longrightarrow$        $452.84 \text{ Kg Nitrato de Amonio}$   
 $28.8 \text{ m}^2$        $\longrightarrow$        $X$

$$\chi = \frac{28.8 \text{ m}^2 \times 452.84 \text{ Kg Nitrato de Amonio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$\chi = \frac{13041.79 \text{ Kg Nitrato de Amonio}}{10000}$$

$$\mathbf{X = 1.304 \text{ Kg Nitrato de Amonio}}$$

**Realizamos el cálculo de fertilizante fosforado a requerir**

$100 \text{ kg Ácido fosfórico}$        $\longrightarrow$        $61 \text{ Kg Oxido fosfórico}$   
 $X$        $\longrightarrow$        $81.65 \text{ Kg Oxido fosfórico}$

$$\chi = \frac{81.65 \text{ Kg oxido fosforico} \times 100 \text{ kg acido fosforico}}{61 \text{ Kg oxido fosforico}}$$

$$\chi = \frac{8165 \text{ Kg acido fosforico}}{61}$$

$$\mathbf{X = 133.85 \text{ Kg acido fosforico}}$$

$10000\text{m}^2$        $\longrightarrow$        $133.85\text{Kg ácido fosfórico}$   
 $28.8\text{m}^2$        $\longrightarrow$        $X$

$$\chi = \frac{28.8\text{ m}^2 \times 133.85\text{ Kg ácido fosfórico}}{10000\text{ m}^2}$$

$$\chi = \frac{3854.88\text{ Kg ácido fosfórico}}{10000}$$

**$X = 0.3854\text{ kg ácido fosfórico}$**

**Realizamos el cálculo de fertilizante potásico a requerir**

**Para el nivel bajo**

$100\text{ kg Sulfato de potasio}$        $\longrightarrow$        $50\text{ Kg Oxido de potasio}$   
 $X$        $\longrightarrow$        $244.26\text{ Kg Oxido de potasio}$

$$\chi = \frac{244.26\text{ Kg oxido de potasio} \times 100\text{ Kg sulfato de potasio}}{50\text{ Kg oxido de potasio}}$$

$$\chi = \frac{24426\text{ kg sulfato de potasio}}{50}$$

**$X = 488.52\text{ Kg sulfato de potasio}$**

$10000\text{m}^2$        $\longleftarrow$        $488.52\text{ Kg Sulfato de Potasio}$   
 $7.2\text{m}^2$        $\longleftarrow$        $X$

$$\chi = \frac{7.2\text{ m}^2 \times 488.52\text{ kg sulfato de potasio}}{10000\text{ m}^2}$$

$$\chi = \frac{3517.34\text{ kg sulfato de potasio}}{10000}$$

**$X = 0.352\text{ kg Sulfato de Potasio}$**

**Para el nivel medio**

$100\text{ kg Sulfato de potasio}$        $\longrightarrow$        $50\text{ Kg Oxido de potasio}$   
 $X$        $\longrightarrow$        $294.26\text{ Kg Oxido de potasio}$

$$\chi = \frac{294.26\text{ Kg oxido de potasio} \times 100\text{ Kg sulfato de potasio}}{50\text{ Kg oxido de potasio}}$$

$$\chi = \frac{29426\text{ kg sulfato de potasio}}{50}$$

**$X = 588.52\text{ Kg sulfato de potasio}$**

10000 m<sup>2</sup> → 588.52 Kg Sulfato de Potasio

7.2 m<sup>2</sup> → X

$$X = \frac{7.2 \text{ m}^2 \times 588.52 \text{ kg sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = \frac{4237.344 \text{ kg sulfato de potasio}}{10000}$$

**X = 0.424 kg Sulfato de Potasio**

**Para el nivel alto**

100 kg Sulfato de potasio → 50 Kg Oxido de potasio

X → 344.26 Kg Oxido de potasio

$$X = \frac{344.26 \text{ Kg oxido de potasio} \times 100 \text{ Kg sulfato de potasio}}{50 \text{ Kg oxido de potasio}}$$

$$X = \frac{34426 \text{ kg sulfato de potasio}}{50}$$

**X = 688.52 Kg sulfato de potasio**

10000 m<sup>2</sup> → 688.52 Kg Sulfato de Potasio

7.2 m<sup>2</sup> → X

$$X = \frac{7.2 \text{ m}^2 \times 688.52 \text{ kg sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = \frac{4957.34 \text{ kg sulfato de potasio}}{10000}$$

**X = 0.495 kg Sulfato de Potasio**

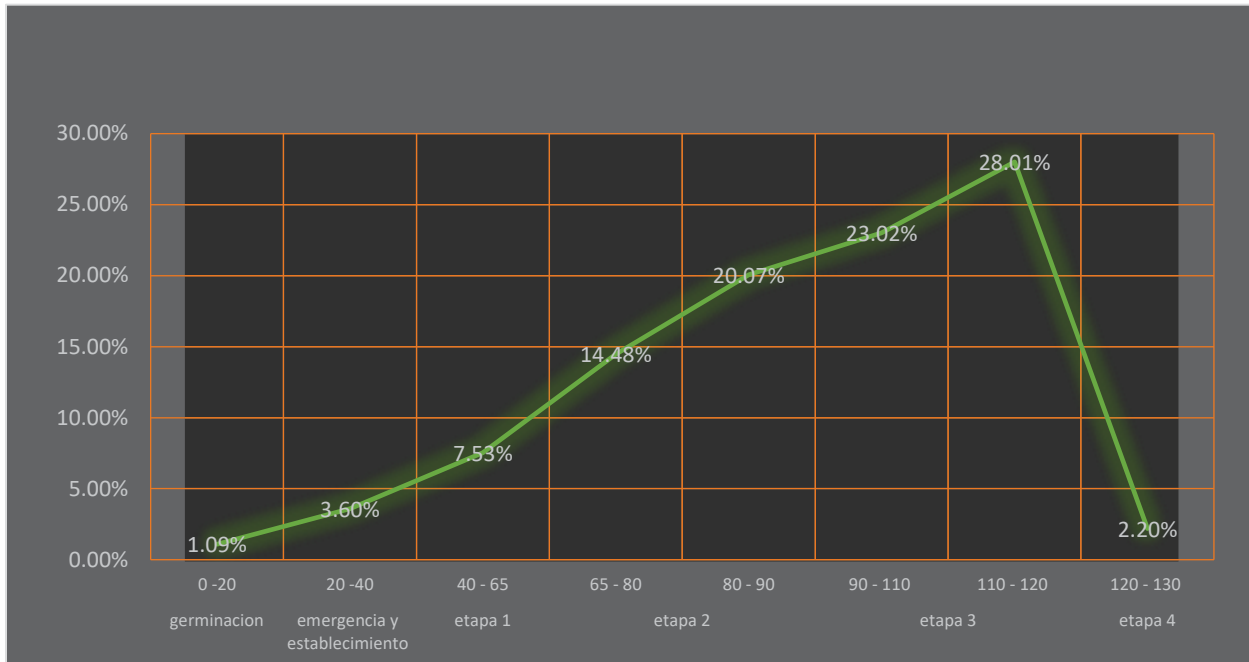
### 5.3.2. Cálculos de dosificación de fertilizantes

La necesidad nutricional de un cultivo varía en función al análisis de suelos, ya que no todos los suelos poseen las mismas características nutricionales, así como fisicoquímicas. En el presente trabajo se propusieron tres niveles de fertilización, los cuales se dosificaron considerando las fases de desarrollo del cultivo y entendiendo que las plantas tienen diferentes requerimientos nutricionales en cada etapa fenológica.



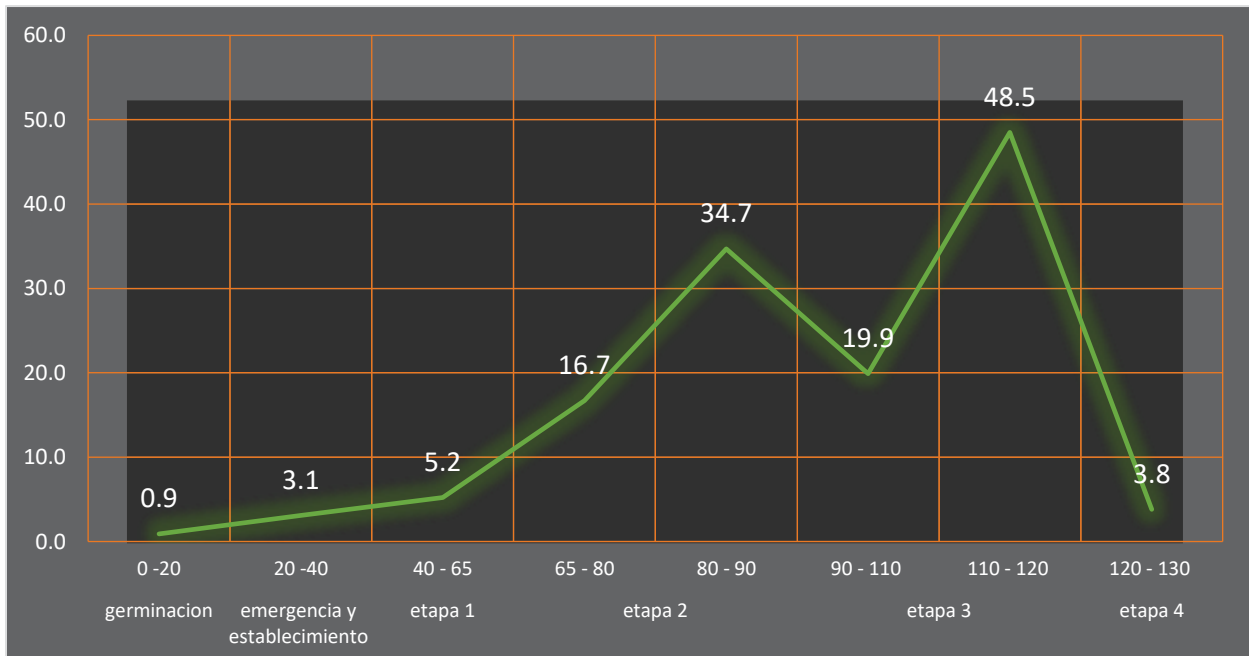
## Cálculo de dosificación para el nitrógeno

**Gráfico 1.** Porcentaje de Distribución de Fertilizantes Nitrogenados por Etapa Fenológica



Elaboración propia

**Gráfico 2.** Dosis de fertilizante Nitrogenado a Aplicar para cada Etapa Fenológica



Elaboración propia

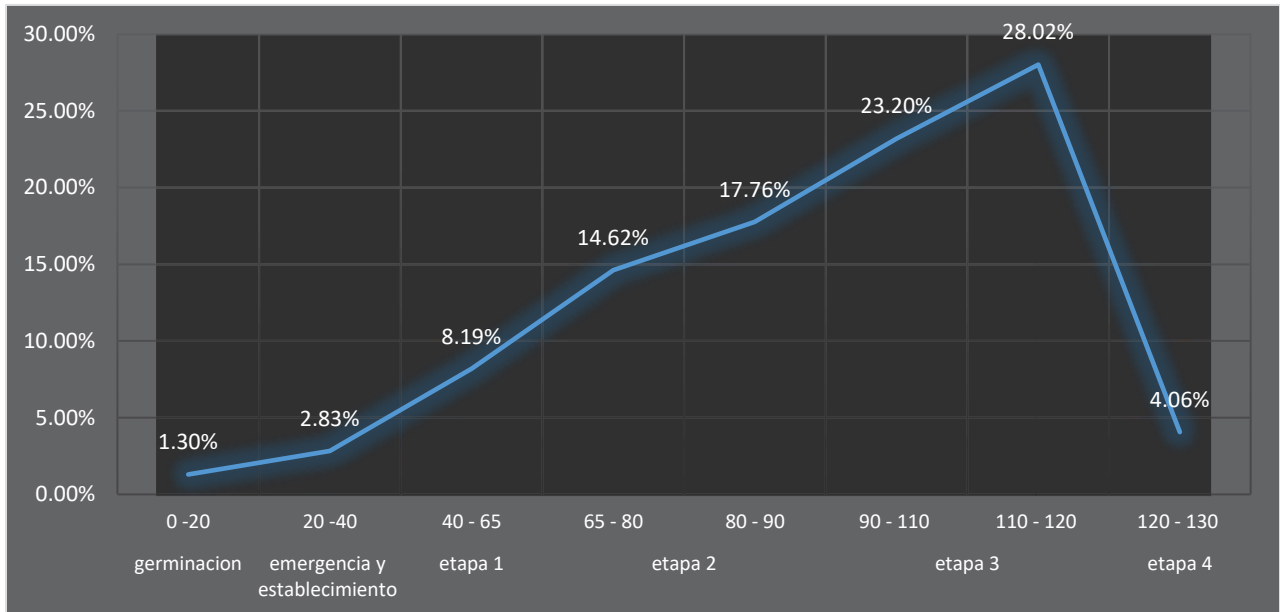
**Tabla 4. Plan de Fertirrigación Nitrogenada para Zanahoria**

Fechas	DDS	Estado fenológico	Días	Nivel estándar (200)	Total, de nitrógeno aplicado en bibliografía	Resultados para aplicación de nitrógeno	Total, en %	Cantidad de nutrientes a aplicar para cada etapa fenológica	Dosis de nutrientes para cada día nivel estándar
27/11/19 al 16/12/19	0 -20	v0 - v1	20	1304	735.5	8	1.09%	14.18	0.7
17/12/19 al 05/01/20	20 -40	v1 - v4	20	1304	735.5	26.5	3.60%	46.98	2.3
06/01/20 al 30/01/20	40 - 65	v4 - v6	25	1304	735.5	55.4	7.53%	98.22	3.9
31/01/20 al 14/02/20	65 - 80	v6 - 10%	15	1304	735.5	106.5	14.48%	188.82	12.6
15/02/20 al 24/02/20	80 - 90	10% - 30 %	10	1304	735.5	147.6	20.07%	261.69	26.2
25/02/20 al 15/03/20	90 - 110	30%- 60%	20	1304	735.5	169.3	23.02%	300.16	15.0
16/03/20 al 25/03/20	110 - 120	60%-80%	10	1304	735.5	206	28.01%	365.23	36.5
26/03/20 al 04/04/20	120 - 130	80% - MC	10	1304	735.5	16.2	2.20%	28.72	2.9
			130			735.5	100%	1304	

Elaboración propia.

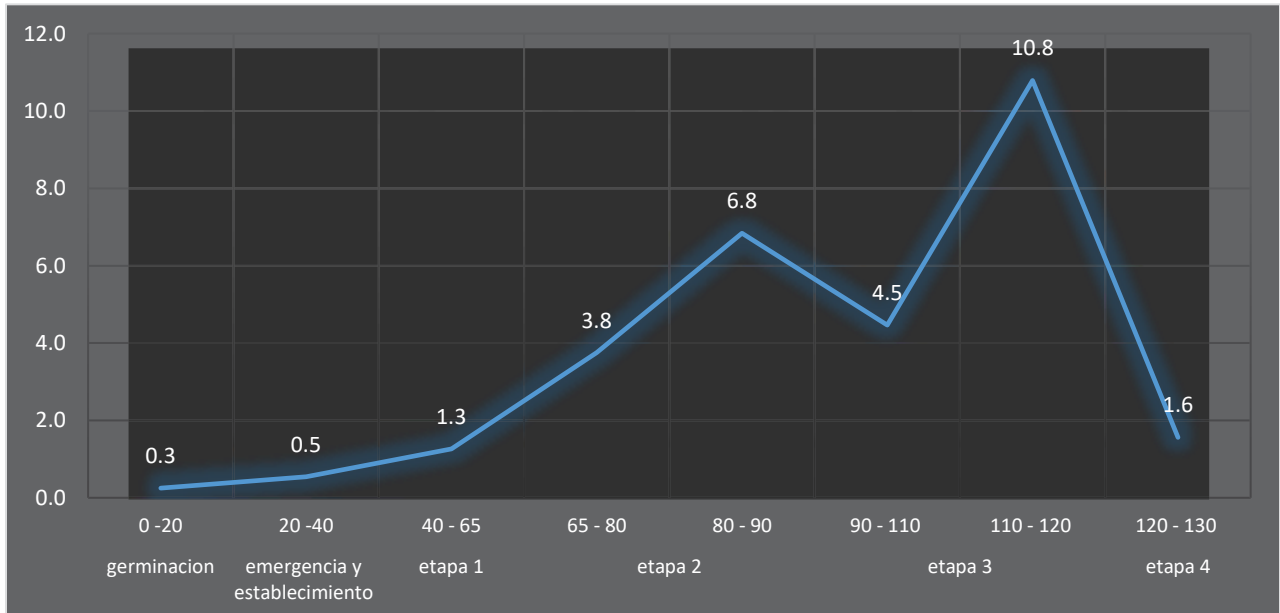
### Cálculo de dosificación para fosforo.

**Gráfico 3.** Porcentaje de Distribución de Fertilizantes Fosforados por Etapa Fenológica



Elaboración propia.

**Gráfico 4.** Dosis de fertilizante Fosfórico a Aplicar para cada Etapa Fenológica



Elaboración propia.

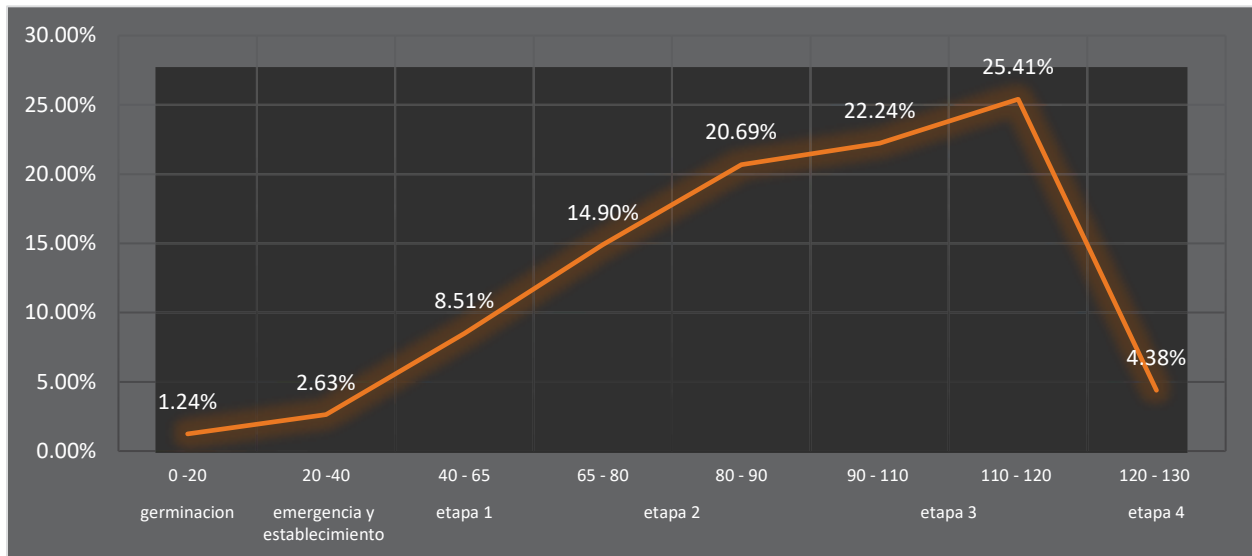
**Tabla 5. Plan de Fertirrigación Fosfórica para Zanahoria**

Fechas	DDS	Estado Fenológico	Días	Nivel ESTANDAR (85) (g)	Total, de fosforo aplicado en la bibliografía	resultados para aplicación de fosforo	Total, en %	cantidad de nutrientes a aplicar para el nivel ESTANDAR	dosis de nutrientes para cada día nivel ESTANDAR
27/11/19 al 16/12/19	0 -20	v0 - v1	20	385	130.6	1.7	1.30%	5.01	0.3
17/12/19 al 05/01/20	20 -40	v1 - v4	20	385	130.6	3.7	2.83%	10.91	0.5
06/01/20 al 30/01/20	40 - 65	v4 - v6	25	385	130.6	10.7	8.19%	31.54	1.3
31/01/20 al 14/02/20	65 - 80	v6 - 10%	15	385	130.6	19.1	14.62%	56.31	3.8
15/02/20 al 24/02/20	80 - 90	10% - 30 %	10	385	130.6	23.2	17.76%	68.39	6.8
25/02/20 al 15/03/20	90 - 110	30%- 60%	20	385	130.6	30.3	23.20%	89.32	4.5
16/03/20 al 25/03/20	110 - 120	60%-80%	10	385	130.6	36.6	28.02%	107.89	10.8
26/03/20 al 04/04/20	120 - 130	80% - MC	10	385	130.6	5.3	4.06%	15.62	1.6
			130			130.6	100%	385.00	

Elaboración propia

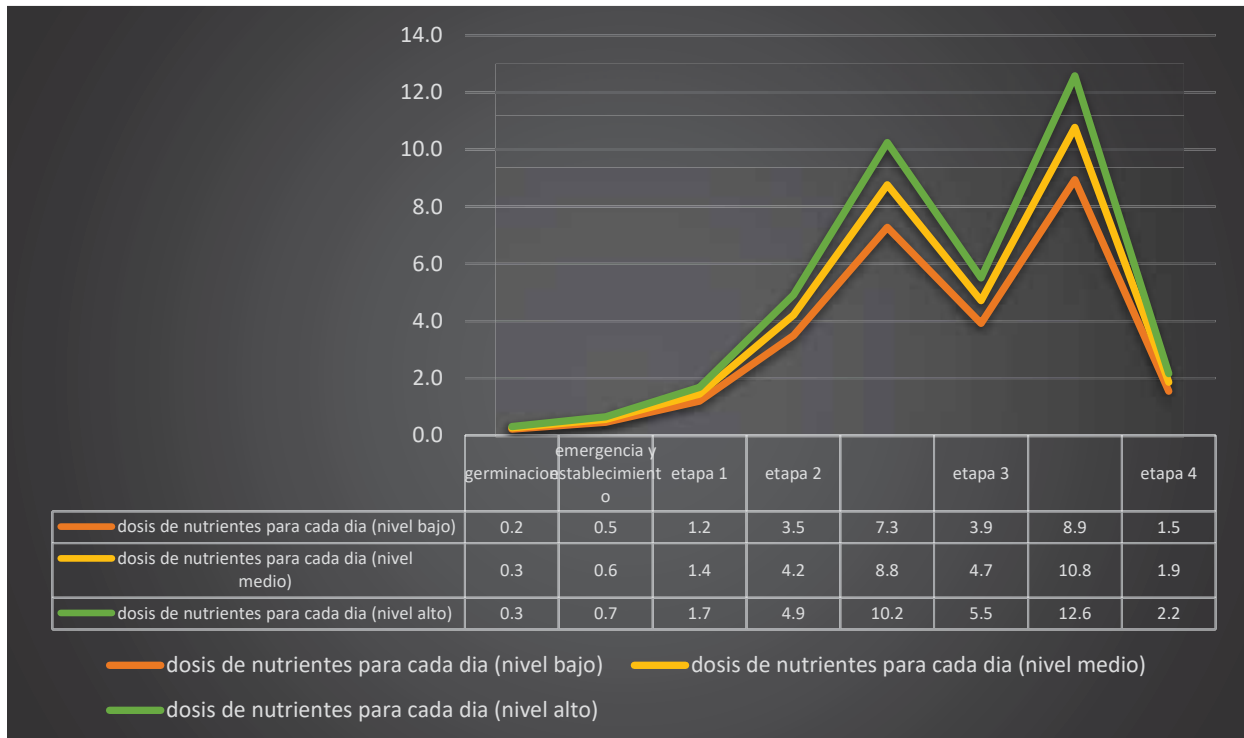
## Cálculo de dosificación para potasio

**Gráfico 5.** Porcentaje de Distribución de Fertilizantes Fosforados por Etapa Fenológica



Elaboración propia

**Gráfico 6.** Dosis de fertilizante Potásico a Aplicar para cada Etapa Fenológica



En el gráfico se muestra la dosificación para los tres niveles potásicos propuestos. Elaboración propia.

**Tabla 6.** Plan de Fertirrigación Potásica en el cultivo de Zanahoria

Fechas	DDS	Estado Fenológico	Días	potasio nivel bajo (300)	potasio nivel medio (350)	potasio nivel alto (400)	Total, de potasio aplicado en la bibliografía	cantidad de nutrientes en cada etapa fenológica
27/11/19 al 16/12/19	0 -20	v0 - v1	20	352	424	495	1142.8	14.2
17/12/19 al 05/01/20	20 -40	v1 - v4	20	352	424	495	1142.8	30.1
06/01/20 al 30/01/20	40 - 65	v4 - v6	25	352	424	495	1142.8	97.2
31/01/20 al 14/02/20	65 - 80	v6 - 10%	15	352	424	495	1142.8	170.3
15/02/20 al 24/02/20	80 - 90	10% - 30 %	10	352	424	495	1142.8	236.4
25/02/20 al 15/03/20	90 - 110	30% - 60 %	20	352	424	495	1142.8	254.2
16/03/20 al 25/03/20	110 - 120	60%- 80%	10	352	424	495	1142.8	290.4
26/03/20 al 04/04/20	120 - 130	80%-MC	10	352	424	495	1142.8	50
			130					1142.8

Total, en %	Cantidad de nutrientes a aplicar para el nivel bajo	Cantidad de nutrientes a aplicar para el nivel medio	Cantidad de nutrientes a aplicar para el nivel alto	Dosis de nutrientes para cada día (nivel bajo)	Dosis de nutrientes para cada día (nivel medio)	Dosis de nutrientes para cada día (nivel alto)
1.24%	4.37	5.27	6.15	0.2	0.3	0.3
2.63%	9.27	11.17	13.04	0.5	0.6	0.7
8.51%	29.94	36.06	42.10	1.2	1.4	1.7
14.90%	52.46	63.18	73.76	3.5	4.2	4.9
20.69%	72.81	87.71	102.40	7.3	8.8	10.2
22.24%	78.30	94.31	110.11	3.9	4.7	5.5
25.41%	89.45	107.74	125.79	8.9	10.8	12.6
4.38%	15.40	18.55	21.66	1.5	1.9	2.2
100%	352	424	495			

En la tabla se observa el plan de Fertirrigación potásica para los tres niveles propuestos. Elaboración propia.

### 5.3.3. Estudio de requerimiento hídrico complementario

El estudio de requerimiento de hídrico complementario se hizo con la ayuda de tensiómetros, los cuales nos servían como sensores analógicos que nos indicaban el esfuerzo que realizan las raíces para extraer el agua del suelo que necesita el cultivo para desarrollar de manera óptima.

La información de fracción de agotamiento para el cultivo de zanahoria se obtuvo del boletín fao 56 el cual nos ayudó a establecer un valor de "F" en centibares (Cbar) para así determinar el momento oportuno y apropiado para realizar los riegos complementarios, en este caso para el cultivo de zanahoria  $F = 0.35$ .

#### Lectura de los tensiómetros

La lectura en las primeras etapas del cultivo se realizaba 1 hora después de instalar los tensiómetros en campo, estas se realizaban diariamente y en horas de la mañana para ver si el cultivo necesitaba de riego complementario, estos tensiómetros se instalaron de manera permanente en campo.

#### Caudal de inyección del sistema de fertirrigación

El caudal de inyección del sistema de fertirrigación se obtuvo con una prueba en campo, con el volumen de la solución madre y el tiempo que tomaba inyectarlo en el sistema

Estos datos se remplazaron en la siguiente ecuación:

$$Q_{iny} = \frac{V}{T} \quad Q_{iny} = \frac{3L}{2.5min} = 1.2 L/min = 0.020 L/s$$

DONDE:

$Q_{iny}$  = Caudal de inyección (litros / minutos)

$V$  = volumen de la solución madre (litros)

$T$  = Tiempo (min)

### Cantidad de agua aplicado como riego complementario

La cantidad de agua incorporada al campo de cultivo como riego complementario se determinó con el tiempo de inyección de fertilizantes y también con las lecturas de los tensiómetros en los 4 bloques

### Lamina Neta para riego por machaco

Para realizar el cálculo de la lámina neta fue necesario conocer los siguientes parámetros. Capacidad de campo en %, punto de marchitez permanente en %, densidad aparente del suelo en  $g/cm^3$  y la profundidad radicular en cm (z).

Considerando este resultado de análisis de suelos se tiene:

N°	CLAVE	Z(m)	%CC	Da	%PMP
1	C-2	0.2	22.17	1.58	11.96

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z$$

$$Ln = \left( \frac{22.17 - 11.96}{10} \right) * 1.58 * 20$$

$$Ln = (1.021) * 1.58 * 20$$

$$Ln = 32.26mm$$

### Lamina Bruta de riego por machaco

Este dato se obtiene entre relación de lamina neta con la eficiencia de aplicación para nuestro caso se obtuvo un 90% con las evaluaciones de eficiencia en campo.

$$L_b = \frac{Ln}{E_r}$$



$$L_b = \frac{32.26}{0.90}$$

$$L_b = 35.85$$

Esta lámina de agua lo convertimos en volumen utilizando la relación  $1mm = 10^3/Ha$  donde tendríamos un volumen de  $358.50m^3/Ha$ , este valor lo dimensionamos para los  $28.8m$  de nuestra área neta experimental donde tendríamos.

$$\begin{array}{ccc}
 358.50m^3 & \leftarrow & 10000 m^2 \\
 X & \leftarrow & 28.8 m^2 \\
 \frac{28.8 m^2 \times 358.50m^3}{10000m^2}
 \end{array}$$

Donde tendríamos un volumen a aplicar de  $1.03 m^3$

### Tiempo de riego

Por lo general el tiempo de riego se manejó con la lectura de los tensiómetros, los cuales nos indicaban el momento que debíamos iniciar con el riego y el momento en el que debíamos culminar.

En esta campaña de cultivo, se tuvo que irrigar diariamente puesto que al tener un sistema de fertirrigación la necesidad de aplicar los nutrientes primaba al hecho de que nuestro suelo ya esté en capacidad de campo.

El tiempo de riego vario dependiendo la lectura que nos proporcionaron los tensiómetros

La evaluación de la demanda y manejo hídrico se detalla en el anexo 24.

## 5.4. Diseño del trabajo de Investigación

### 5.4.1. Diseño Experimental

El diseño adoptado para el trabajo de tesis fue Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), en el cual tendremos cuatro tratamientos considerando el testigo, las cuáles serán las diferentes dosificaciones de potasio aplicados al cultivo ( $300 \text{ Kg/Ha}$  -  $350 \text{ Kg/Ha}$  -  $400 \text{ Kg/Ha}$  -  $0 \text{ Kg/Ha}$ ) respectivamente y cada una con 4 repeticiones, estas hacen un total de 16 unidades experimentales.

### 5.4.2. Procesamiento y Análisis estadístico de Datos

El procesamiento estadístico de datos se realizó mediante un análisis de varianza y para la comparación de las medias se utilizó la prueba de significancia de Tukey al 95%.

Los resultados se presentarán en las siguientes tablas y figuras.

- **Factor: niveles de fertilización potásica**

- A: Bajo  $300 \text{ Kg/Ha}$
- B: Medio  $350 \text{ Kg/Ha}$
- C: Alto  $400 \text{ Kg/Ha}$
- T: Testigo  $0 \text{ Kg/Ha}$

Tratamientos:

**Cuadro 5.** *Combinación de Tratamientos*

N° tratamientos	variedad	nivel de fertilización	clave
1	Variedad royal Chantenay	Bajo $300 \text{ Kg/Ha}$	A
2	Variedad royal Chantenay	Medio $350 \text{ Kg/Ha}$	B
3	Variedad royal Chantenay	Alto $400 \text{ Kg/Ha}$	C
4	Variedad royal Chantenay	Testigo $0 \text{ Kg/Ha}$	T

*Elaboración propia*

variables independientes:

- Zanahoria (*Daucus carota L.*) Var Royal Chantenay
- Dosis de aplicación de sulfato de potasio 300-350-400  $Kg/Ha$
- Volumen de agua a aplicar como riego complementario

variables dependientes:

- Rendimiento de unidad experimental, peso de las raíces, diámetro de las raíces y longitud de las raíces

variables e indicadores:

**Cuadro 6.** Variables e Indicadores

VARIABLES	INDICADORES
Rendimiento por unidad experimental	Tn/ha
Peso	kilogramos (Kg)
Diámetro de las raíces	Centímetros (cm)
Longitud de las raíces	Centímetros (cm)
Volumen de agua a aplicar como riego complementario	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )

*Elaboración propia*

## Características del campo experimental

### ❖ Dimensiones del Campo Experimental

- Largo : 6 m
- Ancho : 7.5 m
- Área total : 45 m<sup>2</sup>

### ❖ Número y Dimensiones de los Bloques

- Número de bloques : 4
- Largo de los bloques : 6 m
- Ancho de bloques : 1.5 m
- Distanciamiento entre bloques : 0.5 m
- Área de cada bloque : 9 m<sup>2</sup>

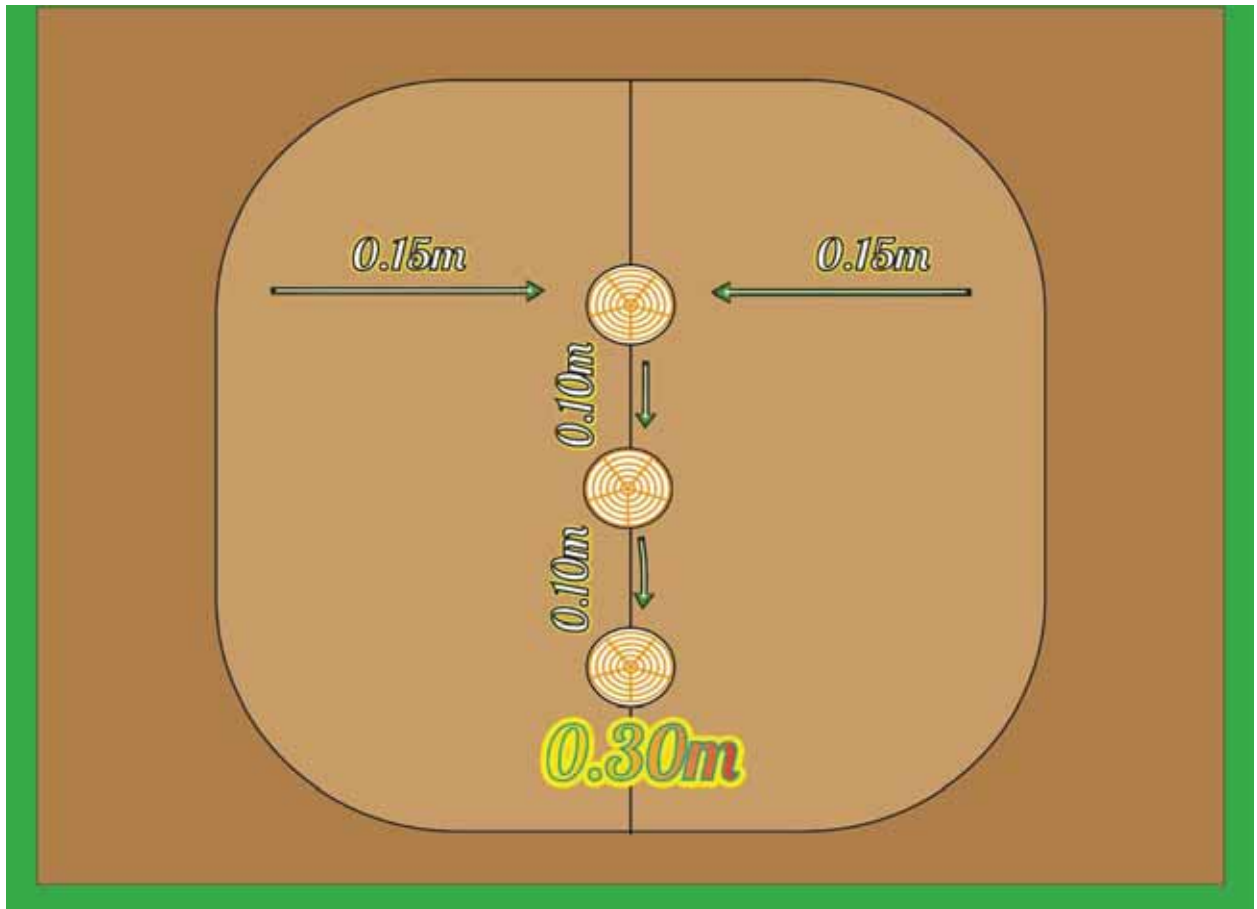
### ❖ Número y distanciamiento de Plantas

- Distanciamiento entre plantas : 0.10 m
- Distanciamiento entre líneas : 0.30 m
- Número de plantas por línea : 60
- Número de líneas por bloque : 4
- Número de plantas por tratamiento : 240
- Número de bloques : 4
- Número de tratamientos : 4
- Número total de plantas : 960

### ❖ Área neta de cada tratamiento

- Ancho de cada tratamiento : 0.30 m
- Largo de cada tratamiento : 6 m
- Área neta de tratamiento : 1.8 m

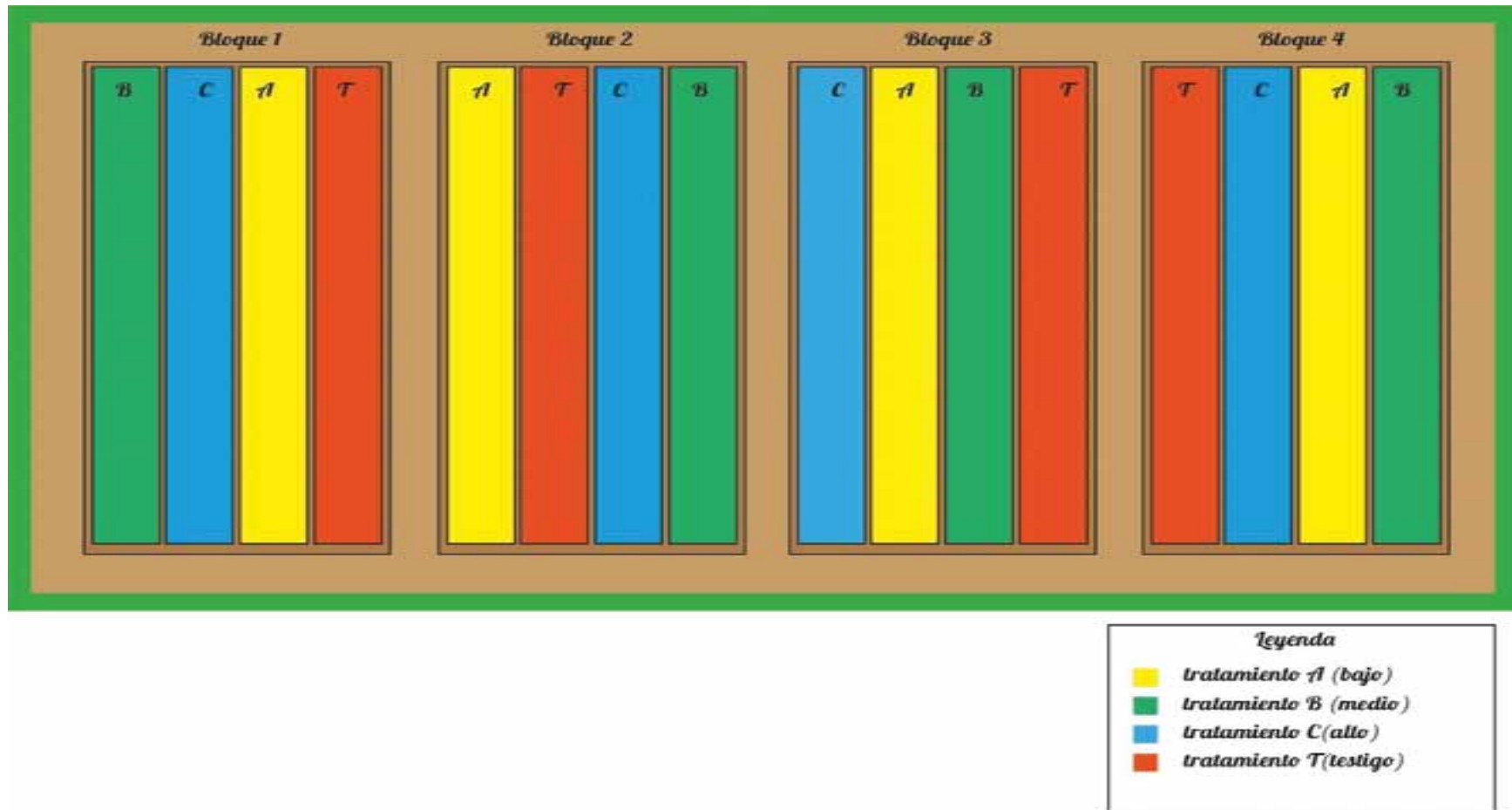
**Gráfico 7.** Croquis de Distribución de la Unidad Experimental



Leyenda	
	zanahoria (10 * 10)
	Cinta de riego * 6 m
	Surco 0.30 * 6 m

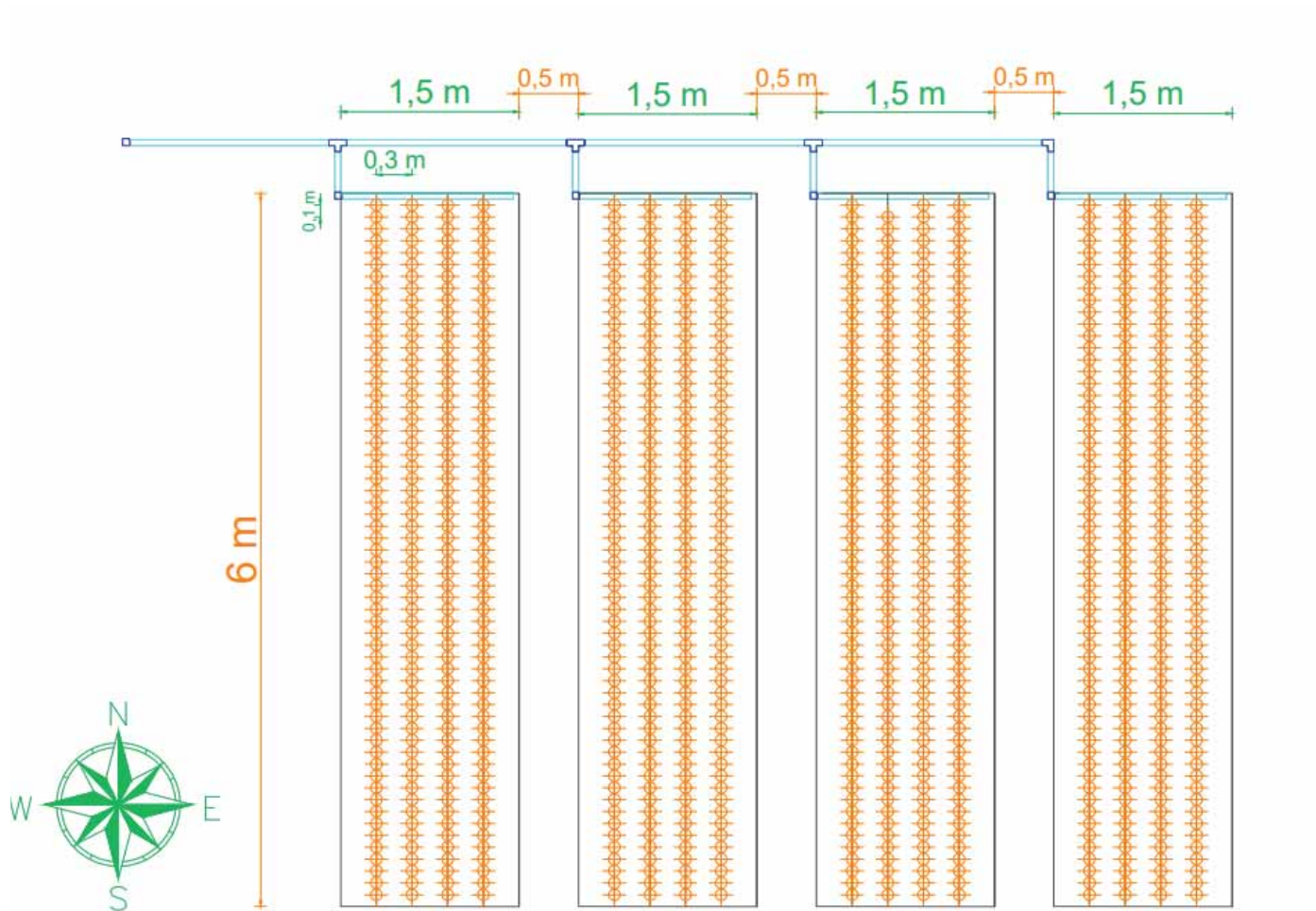
En el presente gráfico se observa el distanciamiento de las plantas de zanahoria entre sí y las dimensiones de estas dentro de la unidad experimental (surco). Elaboración Propia

**Gráfico 8.** Distribución de Tratamientos en el Área Experimental



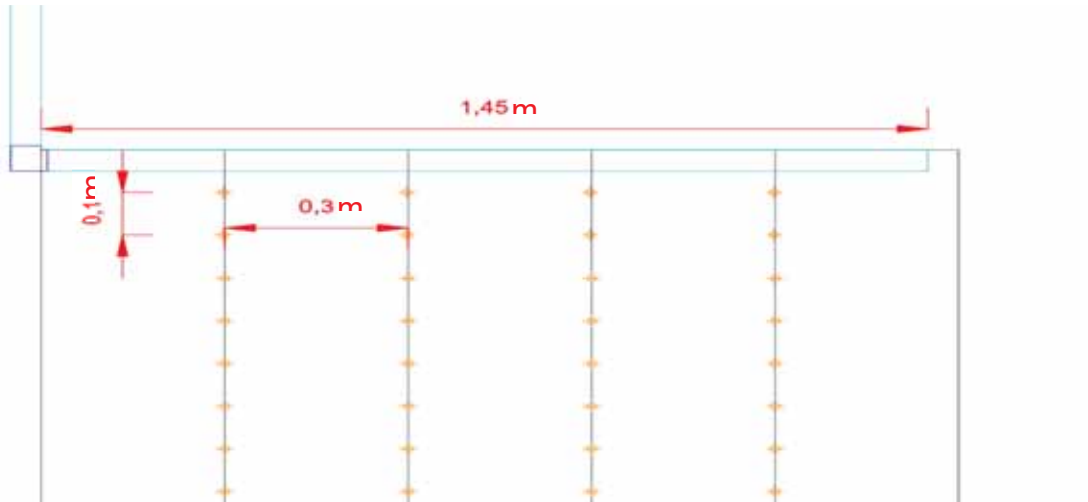
En el gráfico se observa la distribución de las unidades experimentales dentro de los bloques, todos estos aleatorios. Elaboración Propia

**Gráfico 9.** Dimensiones del Área Experimental



En el presente grafío se observa la disposición de los bloques, así como su dimensionamiento. Elaboración propia

**Gráfico 10.** Distanciamientos de cintas de goteo entre si



Se observa las distancias que toman los emisores de las cintas de goteo entre cada una de las unidades experimentales. *Elaboración propia*

## 5.5. Instalación del Trabajo de Investigación

### 5.5.1. Preparación del Terreno

El acondicionamiento del terreno se llevó a cabo el día 13 de noviembre del año 2019, antes de instalar el cultivo en campo, la preparación del terreno consistió en la remoción completa del área experimental a una profundidad de 30 cm

**Fotografía 2.** Preparación del Terreno





### 5.5.2. Recurso Hídrico.

se contó con el agua de la microcuenca del Huanacaure y esta se captó con una bocatoma de barraje fijo con muros de encauzamiento de concreto armado que atreves de una ventana de captación se lleva el agua a un canal de derivación y este a su vez al desarenador después de este a la cámara de carga, con un caudal captado de 2.8 l/s, se menciona que antes de la instalación en campo se procedió a la limpieza de la captación.

*Fotografía 3. Captación N° 4 Chanchería*



### 5.5.3. Instalación de Riego por Goteo en Parcela.

se instaló mediante un acople de tubo a manguera de  $\frac{3}{4}$ " desde el arco de riego número 1 inmediatamente después se jalo una manguera de  $\frac{3}{4}$ " hasta cabecera de parcela para la instalación del arco de riego 1.1 en el cual se instaló una válvula de aire o ventosa para purgar todo el aire del sistema, después de esta se colocó un filtro de discos de 120 mesh para el filtrado.

Luego de instalar el arco de riego se colocó una válvula reguladora de presión a 0.7bar para obtener la presión requerida constante en la parcela.

Luego de la colocación de las válvulas se realizaron las divisiones en forma de “C” en cada bloque para facilitar el manejo nutricional, después de ello se colocaron llaves de paso en cada inicio de línea y por último se colocaron válvulas finales de línea para concluir con la instalación.

**Fotografía 4.** *Instalación del Sistema de Riego en Parcela.*



#### **5.5.4. Instalación del Sistema de Fertirrigación.**

La instalación del sistema de fertirrigación inicia con la adecuación del arco de riego con un inyector Venturi de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro con el propósito de reducir las pérdidas de carga que pudieran presentarse en la línea de distribución por el bajo caudal de la solución madre que se incorporó. Cabe resaltar que el Venturi genera una pérdida de carga equivalente al 30% de presión en el punto de estrechamiento.

Este inyector Venturi ira junto con el filtro de discos para evitar tener problemas de taponamientos en los emisores de las cintas de goteo por causa de precipitados, este se realizará en cabecera de parcela para que la distribución de los nutrientes sea exclusivamente en el área experimental

**Fotografía 5.** Arco de Riego con Inyector Venturi



*En la presente fotografía se observa un arco de riego con un sistema de inyección de fertilizantes en cabecera de parcela. Elaboración propia*

#### **5.5.5. Equipo de Medición de la Humedad**

Se utilizaron cuatro tensiómetros los cuales sirvieron para evaluar la variación de presión que se genera en el manómetro por la retención de humedad del suelo a la planta, esta evaluación se realizó diariamente ya que se requería fertirrigar cada día.

**Fotografía 6.** *Tensiómetro en Campo*



*En la presente fotografía se observa el tensiómetro en campo. Elaboración propia*

#### **5.5.6. Equipos de Medición de pH y CE**

Estos medidores de pH miden el voltaje de los electrodos que se colocan en el suelo y muestran el resultado convertido en un valor de pH correspondiente, este instrumento se compone de un simple Arduino y un par de electrodos o alternativamente un electrodo de combinación y algún tipo de pantalla calibrada en unidades de pH, temperatura, humedad y luminosidad (TP, 2021)

Estas mediciones se realizaron en el campo, como también en gabinete para ver si el pH del suelo era el óptimo para el desarrollo de la zanahoria

**Figura 14.** Equipo de Medición de pH, Humedad y Temperatura



Ilustración obtenida de VALIOMETRO (2021) <https://www.valiometro.pe/medidor-de-ph-humedad-temperatura-y-luz-de-suelo-yh-soil4in1>

### **5.5.7. Fertilizantes**

Se utilizó tres tipos de fertilizantes: nitrato de amonio estabilizado (33% N), sulfato de potasio (50%  $K_2O$  + 18% S) y ácido fosfórico grado técnico (61%  $P_2O_5$ ) Para una nutrición completa.

### **5.5.8. Muestreo del Suelo**

Se realizó un muestreo simple del área experimental, se hicieron cuatro muestras en el área luego se procedió a unir y homogenizar las muestras en un solo montón para finalmente conseguir una muestra de 1 kilogramo de suelo. La misma que fue rotulada y enviada al laboratorio para la determinación Físico - química – del suelo.

**Fotografía 7.** Homogenización de Muestra de Suelo



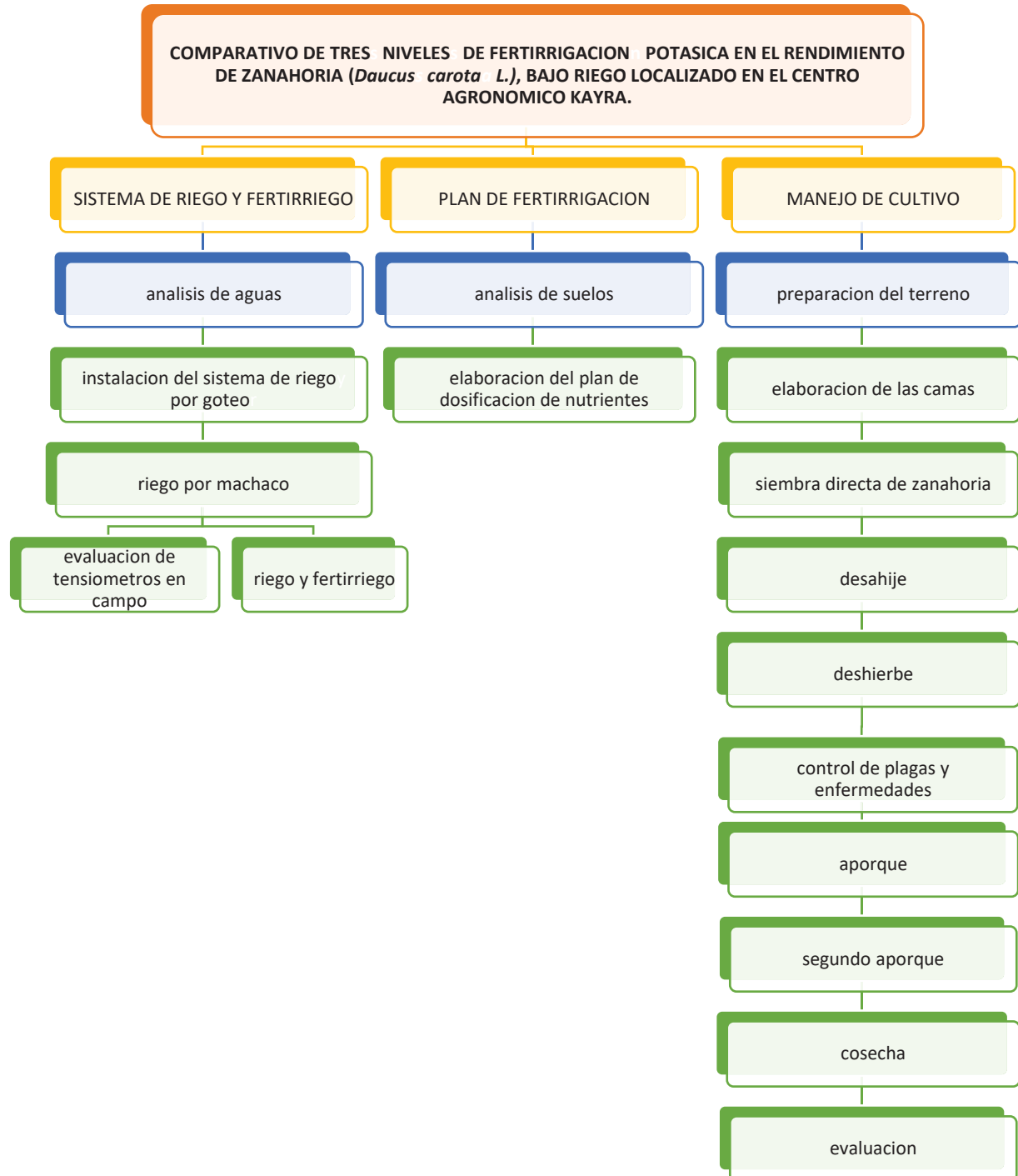
*Elaboración propia*

#### **5.5.9. Muestreo del agua**

La recolección de la muestra de agua se realizó el día 10 de noviembre del año 2019 en la captación número cuatro de la facultad de ciencias agrarias también llamada chanchería, el procedimiento consistió en Sumergir el envase de polietileno de 1lt en el agua, a 1/3 de la superficie, evitando la extracción de la película superficial para no obtener datos erróneos, luego de esto se llevó al laboratorio de aguas de la UNSAAC para su respectiva evaluación, el método utilizado para su análisis fue el de JEAN RODIER 9<sup>na</sup> Edición.

## 5.6. Manejo del Cultivo

**Gráfico 11.** Diagrama de Flujo del trabajo de investigación



El presente gráfico se hizo en base al desarrollo del trabajo de investigación. Elaboración propia

### **5.6.1. Siembra**

La siembra se realizó el 27 de noviembre del año 2019 a dos semanas después de la preparación de las camas, la siembra se hizo de forma directa en surcos a un distanciamiento de 30 cm entre surcos y a 10 cm entre plantas, la profundidad de siembra fue de 1cm y se cubrió con un sustrato ligero para facilitar la emergencia.

### **5.6.2. Desahije**

El desahije se realizó el 16 de diciembre del 2019 a los 20 días después de la siembra

### **5.6.3. Deshierbo**

El primer deshierbo se realizó el día 20 de diciembre del 2019 luego de ello se realizó paulatinamente en todo el ciclo vegetativo de la zanahoria, ya que por haber trabajado en época de lluvia a campo abierto eso implicaba que las malezas iban a estar presentes en todo el ciclo productivo de nuestro cultivo

### **5.6.4. Abonamiento**

El abonamiento se realizó al momento de la preparación de las camas con dos sacos de estiércol de vacuno (40 Kg) para cada cama, esto para mejorar las características físicas del suelo

### **5.6.5. Aporque**

El aporque se realizó a los 35 y 75 días después de la siembra esto se hace para que en las raíces no se presente clorofila, ya que, al no hacerlo, toman una coloración verde no deseable y también para erradicar la maleza del campo



### **Fotografía 8. Segundo Aporque**



*Fotografía del segundo aporque que se realizó en fecha 09 de febrero del 2020. Elaboración propia*

#### **5.6.6. Riego**

El primer riego se manejó utilizando los datos que obtuvimos del análisis de suelos, para así hallar la lámina neta requerida para el primer riego

Para hallar esta es necesario saber los valores de agua disponible en el suelo, densidad aparente en  $kg/cm^3$  y profundidad efectiva de la Raíz ( $z$ )

El cálculo se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Ln = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * Da * z$$

Luego del riego por machaco el riego se manejó mediante el método de los tensiómetros, los cuales nos ayudaban a decidir cuanto de agua de manera complementaria se debía aplicar

### 5.6.7. Fertirrigación

La fertilización se hizo en función al contenido nutricional del suelo el cual se determinó mediante un análisis nutricional de suelos que se llevó a cabo previo a la siembra. Con estos datos se elaboró tres planes de dosificación de fertilizantes para así aplicarlos diariamente mediante la técnica del fertirriego.

#### Preparación y aplicación de los fertilizantes

Ya teniendo la dosificación de fertilizantes a aplicar, se solubilizaron los fertilizantes en un balde de agua de 10L a temperatura ambiente para que la solubilización sea más uniforme y no hayan precipitados, luego de ello se mezclaban los fertilizantes ya solubilizados en un mismo envase (balde) para así inyectarlos al sistema de riego

**Fotografía 9.** *Aplicación de fertilizantes mediante inyector Venturi*



*Elaboración propia*

Para la dosificación en base a las etapas fenológicas para la absorción de nitrógeno, fósforo y potasio en la zanahoria se utilizaron los resultados de SOSA et al. (2013) Estos para hacer una adaptación de distribución de nutrientes para la zanahoria variedad Royal Chantenay en nuestro medio.

### 5.6.8. Sistema de inyección

#### Inyector Venturi

se eligió el inyector Venturi para incorporar nuestros nutrientes en el sistema de riego debido a su calidad precio y también por que nos ayuda a fertirrigar pequeñas áreas de cultivo sin generar grandes pérdidas de presión. El inyector Venturi que elegimos fue de ½ “ya que este inyector nos proporcionaba un caudal de inyección de 0.02 l/s el cual fue el más adecuado para nuestros propósitos

**Figura 15.** Partes del Sistema de Inyección

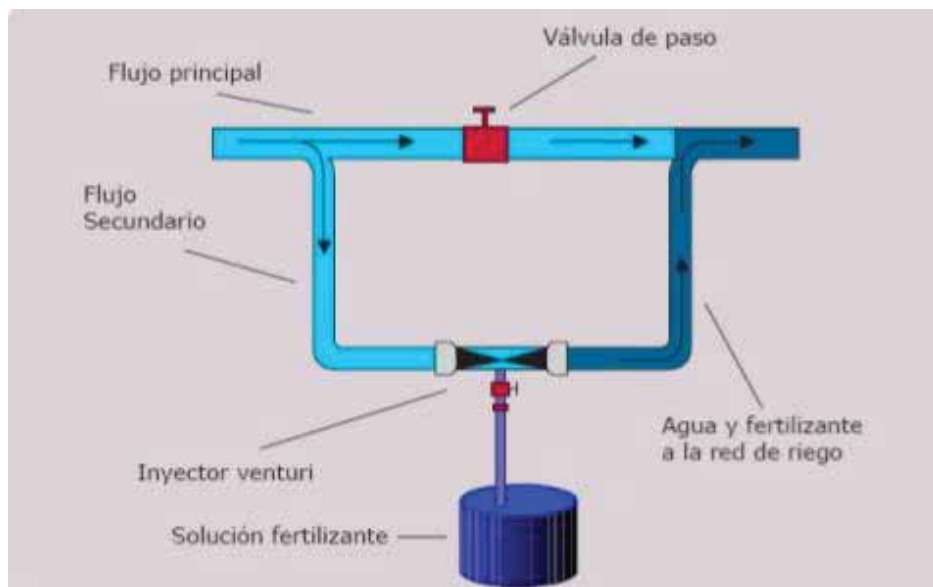


figura obtenida de GUERRERO (2013),

El plus de este método es que no necesita de energía eléctrica para su funcionamiento por lo tanto es más económico que otros métodos de inyección

Ahora para saber cuándo de agua ingreso al sistema de riego fue necesario saber el caudal de inyección, el mismo que se obtuvo en campo con aforos y luego remplazamos los datos en la siguiente ecuación:

$$Q_{iny} = V \text{ (litros)} / T \text{ (min)}$$

Donde:

$Q_{iny}$  = caudal de inyección

$V$  = volumen

$T$  = tiempo

#### **5.6.9. Control de plagas y enfermedades**

El manejo integrado de plagas y enfermedades se desarrolló durante todo el ciclo productivo del cultivo de zanahoria.

Se describe que se tuvo la enfermedad de amarillamiento y enrojecimiento de hojas, las cuales son producidas por la bacteria *Candidatus liberibacter solanacearum*. Se resalta que no hubo presencia significativa de esta en campo de cultivo.

#### **5.6.10. Cosecha**

Se efectuó el 04 de abril del 2020, debido a la coyuntura que vivió el país debido a la pandemia del covid-19 se tuvo que trasladar el material vegetativo a una vivienda para su evaluación.

La cosecha se realizó de forma manual con ayuda de un pico

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1. Evaluación de Características Radiculares y Rendimiento

#### 6.1.1 Peso de zanahoria

Se evaluó el peso de zanahoria con la ayuda de una balanza de precisión. Para lo cual se seleccionaron 20 zanahorias representativas de cada unidad experimental, todas obtenidas al azar para así obtener el siguiente cuadro.

#### Análisis de varianza para peso de zanahoria

Luego de elaborar la tabla de la muestra poblacional de peso de zanahoria se procedió a realizar el análisis de varianza entre tratamientos y bloques, la misma que se realizó en el software estadístico MINITAB V19.

**Tabla 7.** Media de muestra poblacional de peso de zanahoria en Kg

BLOQUES	TRATAMIENTO				SUMATORIA	PROMEDIO
	A	B	C	T		
BLOQUE 1	0.178	0.190	0.261	0.119	0.748	0.187
BLOQUE 2	0.158	0.206	0.21	0.094	0.668	0.167
BLOQUE 3	0.139	0.200	0.175	0.112	0.626	0.1565
BLOQUE 4	0.170	0.249	0.268	0.098	0.785	0.19625
SUMATORIA	0.645	0.845	0.914	0.423	2.827	
PROMEDIO	0.16125	0.21125	0.2285	0.10575		

*Elaboración propia*

#### Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

*Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.*

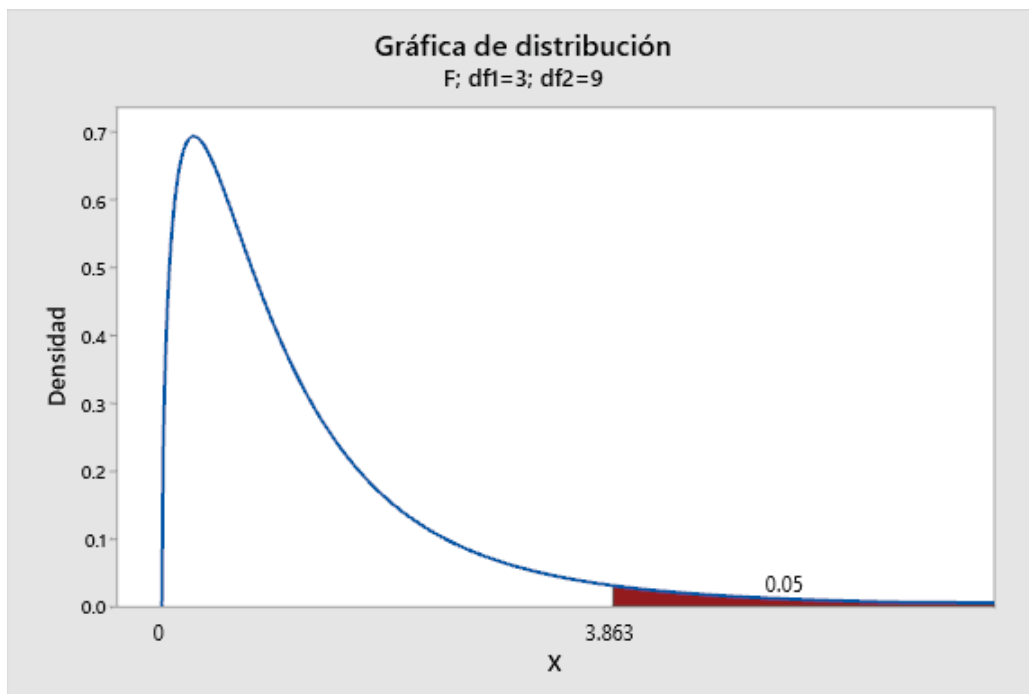
**Cuadro 7. Análisis de Varianza Peso de Zanahoria**

Fuente	GL	SC	MC	F	P
TRATAMIENTO	3	0.036598	0.012199	21.26	0.000
BLOQUES	3	0.003962	0.001321	2.30	0.146
Error	9	0.005166	0.000574		
Total	15	0.045725			

**Cuadro 8. Resumen del Modelo de Peso de Zanahoria**

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.0275791	80.04%	75.05%	64.51%

**Gráfico 12. Grafica de Distribución "F" para Peso de Zanahoria**



**DONDE:**

- METODO.** – aquí se muestra las diferentes hipótesis que se tiene para peso de Zanahoria donde la hipótesis nula indica que todas las medias son iguales y la hipótesis alterna indica que por lo menos una media es diferente a las demás
- CUADRO DE ANALISIS DE VARIANZA.** – en este cuadro se encuentra el estudio de grados de libertad de tratamiento, de bloques, de error y del total , los cuales son (3, 3, 9

y 15) respectivamente así como también se encuentra la suma de cuadrados, del tratamiento , de los bloques ,del error y del total los cuales se obtuvieron los siguientes datos (0.037,0.0039,0.0051 y 0.046) respectivamente, luego de ello se muestra el cuadrado medio de los tratamientos , bloques y del error donde obtuvimos los siguientes valores (0.012,0.0013 y 0.00057) respectivamente con estos valores se llegó a obtener el valor de “F” tabulado y el valor de probabilidad para los tratamientos y para los bloques los cuales fueron (21.26 ; 0.000) y (2.30 ; 0.146) respectivamente con los cuales inferiremos para ver si se acepta la hipótesis nula o la hipótesis alternativa.

✓ **PARA TRATAMIENTOS**

En este caso se ve que el valor de probabilidad para tratamientos es menor a 0.05 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula,

$$0.000 < 0.05$$

también se diría que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una prueba de comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

En este caso se ve que el valor de la probabilidad “p” es mayor a 0.05 por lo cual se dice que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$0.146 > 0.05$$

también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias

c) **RESUMEN DEL MODELO.** – este cuadro nos indica la desviación estándar que hay en nuestro estudio el cual es de 0.02757 y también se ve el  $R^2$  este dato nos indica el porcentaje de variación que hay en nuestro modelo, mientras mayor sea nuestro  $R^2$  mejor se ajustara el modelo a nuestros resultados, en nuestro caso el valor de  $R^2$  es de 80.04%

d) **GRAFICA DE DISTRIBUCION "F"**. - En este gráfico se nos muestra 2 zonas, la primera en color blanco que es la zona de aceptación y la zona de color rojo que es la zona de rechazo, en el medio de ambos se encuentra el valor crítico que divide la zona de aceptación con la zona de rechazo, este valor crítico se obtiene con los grados de libertad de tratamientos y con los grados de libertad del error este se ubican con la tabla de valores críticos de "F". En nuestro caso el valor crítico es de 3. 863. Este valor nos ayuda a determinar de manera fehaciente si se acepta la hipótesis nula o se acepta la hipótesis alternativa

✓ **PARA TRATAMIENTOS**

- En este caso se ve que el valor de F calculado es mayor al del valor crítico obtenido por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula,

$$21.26 > 3.863$$

- también se diría que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una prueba de comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

- En este caso se ve que el valor de "F" calculado es menor al del valor crítico obtenido por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$2.30 < 3.863$$

- también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias.



## Comparación de medias para tratamientos de peso de zanahoria

Como la prueba de F resulto significativa y se declaró la existencia de diferencias significativas por lo menos para un par de medias de los tratamientos, El siguiente paso que se llevara a cabo es comparar a las medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey.

**Cuadro 9.** Agrupación de medias con el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación		
C	4	0.2285	A		
B	4	0.2113	A	B	
A	4	0.16125		B	C
T	4	0.10575			C

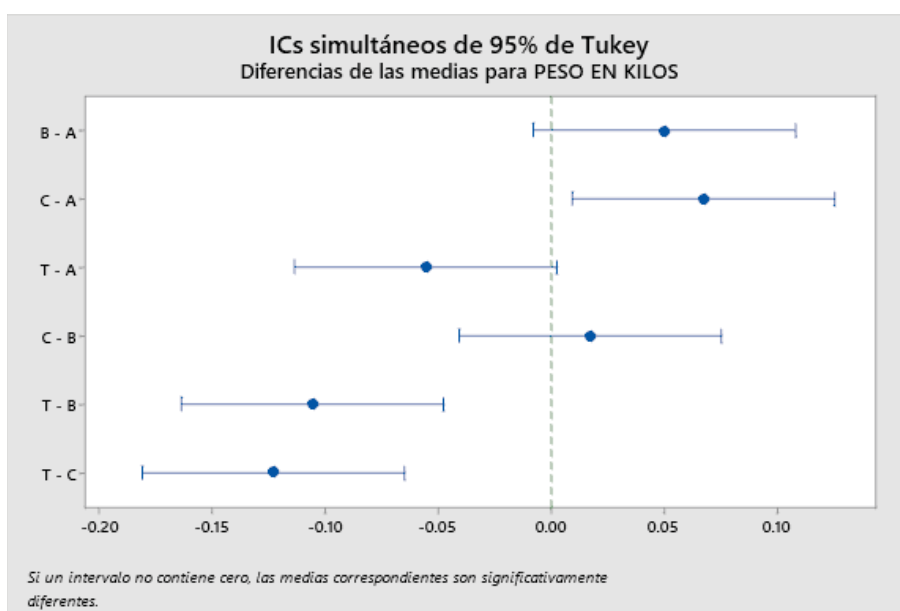
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Cuadro 10.** Medias de Peso de Zanahoria

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A	4	0.16125	0.01696	(0.13121; 0.19129)
B	4	0.2113	0.0260	(0.1812; 0.2413)
C	4	0.2285	0.0440	(0.1985; 0.2585)
T	4	0.10575	0.01173	(0.07571; 0.13579)

Desv.Est. agrupada = 0.0275791

**Gráfico 13.** Intervalos de confianza de tukey al 95%



## **DONDE:**

### **1) HIPOTESIS.** Detalla las hipótesis a utilizar, donde

- **Hipótesis nula:** Todas las medias son iguales

$$\text{Tratamiento A} = \text{Tratamiento B} = \text{Tratamiento C} = \text{Tratamiento D}$$

- **Hipótesis alterna:** por lo menos un par de medias son diferentes

$$\text{Tratamiento A} \neq \text{Tratamiento B} \neq \text{Tratamiento C} \neq \text{Tratamiento D}$$

- **Nivel de significancia:** nos dice que tenemos un intervalo de confianza de 95%

### **2) EVALUACION DE MEDIAS**

El cuadro número 11 nos muestra las diferentes medias de los tratamientos A, B, C, D (0.16125; 0.2113; 0.2285; 0.1057) con su respectivo intervalo de confianza

### **3) INTERVALO DE CONFIANZA**

El gráfico 15 nos muestra los diferentes intervalos de confianza de las medias, para el Tratamiento A (0.13121;0.19129), para el tratamiento B (0.1812;0.2413), para el tratamiento C (0.1985;0.2585) y finalmente para el tratamiento D (0.07571;0.1357), cuando los intervalos contienen al cero se dirá que son significativamente iguales entre sí, y en el caso que no contengan al cero se dirá que son diferentes entre sí.

### **4) AGRUPACION DE PAREJAS DE TUKEY**

En el cuadro 10 se nos muestra los grupos que son estadísticamente iguales por el traslape entre sus intervalos de confianza , en el gráfico se muestra que los tratamientos C Y B están en el mismo grupo , por lo cual se diría que son significativamente iguales y así también los tratamientos B y A que están en un mismo grupo por lo cual se diría que son significativamente iguales y finalmente los tratamientos A y D que se encuentran en un mismo grupo lo cual indica que son significativamente iguales entre sí.

### Interpretación para peso de zanahoria

El tratamiento “C” es significativamente igual al tratamiento “B”, con un peso promedio de 0.228 kg y 0.211 kg respectivamente, pero significativamente diferente al tratamiento “A” que tiene por peso promedio 0.161 kg y al tratamiento T que tiene un peso promedio de 0.105 kg, por lo cual se puede presumir que los mejores resultados se obtuvieron en estos 2 primeros tratamientos

### 6.1.2 Diámetro de zanahoria

Se evaluó el diámetro de zanahoria con la ayuda de un vernier, para lo cual se seleccionaron 20 muestras de zanahorias representativas de cada unidad experimental, todas obtenidas al azar para así realizar el siguiente cuadro

**Tabla 8.** Media de Muestra Poblacional para Diámetro de Zanahoria en (cm)

BLOQUES	TRATAMIENTO				SUMATORIA	PROMEDIO
	A	B	C	T		
BLOQUE 1	5.43	5.35	6.11	4.62	21.51	5.3775
BLOQUE 2	5.09	5.75	5.74	4.20	20.78	5.195
BLOQUE 3	4.99	5.41	6.08	4.42	20.9	5.225
BLOQUE 4	5.27	5.59	6.24	4.44	21.54	5.385
SUMATORIA	20.78	22.1	24.17	17.68	84.73	
PROMEDIO	5.195	5.525	6.0425	4.42		

*Elaboración propia*

### Análisis de varianza para diámetro de zanahoria

Luego de elaborar la tabla de la muestra poblacional de diámetro de zanahoria se procedió a realizar el análisis de varianza entre tratamientos y bloques, la misma que se realizó en el software estadístico MINITAB V19.

**Cuadro 11.** Información de los factores para Diámetro de Zanahoria

Factor	Tipo	Niveles	Valores
tratamiento	Fijo	4	A; B; C; T
BLOQUES	Fijo	4	1; 2; 3; 4

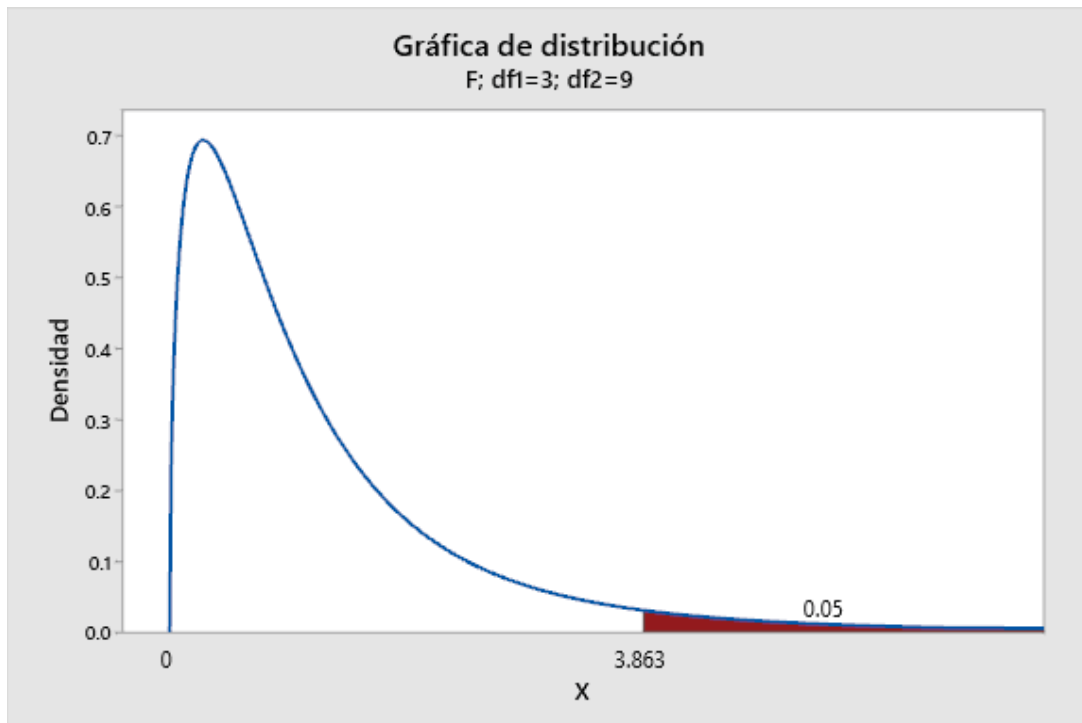
**Cuadro 12** Resumen del modelo de evaluación para Diámetro de Zanahoria

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.188165	94.68%	91.13%

**Cuadro 13.** Análisis de Varianza de Diámetro de Zanahoria

Fuente	GL	SC	MC	F	P
tratamiento	3	5.5491	1.84971	52.24	0.000
Bloques	3	0.1192	0.03974	1.12	0.390
Error	9	0.3187	0.03541		
Total	15	5.9870			

**Gráfico 14.** Grafica de Distribución "F" para Diámetro de Zanahoria



## DONDE:

- **INFORMACION DE LOS FACTORES.** –aquí se muestra el número de tratamientos y el número de repeticiones los cuales son 4 tratamientos (A; B; C; D) y 4 bloques o repeticiones (1;2;3;4) respectivamente
- **RESUMEN DEL MODELO.** – este cuadro nos indica la desviación estándar que hay en nuestro estudio el cual es de 0.188 y también se ve el  $R^2$  este dato nos indica el porcentaje de variación que hay en nuestro modelo, mientras mayor sea nuestro  $R^2$  mejor se ajustara el modelo a nuestros resultados en nuestro caso el valor de  $R^2$  es de 94.68%
- **CUADRO DE ANALISIS DE VARIANZA.** – en este cuadro se encuentra el estudio de grados de libertad de tratamiento, bloques, error y del total , los cuales son (3;3;9 y 15) respectivamente así como también se encuentra la suma de cuadrados, del tratamiento , de los bloques ,del error y del total los cuales se obtuvieron los siguientes datos (5.5491 ; 0.1192 ; 0.3187 ; 5.9870) respectivamente , luego de ello se muestra el cuadrado medio de los tratamientos , bloques y del error donde obtuvimos los siguientes valores (1.8497 ; 0.0397 ; 0.0354),respectivamente con estos valores se llegó a obtener el valor de “F” tabulado y el valor de probabilidad para los tratamientos y para los bloques los cuales fueron (52.24 ; 1.12) y (0.000 ; 0.390) respectivamente con los cuales inferiremos para ver si se acepta la hipótesis nula o la hipótesis alternativa

### ✓ PARA TRATAMIENTOS

- En este caso se ve que el valor de probabilidad para tratamientos es menor a 0.05 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula,

$$0.000 < 0.05$$

- también se dirá que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una prueba de comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

- En este caso se ve que el valor de la probabilidad “p” es mayor a 0.05 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$0.390 > 0.05$$

- también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias,

- **GRAFICA DE DISTRIBUCION “F”**. - En este gráfico se nos muestra 2 zonas, la primera en color blanco que es la zona de aceptación y la zona de color rojo que es la zona de rechazo, en el medio de ambos se encuentra el valor crítico que divide la zona de aceptación con la zona de rechazo, este valor crítico se obtiene con los grados de libertad de tratamientos y con los grados de libertad del error, este valor se ubica con la tabla de valores críticos de “F”. En nuestro caso el valor crítico es de 3. 863. Este valor nos ayuda a determinar de manera fehaciente si se acepta la hipótesis nula o se acepta la hipótesis alternativa

✓ **PARA TRATAMIENTOS**

- En este caso se ve que el valor de F calculado es mayor al del valor crítico obtenido por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.  $52.24 > 3.863$

- también se diría que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una prueba de comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

- En este caso se ve que el valor de “F” calculado es menor a 3.863 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$1.12 < 3.863$$

- también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias,

## Comparación de medias para tratamientos de diámetro de zanahoria

Como la prueba de F resulto significativa y se declaró la existencia de diferencias significativas por lo menos para un par de medias de los tratamientos, El siguiente paso que se llevara a cabo es comparar a las medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey.

**Cuadro 14.** Agrupación de medias con el método de Tukey y una confianza de 95%

tratamiento	N	Media	Agrupación
C	4	6.043	A
B	4	5.5250	B
A	4	5.1950	B
T	4	4.4200	C

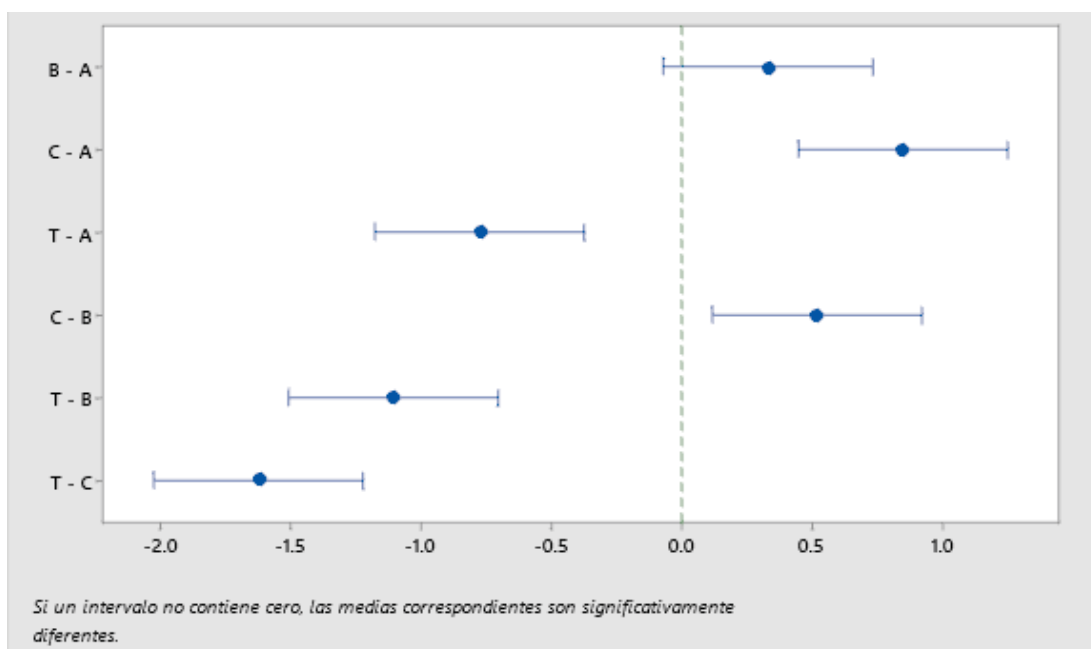
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Cuadro 15.** Medias de Diámetro de Zanahoria

tratamiento	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A	4	5.1950	0.1949	(4.9869; 5.4031)
B	4	5.5250	0.1814	(5.3169; 5.7331)
C	4	6.043	0.213	(5.834; 6.251)
T	4	4.4200	0.1720	(4.2119; 4.6281)

Desv.Est. agrupada = 0.191022

**Gráfico 15.** Intervalo de confianza de tukey al 95% para Diámetro de Zanahoria



## DONDE:

- **HIPOTESIS.** Detalla las hipótesis a utilizar, donde
  - **Hipótesis nula:** Todas las medias son iguales  
**Tratamiento A = Tratamiento B = Tratamiento C = Tratamiento T**
  - **Hipótesis alterna:** por lo menos un par de medias son diferentes  
**Tratamiento A ≠ Tratamiento B ≠ Tratamiento C ≠ Tratamiento T**
  - **Nivel de significancia:** tenemos un intervalo de confianza de 95%
- **EVALUACION DE MEDIAS**

El cuadro número 16 nos muestra las diferentes medias de los tratamientos A, B, C, T (5.1950; 5.5250; 6.043; 4.4200) con su respectivo intervalo de confianza

- **INTERVALO DE CONFIANZA**

El gráfico 17 nos muestra los diferentes intervalos de confianza de las medias, para el Tratamiento A (4.9869; 5.4031), para el tratamiento B (5.3169; 5.7331), para el tratamiento C (5.834; 6.251) y finalmente para el tratamiento T (4.2119; 4.6281), cuando los intervalos contienen al cero se dirá que son significativamente iguales entre sí, y en el caso que no contengan al cero se dirá que son diferentes entre sí.

- **AGRUPACION DE PAREJAS DE TUKEY**

En el cuadro 15 se nos muestra los grupos que son estadísticamente iguales por el traslape entre sus intervalos de confianza , en el gráfico se muestra que el tratamientos “C” esta solo por lo cual se diría que es significativamente diferente a todas las demás , así también los tratamientos “B” y “A” que están en un mismo grupo , se diría que son significativamente iguales entre sí y así el tratamientos “T” que se encuentran solo en el último grupo por lo cual se dirá que es significativamente diferente a las demás .



## **Interpretación y discusión para diámetro de zanahoria**

Se interpreta que el tratamiento “C” con un nivel de fertirrigación potásica de 400 Kg/ha tuvo mejores resultados con un diámetro promedio de 5.1950 cm en comparación con el tratamiento testigo “T” con un nivel de fertirrigación potásica de 0 Kg/ha con una longitud promedio de 4.42 cm, por lo cual permite deducir que el contenido nutricional de potasio en es proporcional al diámetro de zanahoria (*Daucus carota L.*) *Var Royal Chantenay*.

Comparando con los resultados de VALVERDE MARTINEZ (2016) el cual Indica que el diametro promedio de zanahoria es de 15.50 cm con la aplicación de bio fertilizantes en una dosis de BIOL (3 m<sup>3</sup>/ha), se resalta que el método de evaluación de diámetro fue medir la circunferencia mayor de la raíz de zanahoria. Y también se compara con los resultados de CASTILLO CASTRO (2014) quien menciona que obtuvo un diametro de raiz de 4.20 cm con un tratamiento de 6 tn/ha de humus de lombriz y un sistema de siembra de melgas con hileras. Se resalta que el sistema de siembra de CASTILLO CASTRO (2014) fue el mismo que se utilizo para este trabajo de investigacion, Por lo cual tambien permite deducir que la calidad de suelo tambien influye en el diametro de raiz de zanahoria (*Daucus carota L.*) *Var Royal Chantenay*. Debido a que al tener un suelo de tetura arcillosa este no permite el desarrollo en longitud sino en diametro.

### **6.1.3. Longitud de zanahoria**

Se evaluó la longitud de zanahoria con la ayuda de una wincha métrica de 5 metros para lo cual se seleccionaron 20 muestras de zanahorias representativas de cada unidad experimental, todas obtenidas al azar para así obtener el siguiente cuadro.

**Tabla 9.** Media de Muestra Poblacional para Longitud de Zanahoria en (cm)

BLOQUE	TRATAMIENTO				SUMATORIA	PROMEDIO
	A	B	C	T		
BLOQUE 1	13.23	14.15	14.25	12.13	53.76	13.44
BLOQUE 2	13.2	14.03	14.95	12.2	54.38	13.595
BLOQUE 3	12.53	13.65	14.9	12.25	53.33	13.3325
BLOQUE 4	12.43	14.83	15.38	11.65	54.29	13.5725
SUMATORIA	51.39	56.66	59.48	48.23	215.76	
PROMEDIO	12.8475	14.165	14.87	12.0575		

Elaboración propia

### Análisis de varianza para longitud de zanahoria

Luego de elaborar la tabla de la muestra poblacional de longitud de zanahoria se procedió a realizar el análisis de varianza entre tratamientos y bloques, la misma que se realizó en el software estadístico MINITAB V19.

**Cuadro 16.** Información de los factores para Longitud de Zanahoria

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	4	A; B; C; T
BLOQUES	Fijo	4	1; 2; 3; 4

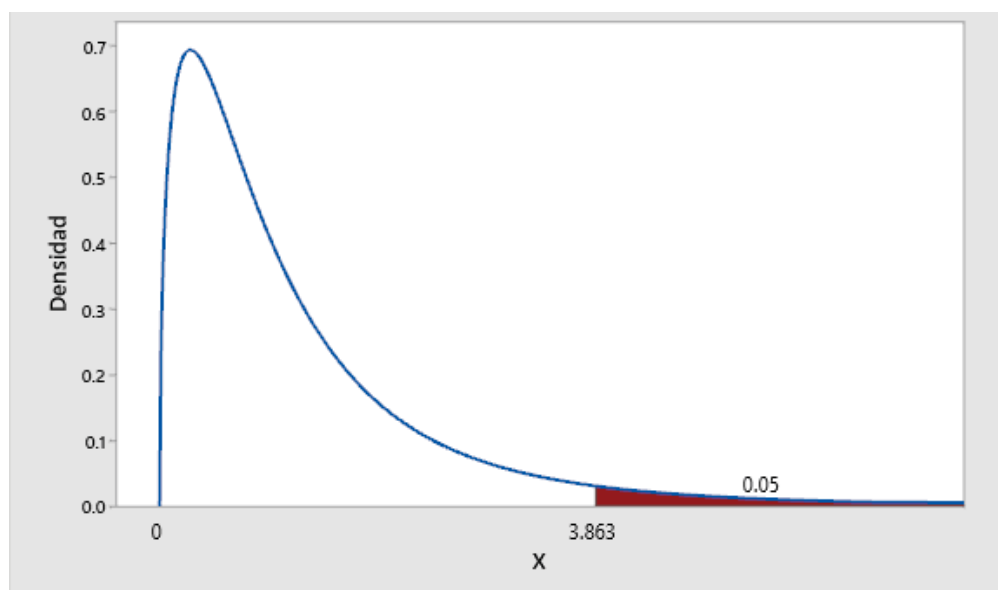
**Cuadro 17.** Resumen del modelo de evaluación para Longitud de Zanahoria

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.468081	90.81%	84.68%

**Cuadro 18.** Análisis de varianza de Longitud de Zanahoria

Fuente	GL	SC	MC	F	P
TRATAMIENTO	3	19.2991	6.43305	29.36	0.000
BLOQUES	3	0.1801	0.06005	0.27	0.843
ERROR	9	1.9719	0.21910		
TOTAL	15	21.4512			

**Gráfico 16.** Grafica de Distribución “F” para Longitud de Zanahoria



**DONDE:**

- **INFORMACION DE LOS FACTORES.** –aquí se muestra el número de tratamientos y el número de repeticiones los cuales son 4 tratamientos (A; B; C; D) y 4 bloques o repeticiones (1;2;3;4) respectivamente
- **RESUMEN DEL MODELO.** – este cuadro nos indica la desviación estándar que hay en nuestro estudio el cual es de 0.468081 y también se ve el  $R^2$  este dato nos indica el porcentaje de variación que hay en nuestro modelo, mientras mayor sea nuestro  $R^2$  mejor se ajustara el modelo a nuestros resultados en nuestro caso el valor de  $R^2$  es de 90.81%
- **CUADRO DE ANALISIS DE VARIANZA.** – en este cuadro se encuentra el estudio de grados de libertad de tratamiento, bloques, error y del total , los cuales son (3;3;9 y 15) respectivamente así como también se encuentra la suma de cuadrados, del tratamiento , de los bloques ,del error y del total los cuales se obtuvieron los siguientes datos (19.2991 ; 0.1801 ; 1.9719 ; 21.4512) respectivamente , luego de ello se muestra el cuadrado medio de los tratamientos , bloques y del error donde obtuvimos los siguientes valores (6.4330 ; 0.0600 ; 0.2191),respectivamente con estos valores se llegó a obtener el valor de “F”

calculado y el valor de probabilidad para los tratamientos y para los bloques los cuales fueron (29.36 ; 0.27) y (0.000 ; 0.843) respectivamente con los cuales inferiremos para ver si se acepta la hipótesis nula o la hipótesis alternativa

✓ **PARA TRATAMIENTOS**

En este caso se ve que el valor de probabilidad para tratamientos es menor a 0.05 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula,

$$0.000 < 0.05$$

también se dirá que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una prueba de comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

En este caso se ve que el valor de la probabilidad “p” es mayor a 0.05 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$0.843 > 0.05$$

también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias.

- **GRAFICA DE DISTRIBUCION “F”**. - En este gráfico se nos muestra 2 zonas, la primera en color blanco que es la zona de aceptación y la zona de color rojo que es la zona de rechazo, en el medio de ambos se encuentra el valor crítico que divide la zona de aceptación con la zona de rechazo, este valor crítico se obtiene con los grados de libertad de tratamientos y con los grados de libertad del error, este valor se ubica con la tabla de valores críticos de “F”. En nuestro caso el valor crítico es de 3. 863. Este nos ayuda a determinar de manera fehaciente si se acepta la hipótesis nula o se acepta la hipótesis alternativa

✓ **PARA TRATAMIENTOS**

En este caso se ve que el valor de F calculado es mayor al del valor crítico obtenido por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula,

$$29.36 > 3.863$$

también se dirá que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una prueba de comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

En este caso se ve que el valor de "F" calculado es menor a 3.863 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$0.27 < 3.863$$

también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias,

**Comparación de medias para tratamientos de diámetro de zanahoria**

Como la prueba de F resultó significativa y se declaró la existencia de diferencias significativas por lo menos para un par de medias de los tratamientos, El siguiente paso que se llevara a cabo es comparar a las medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey.

**Cuadro 19.** *Medias de Longitud de Zanahoria*

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.Est.</b>	<b>IC de 95%</b>
A	4	12.848	0.426	(12.386; 13.309)
B	4	14.165	0.492	(13.704; 14.626)
C	4	14.870	0.466	(14.409; 15.331)
T	4	12.057	0.276	(11.596; 12.519)

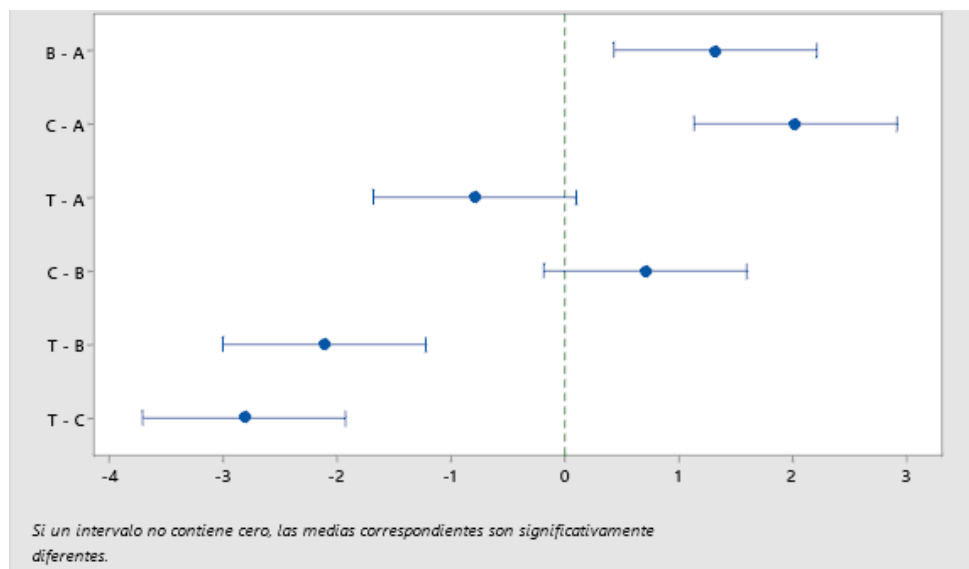
*Desviación estándar. agrupada = 0.423483*

**Cuadro 20.** Agrupación de medias con el método de Tukey y una confianza de 95%

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
C	4	14.870	A
B	4	14.165	A
A	4	12.848	B
T	4	12.057	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Gráfico 17.** Intervalo de confianza de tukey al 95% para Longitud de Zanahoria



**DONDE:**

- **HIPOTESIS.** Detalla las hipótesis a utilizar, donde
  - **Hipótesis nula:** Todas las medias son iguales  
 $\text{Tratamiento A} = \text{Tratamiento B} = \text{Tratamiento C} = \text{Tratamiento T}$
  - **Hipótesis alterna:** por lo menos un par de medias son diferentes  
 $\text{Tratamiento A} \neq \text{Tratamiento B} \neq \text{Tratamiento C} \neq \text{Tratamiento T}$
  - **Nivel de significancia:** nos dice que tenemos un intervalo de confianza de 95%

- **EVALUACION DE MEDIAS**

El cuadro número 20 nos muestra las diferentes medias de los tratamientos A, B, C, T (12.848; 14.165; 14.870; 12.057) con su respectivo intervalo de confianza

- **INTERVALO DE CONFIANZA**

El gráfico 19 nos muestra los diferentes intervalos de confianza de las medias, para el Tratamiento A (12.386; 13.309), para el tratamiento B (13.704; 14.626), para el tratamiento C (14.409; 15.331) y finalmente para el tratamiento T (11.596; 12.519), cuando los intervalos contienen al cero se dirá que son significativamente iguales entre si, y en el caso que no contengan al cero se dirá que son diferentes entre sí.

- **AGRUPACION DE PAREJAS DE TUKEY**

En el cuadro 21 se nos muestra los grupos que son estadísticamente iguales entre sí por el traslape entre sus intervalos de confianza, en el gráfico se muestra que el tratamiento “C” esta junto con el tratamiento “B” se les ve en el mismo grupo, por lo cual se diría que son significativamente iguales entre sí, así también los tratamientos “A” y “T” están en un mismo grupo por lo que se dirá que son significativamente iguales entre sí

### **Interpretación y discusión para Longitud de Zanahoria**

Se interpreta que el tratamiento “C” con un nivel de fertirrigación potásica de 400 Kg/ha tuvo mejores resultados con una longitud promedio de 14.87 cm en comparación con el tratamiento testigo “T” con un nivel de fertirrigación potásica de 0 Kg/ha con una longitud promedio de 12.057 cm, por lo cual permite deducir que el contenido nutricional de potasio en es proporcional a la longitud de zanahoria (*Daucus carota L.*) Var Royal Chantenay.

En comparacion a VALVERDE MARTINEZ (2016) Quien menciona en su trabajo de investigacion que la longitud promedio de la zaiz de zanahoria (*Daucus carota L.*) *Var Royal Chantenay* en el departamento de trujillo es de 15.71 cm con la aplicación de BIOL con una dosis de 3m<sup>3</sup>/ha, y por otro lado CASTILLO CASTRO (2014) tambien indica que de igual forma que con el diametro de la raiz, el humus de lombriz en cantidad de 6tn/ha con un sistema de siembra de melgas con hileras tiene como resultado una longitud de raiz promedio de 16.80 cm. Por lo cual tambien permite deducir que la calidad de suelo tambien influye en la longitud de raiz de zanahoria (*Daucus carota L.*) *Var Royal Chantenay*.

#### 6.1.4. Rendimiento de zanahoria por unidad experimental

En este caso se evaluó el rendimiento de todas las unidades experimentales.

Esta misma se obtuvo pesando la producción de cada unidad experimental, todas por separado donde se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 10.** Análisis de Varianza para Rendimiento de Zanahoria

	RENDIMIENTO DE ZANAHORIA KG/SURCO						PROMEDIO
		TRATAMIENTOS					
REPETICIONES	BLOQUES	A	B	C	T	SUMATORIA	
	BLOQUE 1	14.24	15.20	18.80	11.9	60.14	15.035
	BLOQUE 2	12.64	16.48	16.80	9.40	55.32	13.83
	BLOQUE 3	13.50	16.00	15.40	11.20	56.10	14.025
	BLOQUE 4	15.60	19.92	19.44	9.80	64.76	16.19
	SUMATORIA	55.98	67.6	70.44	42.3	236.32	
	PROMEDIO	13.995	16.9	17.61	10.575		

*Elaboración propia*



Luego de elaborar la tabla de la muestra poblacional de rendimiento de zanahoria por unidad experimental se procedió a realizar el análisis de varianza entre tratamientos y bloques, la misma que se realizó en el software estadístico MINITAB V19.

**Cuadro 21.** Información de los factores de rendimiento por unidad experimental

Factor	Tipo	Niveles	Valores
TRATAMIENTO	Fijo	4	A; B; C; T
BLOQUES	Fijo	4	1; 2; 3; 4

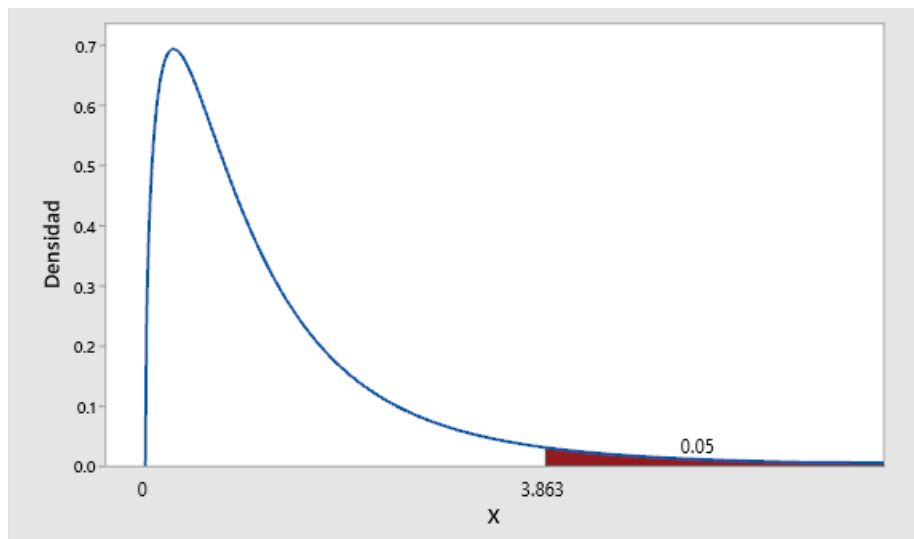
**Cuadro 22.** Resumen del modelo de rendimiento por unidad experimental

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
1.41600	88.38%	80.64%

**Cuadro 23.** Análisis de varianza de rendimiento por unidad experimental

Fuente	GL	SC	MC	F	P
TRATAMIENTO	3	123.20	41.068	20.48	0.000
BLOQUES	3	14.10	4.700	2.34	0.141
Error	9	18.05	2.005		
Total	15	155.35			

**Gráfico 18.** Grafica de Distribución "F" para rendimiento por unidad experimental



**DONDE:**

- **INFORMACION DE LOS FACTORES.** – En el cuadro 22 se muestra el número de tratamientos y el número de repeticiones los cuales son de 4 tratamientos (A; B; C; D)
  - **RESUMEN DEL MODELO.** – El cuadro 23 nos indica la desviación estándar que hay en nuestro estudio el cual es de 1.41600 y también se ve el  $R^2$  este dato nos indica el porcentaje de variación que hay en nuestro modelo, mientras mayor sea nuestro  $R^2$  mejor se ajustara el modelo a nuestros resultados, en nuestro caso el valor de  $R^2$  es de 88.38%
  - **CUADRO DE ANALISIS DE VARIANZA.** – en el cuadro se encuentra el estudio de grados de libertad de tratamiento, de bloques, de error y del total , los cuales son (3;3;9 y 15) respectivamente así como también se encuentra la suma de cuadrados, del tratamiento , de los bloques ,del error y del total los cuales se obtuvieron los siguientes datos (123.20 ;14.10 ;18.05 ;155.35) respectivamente , luego de ello se muestra el cuadrado medio de los tratamientos , bloques y del error donde obtuvimos los siguientes valores (41.068 ; 4.700 ; 2.005),respectivamente con estos valores se llegó a obtener el valor de “F” tabulado y el valor de probabilidad para los tratamientos y para los bloques los cuales fueron (20.48 ; 2.43) y (0.000 ; 0.141) respectivamente con los cuales inferiremos para ver si se acepta la hipótesis nula o la hipótesis alternativa
- ✓ **PARA TRATAMIENTOS**
- En este caso se ve que el valor de probabilidad para tratamientos es menor a 0.05 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula,

$$0.000 < 0.05$$

- también se diría que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

- En este caso se ve que el valor de la probabilidad “p” es mayor a 0.05 por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$0.141 > 0.05$$

- también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias,
- **GRAFICA DE DISTRIBUCION “F”.** - En este gráfico se nos muestra 2 zonas, la primera en color blanco que es la zona de aceptación y la zona de color rojo que es la zona de rechazo, en el medio de ambos se encuentra el valor crítico que divide la zona de aceptación con la zona de rechazo, este valor crítico se obtiene con los grados de libertad de tratamientos, con los grados de libertad del error estos se ubican con la tabla de valores críticos de “F”. En nuestro caso el valor crítico es de 3. 863. Este valor nos ayuda a determinar de manera fehaciente si se acepta la hipótesis nula o se acepta la hipótesis alternativa

✓ **PARA TRATAMIENTOS**

- En este caso se ve que el valor de F calculado es mayor al del valor crítico obtenido por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula,

$$20.48 > 3.863$$

- también se diría que existe diferencia mínima significativa entre una o más de sus medias, por lo cual se recomienda realizar una prueba de comparación de medias

✓ **PARA BLOQUES**

- En este caso se ve que el valor de “F” calculado es menor al del valor crítico obtenido por lo cual se dirá que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa

$$2.34 < 3.863$$

- también se dirá que no existe diferencia mínima significativa entre ninguna de sus medias.

**Comparación de medias para tratamientos de rendimiento de zanahoria por unidad experimental**

Como la prueba de F resulto significativa y se declaró la existencia de diferencias significativas por lo menos para un par de medias de los tratamientos, El siguiente paso que se llevara a cabo es comparar a las medias de los tratamientos a través de la prueba de Tukey al 95% de confianza

**Cuadro 24.** *Medias de Rendimiento de Zanahoria por Unidad Experimental*

TRATAMIENTO	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
A	4	13.995	1.254	(12.212; 15.778)
B	4	16.90	2.08	(15.12; 18.68)
C	4	17.610	1.853	(15.827; 19.393)
T	4	10.575	1.173	(8.792; 12.358)

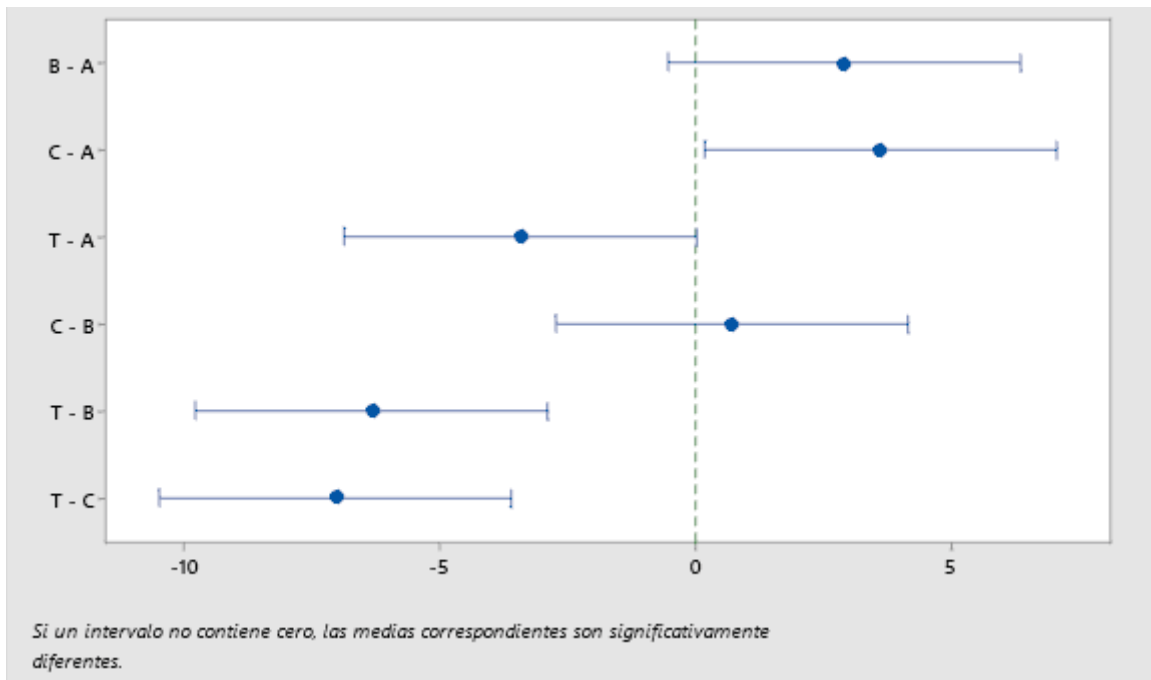
*Desv.Est. agrupada = 1.63673*

**Cuadro 25.** *Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%*

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación	
C	4	17.610	A	
B	4	16.90	A	B
A	4	13.995	B	C
T	4	10.575	C	

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Gráfico 19.** Intervalos de Confianza para Rendimiento de Zanahoria por Unidad Experimental



**DONDE:**

- **HIPOTESIS.** Detalla las hipótesis a utilizar, donde
  - **Hipótesis nula:** Todas las medias son iguales  
**Tratamiento A = Tratamiento B = Tratamiento C = Tratamiento T**
  - **Hipótesis alterna:** por lo menos un par de medias son diferentes  
**Tratamiento A ≠ Tratamiento B ≠ Tratamiento C ≠ Tratamiento T**
  - **Nivel de significancia:** nos dice que tenemos un intervalo de confianza de 95%

● **EVALUACION DE MEDIAS**

El cuadro número 25 nos muestra las diferentes medias de los tratamientos A, B, C, T (13.995; 16.90; 17.610; 10.575) con su respectivo intervalo de confianza

● **INTERVALO DE CONFIANZA**

El gráfico 21 nos muestra los diferentes intervalos de confianza de las medias, para el Tratamiento A (12.212 ;15.778), para el tratamiento B (15.12; 18.68), para el tratamiento

C (15.827; 19;393) y finalmente para el tratamiento T (8.792; 12.358), cuando los intervalos contienen al cero se dirá que son significativamente iguales entre si, y en el caso que no contengan al cero se dirá que son diferentes entre sí.

- **AGRUPACION DE PAREJAS DE TUKEY**

En el cuadro 26 se nos muestra los grupos que son estadísticamente iguales por el traslape entre sus intervalos de confianza, en el gráfico se muestra que los tratamientos “C” Y “B” están en el mismo grupo, por lo cual se diría que son significativamente iguales y así también los tratamientos “B” y “A” que están en un mismo grupo y así también los tratamientos “A” y “T” que se encuentran en un mismo grupo por lo cual son significativamente iguales entre si.

### Rendimiento por hectárea

El rendimiento por hectárea so obtuvo haciendo una conversión de unidades y áreas.

**DONDE:**

$$\frac{\text{RENDIMIENTO DE UNIDAD EXPERIMENTAL(kg)}}{X} \times \frac{\text{AREA DE UNIDAD EXPERIMENTALm}^2}{10000 \text{ m}^2}$$

**Tabla 11. Rendimientos por Hectárea**

Tratamientos	Media	Kg/ha	Tn /ha
Tratamientos c	17.610	97.833	97.83
Tratamientos b	16.900	93.889	93.89
Tratamientos a	13.995	77.750	77.75
Tratamientos t	10.575	58.750	58.75

*Elaboración propia*

## **Interpretación y discusión para rendimiento de Zanahoria por unidad experimental**

En cuanto al rendimiento de zanahoria el tratamiento “C” con un nivel de fertirrigación potásica de 450 Kg/ha se evidenció que tuvo mejores resultados con rendimiento por unidad experimental promedio de 17.61 Kg en comparación con el tratamiento testigo “T” con un nivel de fertirrigación potásica de 0 Kg/ha que tuvo un rendimiento por unidad experimental promedio de 10.575 Kg por lo cual este resultado nos permite deducir que el contenido nutricional de potasio es proporcional al rendimiento de zanahoria (*Daucus carota L.*) *Var Royal Chantenay*

Por otro lado tenemos el trabajo de investigación de VALVERDE MARTINEZ (2016) quien indica que el rendimiento promedio del cultivo de zanahoria fue de 34.557 Kg/ha este con la aplicación de BIOL con una dosis de (3 m<sup>3</sup>/ha) dando a entender que el biol fomenta el desarrollo radicular y también tenemos los resultados de CASTILLO CASTRO (2014) quien en su trabajo de investigación obtuvo un rendimiento promedio de 48.12 tn/ha de zanahoria (*Daucus carota L.*) *Var Royal Chantenay* bajo un sistema de siembra de melgas con hileras con un tratamiento de 6 tn/ha de humus de lombriz .

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se concluye que la dosificación fue adecuada para el cultivo de zanahoria ya que no se presentaron deficiencias nutricionales durante la conducción del trabajo de investigación. Se resalta que se consideraron 8 etapas bien marcadas en su ciclo productivo las cuales son v1, v4, v6, 10%, 30%, 60%, 80% y MC. Para estas etapas se formuló una distribución de fertilizantes para cada elemento nutritivo. para el nitrógeno fue de 1.09%, 3.60%, 7.53%, 14.48%, 20.07%, 23.02%, 28.01% y 2.20% respectivamente. Para el fósforo fue de 1.30%, 2.83%, 8.19%, 14.62%, 17.76%, 23.20%, 28.02% y 4.06% respectivamente y finalmente para el potasio con el cual se hizo solo una distribución para los tres niveles propuestos ( $300 \text{ Kg/ha}$   $350 \text{ Kg/ha}$   $400 \text{ Kg/ha}$ ) los cuales son 1.24%, 2.63%, 8.51%, 14.90%, 20.69%, 22.24%, 25.41% Y 4.38% respectivamente para cada etapa fenológica.

En cuanto al volumen de agua requerido como riego complementario se concluye que el volumen de agua aplicado como riego complementario fue el adecuado debido a que no se evidenciaron problemas de requerimiento hídrico durante la conducción del presente trabajo, se menciona que el volumen de agua necesario a aplicar fue de  $5.548 \text{ m}^3$  o una lámina de 153.94 mm en todo el ciclo productivo del cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*) Var *Royal Chantenay* en la campaña 2019 – 2020.

Respecto a las características radiculares que se evaluaron se concluye que, el tratamiento “C” con un nivel de fertirrigación de  $400 \text{ Kg/ha}$  fue el que mejor se desempeñó con un rendimiento por hectárea promedio de  $97.83 \text{ Tn/ha}$  también con una longitud promedio de zanahoria de 14.870 cm así también en cuanto a diámetro de zanahoria se obtuvo un resultado de 6.043 cm y finalmente para peso de zanahoria se obtuvo un resultado de 0.228 kg.



Por lo tanto, se concluye que los diferentes niveles de fertirrigación potásica si tienen un efecto directo en el desarrollo radicular de la zanahoria la cual se ve reflejada en el rendimiento por unidad experimental, longitud, diámetro y peso de zanahoria (*Daucus carota L.*) Var *Royal Chantenay*.

## RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones se dan de acuerdo a las observaciones que se vieron en el desarrollo de este trabajo de investigación bajo las condiciones ambientales, físicas y biológicas del Centro Agronómico K'ayra.

- Realizar la evaluación económica para los mismos niveles de fertirrigación potásica.
- Realizar un trabajo de investigación en una época del año diferente.
- Realizar estudios de nutrición potásica empleando diferentes tipos de sustratos.
- Corroborar los resultados del cultivo empleando diferentes tipos de variedades.
- Realizar un trabajo de investigación con diferentes sistemas de siembra y posterior evaluación económica.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AGROES.ES. (16 de noviembre de 2021). Obtenido de LEY DEL MINIMO O LEY DE LIEBIG FERTILIZACION DE CULTIVOS:  
<https://www.agroes.es/agricultura/abonos/134-ley-delminimo-en-fertilizacion>
- AGRORIEGO MOCHE VERDE . (16 de noviembre de 2021). Obtenido de FILTRO DE ANILLOS DE 3": <https://grupomocheverde.com/producto/filtro-de-anillos-de-3/>
- AGROTENDENCIA. (15 de noviembre de 2021). Obtenido de CULTIVO DE ZANAHORIA: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-zanahoria/>
- ANGELES HERNANDEZ, J. (2019). INTAGRI. *SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO: DISEÑO, OPERACION, MANTENIMIENTO Y EVALUACION*, 1-5. Obtenido de SISTEMAS DE RIEGO POR GOTEO : DDISEÑO, OPERACION, MANTENIMIENTO Y EVALUACION.
- BACA GARCIA, C., VIVANCO PEREZ , R., ABARCA PAREDES , R., BORDA HUAMAN, R., CANAL SOLIS , A., PAREJA PAREJA, L., . . . CHACON, C. (2010). *MANUAL TECNICO DE RIEGO PRESURIZADO*. PROGRAMA DE RIEGO TECNIFICADO, CUSCO.
- BARRIENTOS GUILLEN, E. (2014). UTILIZACION DE DIFERENTES DOSIS DE BIOL EN LA PRODUCCION DE ZANAHORIA (*Daucus carota* L.) EN EL DISTRITO DE PISAC- CUSCO. *TESIS DE PREGRADO*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO- REPOSITORIO UNSAAC, CUSCO, PERU.
- BERTSCH. (2009). *Absorción de nutrimentos por los cultivos*. SAN JOSE, COSTA RICA: ACCS.
- BRICEÑO YEN, H., ALVAREZ BENAUTE, L. M., & VALVERDE RODRIGUEZ, A. (1 de SEPTIEMBRE - DICEIMBRE de 2019). *REVISTA INVESTIGACION AGRARIA*. Obtenido de REVISTA INVESTIGACION AGRARIA:  
<http://revistas.unheval.edu.pe/index.php/reina/article/view/846>
- CADAHIA, C. (2005). *fertilizacion de cultivos hortícolas, frutales y ornamentales*. MADRID, BARCELONA, MEXICO: MUNDI PRENSA.
- CASACA, A. (2005). EL CULTIVO DE ZANAHORIA. *GUIAS TECNOLOGICAS DE FRUTAS Y VEGETALES*, 1-13.
- CASTAÑON, G. (2000). *ingenieria del riego utilizacion racional del agua*. ESPAÑA: PARANIFO LEARNING.

- CASTILLO CASTRO, V. (2014). *ABONAMIENTO ORGANICO EN BASE A CUATRO NIVELES DE HUMUS DE LOMBRIZ Y DOS SISTEMAS DE SIEMBRA EN EL CULTIVO DE ZANAHORIA (Daucus carota L.) VAR CHNTENAY EN CONDICIONES DE ZONAS ARIDAS [TESIS GRADO] UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA*. RENATI, AREQUIPA, PERU.
- CISNEROS ALMAZAN, R. (2003). apuntes de la materia de riego y drenaje. *CENTRO DE INVESTIGACION Y ESTUDIOS DE POSTGRADO Y AREA GEODESICA*, 163.
- CORREA GONZALES , B. (2004). *AUTOMATIZACION DE SISTEMAS DE RIEGO E INYECCION DE NUTRIMENTOS [ CASO DE ESTUDIO ] CENTRO DE INVESTIGACION EN QUIMICA APLICADA*. CIQA, MEXICO.
- COSME , R. (2010). tecnologia de produccion de zanahoria. *instituto nacional de innovacion agraria*, 1 - 45.
- DEL REY, I. (18 de junio de 2019). *TILOON*. Obtenido de LEY DEL MÍNIMO DE LIEBIG: <https://www.tiloom.com/ley-del-minimo-de-liebig/>
- Dr. CALDERON LABORATORIOS LTDA. (12 de mayo de 2001). *drcalderonlabs.com*. Obtenido de El uso del Tensiómetro como herramienta para la toma de decisiones de riego en los cultivos hidropónicos bajo invernadero.: [http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Riego\\_Por\\_Tensiometro.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Riego_Por_Tensiometro.htm)
- ECOFORCE. (2018). plan orientativo abonado de zanahoria. *ecoforce*, 1-5.
- FAO. (2006). *EVAPOTRANSPIRACION DEL CULTIVO*.
- FERNANDEZ GOMEZ, R. (2010). *MANUAL DE RIEGO PARA AGRICULTORES - MODULO 4 RIEGO LOCALIZADO*. SEVILLA: JUNTA DE ANDALUCIA - CONSEJERIA DE AGRICULTURA Y PESCA .
- FERTIBOX. (2019). El potasio y su importancia en el crecimiento vegetal. *fertibox*, 1-3.
- FERTISQUISA. (2007). planta formuladora, mezcladora y envasadora de fertilizantes . *cloruro de potasio*, 1-8.
- GARCIA. (2002). *El Cultivo de la zanahoria*. uruguay : Departamento de produccion vegetal centro regional sur.
- GARRAFA, N. (2017). *Demanda hídrica del cultivo de papa variedad canchan (Solanum tuberosum) con riego por goteo en el Centro Agronómico K'ayra - Cusco [TESIS LICENCIATURA] UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO*

- ABAD DEL CUSCO. REPOSITORIO INSTITUCIONAL. Obtenido de <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1752>
- GAVIOLA, J. C. (2013). *manual de produccion de zanahoria*. MENDOZA - ARGENTINA: INTA (instituto nacional de tecnologia agropecuaria).
- GUERRERO, S. (15 de JULIO de 2013). *COMPONENTES DE RIEGO TECNIFICADO*. Obtenido de SLIDESHARE.NET: <https://es.slideshare.net/lindasusanguerreroisuiza/componentes-riego-tecnificado>
- HAYASHI, R. (2014). riego localizado. *FACULTAD DE AGRONOMIA UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA*, 1-14.
- HYDROENVYROMENT. (9 de 12 de 2020). *hidroenvyroment*. Obtenido de HYDRO ENVYROMENT: [https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=427](https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=427)
- IICA. (2016). MANUAL PRACTICO DE FERTIRRIGACION. *PROYECTO INSIGNIA RESILIENCIA Y GESTION INTEGRAL DE RIESGOS EN LA AGRICULTURA*, 1-18.
- INFOJARDIN. (06 de DICIEMBRE de 2020). *carencia de nitrogeno , fosforo y potasio*. Obtenido de infojardin: <https://articulos.infojardin.com/articulos/carencias-nitrogeno-fosforo-potasio.htm#fosforo>
- INFOPOS. (2000). efecto de la fertilizacion potasica sobre la produccion y calidad de naranjo valencia late plantado sobre un suelo ferrico Citado por FUENTES MAZARIEGOS 2014. *instituto de fosforo y potasio*, 1-68.
- INIA. (2009). *zanahoria inia 101*. HUARAL: DIRECCION DE EXTENCION AGRARIA unidad de medios y comunicacion tecnica.
- INTAGRI. (10 de 12 de 2020). *intagri.com*. Obtenido de intagri.com: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/manejo-de-la-fertirrigacion-con-venturi>
- KRARUP. (2010). Efecto del lugar de cultivo el momento de cosecha, sobre los rendimientos y parámetros de calidad del jugo producido por seis genotipos de zanahoria. *Agro Sur online*, 57-69.
- LARDIZABAL, R., & THEODORACOPOULOS, M. (2007). produccion de zanahoria. *entrenamiento y desarrollo de agricultores*, 1-6.
- LEON CARRASCO, J. C. (26 de abril de 2021). *AGRARIA.PE*. Obtenido de Perú produjo 192.126 toneladas de zanahoria en el 2020:

<https://agraria.pe/noticias/peru-produjo-192-126-toneladas-de-zanahoria-en-el-2020-24214>

- LIOTTA, M. (2015). RIEGO POR GOTEO. *MANUAL DE CAPACITADOR*, 1-25.
- MAROTO BORREGO, J., & BAIXAULI SORIA, C. (2016). ZANAHORIA. *CULTIVOS HORTICOLAS AL AIRE LIBRE*, 111 - 129.
- MINEM. (2008). ESTUDIO EVALUACIONES AMBIENTALES COMPLEMENTARIAS DEL PROYECTO AGROENERGÉTICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA PUCARÁ . *CENTRO DE CONSERVACION DE ENERGIA Y DEL AMBIENTE*, 1-73.
- OLTRA, C. M. (3 de DICIEMBRE de 2012). *fertirrigacion*. Obtenido de fertirrigacion: <https://www.fertirrigacion.com/que-es-la-fertirrigacion/>
- PADILLA, w. (2005). fertilizacion de selos y nutricion vegetal. *AGRIBIOLAB*, 10-24.
- PERDOMO, C., & BARBAZAN, M. (2001). nitrogeno. *AREA DE SUELOS Y AGUAS, CATEDRA DE FERTILIDAD*, 1-13.
- QUEZADA, C., FISHER, S., CAMPOS, J., & ARDILES, D. (2011). WATER REQUIREMENTS AND WATER USE EFFICIENCY OF CARROT UNDER DRIP IRRIGATION IN A HAPLOXERAND SOIL. *REVISTA DE CIENCIA DE SUELO Y NUTRICION VEGETAL*, 16-28.
- REITEC. (2020). *omron electronics*. S.A. Obtenido de REITEC: <http://www.reitec.es/Pdf/agua02.pdf>
- RICASCA , Z. (2000). Evaluacion de Tres Fraccionamientos del Nivel de Fertilizacion 160-160-140 Mediante Fertirrigacion en el Cultivo de Papa. *TESIS UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO*.
- ROSAS CATALAN, V. (2011). *EVALUACION DE POTENCIAL PRODUCTIVO DE TRES CULTIVARES DE ZANAHORIA (Daucus carota L.) EN VALDIVIA [TESIS DE GRADO] UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE*. REPOSTORIO AUSTRAL DE CHILE, VALDIVIA , CHILE.
- SAAVEDRA DEL REAL, G., & KEHR MELLADO, E. (2019). ZANAHORIA (DAUCUS CAROTA L., VAR. SATIVUS HOFFM.). *HORTALIZAS PARA PROCESAMIENTO AGROINDUSTRIAL*, 71 - 115.
- SALO, T., SUOJALA, T., & KALLELA, M. (2002). EL EFECTO DE LA FERTIGACIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DE COL,

ZANAHORIA Y CEBOLLA. *SOCIEDAD INTERNACIONAL DE CIENCIAS HORTICOLAS-ACTA HORTIC*, 235-241.

SANTOS PEREIRA, L., TARJELO MARTIN BENITO, J., PICORNELL BUENDIA, M., & DE JUAN VALERO, J. (2010). *el riego y sus tecnologías*. ALBACETE, ESPAÑA: CREA- UCLM.

SCRIBD. (21 de mayo de 2015). Obtenido de ETAPAS FENOLOGICAS DE LA ZANAHORIA: <https://es.scribd.com/doc/266078900/etapas-fenologicas-de-la-zanahoria>

SEMINIS. (2012). *ZANAHORIA CHANTENAY LA PRIMERA Y LA DE SIEMPRE*. SEMINIS VEGETABLE SEEDS.

SENASA. (30 de julio de 2020). *PLATAFORMA DIGITAL UNICA DEL ESTADO PERUANO*. Obtenido de GUIA DE IMPLEMENTACION PARA LAS BUENAS PRACTICAS AGRICOLAS (BPA) PARA EL CULTIVO DE ZANAHORIA: <https://www.gob.pe/institucion/senasa/informes-publicaciones/939540-guia-de-buenas-practicas-agricolas-para-cultivo-de-zanahoria>

SINFUENTES, E., ALBUJAR, V., & CAJAS, J. (2018). boletin estadistico de produccion agricola y ganadera. *SISTEMA INTEGRADO DE ESTADISTICA AGRARIA*, 53.

SOSA, A., RUIZ, G., BAZANTE, I., MENDOZA, A., ETCHEVERS, J. D., PADILLA, J., & CASTELLANOS, J. Z. (2013). absorcion de nitrogeno fosforo y potasio en la zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada en el bajo Mexico. *IAH-11*, 1-4.

TALENS, J. A. (2009). *riego localizado y fertirrigacion*. madrid - barcelona - mexico: Mundi - prensa.

TENORIO PILLACA, M., BARTUREN OCAMPO, L., & TUÑOQUE BALDERA, J. (2014). OPERACION Y MANTENIMIENTO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION EN LADERAS. *SERIE MANUAL TECNICO N° 1 PROGRAMA SUB SECTORIAL DE IRRIGACIONES - PSI ; PROGRAMA DE RIEGO TECNIFICADO - PRT*, 4-26.

TP. (16 de NOVIEMBRE de 2021). *TP LABORATORIO CLINICO*. Obtenido de PHMETRO (MEDIDOR DE PH): <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/phmetro.html>

UDEP. (2020). *universidad de piura*. Obtenido de udep: [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_136\\_147\\_89\\_1257.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_136_147_89_1257.pdf)

- VALIOMETRO. (16 de noviembre de 2021). *VALIOMETRO.PE*. Obtenido de Medidor de pH, humedad, temperatura y luz de suelo YH-Soil4in1: <https://www.valiometro.pe/medidor-de-ph-humedad-temperatura-y-luz-de-suelo-yh-soil4in1>
- VALVERDE MARTINEZ, R. (2016). *EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOFERTILIZACIÓN BIOL EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ZANAHORIA (Daucus carota L.) Var. ROYAL CHANTENAY [TESIS GRADO] UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO. RENATI SUNEDU, TRUJILLO.*
- VARGAS BENITO, M. (2007). *DISEÑO Y EVALUACION DE INYECTORES DE FERTILIZANTE TIPO VENTURI [TESIS DE GRADO] UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES. LA PAZ, BOLIVIA.*
- VEGA, MENDEZ, & WERNER. (2011). analisis de crecimiento de cinco hibridos de zanahoria. *UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS.*
- VILLABLANCA F., A., & VILLAVICENCIO P., A. (2010). COMPONENTES DE UN CABEZAL DE RIEGO PRESURIZADO. *INFORMATIVO INIA - URURI, 1 - 4.*
- VILLODAS, R. (2008). *hidrologia, la hidrologia en el ciclo hidrológico. argentina: universidad nacional de coya.*



# ANEXOS

**Anexo 1. Remoción del Terreno**



**Anexo 2. Preparación de Camas**



**Anexo 3. Instalación del Sistema de Riego por Goteo**



**Anexo 4. Instalación de las Cintas de Riego**



**Anexo 5. Siembra de Cultivo de Zanahoria**



**Anexo 6. Adquisición e Instalación del Sistema de Fertirrigación**



*Anexo 7. Desahije en el Cultivo de Zanahoria*



**Anexo 8. Deshierbe Manual en el Cultivo de Zanahoria**



**Anexo 9. Limpieza de Captación N° 4 “chanchería”**



**Anexo 10. Instalación de Tensiómetros en Campo**



*Anexo 11. Preparación de Solución Madre para Fertirrigación*







**Anexo 12. Fertirrigando el cultivo de zanahoria**



**Anexo 13. Evaluando el pH de la Solución Madre**



**Anexo 14. Primer y Segundo Aporque**



**Anexo 15. Evaluando la Incidencia de Plagas y Enfermedades**



**Anexo 16. Evaluación de variables en gabinete**



**Anexo 17. Evaluación de Tensiómetros en Campo**



**Anexo 18. Cosecha de Zanahorias**



**Anexo 19. Base de Datos para Diámetro de Zanahoria**

Diámetro de zanahoria (tratamiento BAJO (A))			
A1	A2	A3	A4
5.8	5.2	5.1	5.6
5.1	5.6	6.3	6.2
5.9	6.2	4.7	5.2
6.1	5.5	4.7	6.2
5.8	5.9	5.7	5.1
5.3	5.4	5.6	5
4.9	4.9	5.2	6.2
5.8	4.7	4.9	4.8
4.8	4.8	4.9	5.2
5.5	4.8	5	4.5
5.4	5.5	5	5
5.3	5.6	4.5	5.8
5.1	4.7	5.1	4.5
5.4	4.5	4.9	5.3
7.2	5.2	4.8	4.9
5.2	4.8	5	5.5
5.5	5.1	5.1	4.9
4.5	4.5	4.8	6
5.2	4	4.3	5
4.8	4.9	4.1	4.5

Diámetro de zanahoria (tratamiento MEDIO (B))			
B1	B2	B3	B4
4.7	4.8	4.8	5.5
4	5.6	5.5	5.9
5.5	5.7	4.5	6.8
4.6	6.2	6.4	6.3
4.2	6.2	6.2	6.6
4.9	5.5	5.6	5.8
6	5.2	5.5	6.6
5	5.2	6.2	5.7
5.9	5.5	5.2	5
7.5	6	6.4	5.8
6.3	6.8	5.6	5.5
5.4	6.3	4.7	5.4
5.8	6.3	5.1	5.4
5.3	5.2	5.3	5.5
5.3	6.2	5.8	6.1
4.6	5.5	5.4	5.3
5.5	5.9	5	4.5
6.1	4.7	5.8	4.5
5.1	6.2	4.7	5.4
5.3	5.9	4.5	4.1

Diámetro de zanahoria (tratamiento ALTO (C))			
C1	C2	C3	C4
6.2	5.7	6.4	6.8
7.4	6	5.7	5.5
5.8	6.1	6.1	6.1
6	5.2	5.6	7
6.7	6.1	6.5	5.5
7.2	7.2	7.2	5.3
7.2	7.8	6.7	5.3
6	6.4	6.1	7.3
5	5.8	6.2	7.4
6	6	6	6.6
6.8	5.5	6	6.3
5.8	6	5.4	6.9
6	4.8	5.5	5.9
6.2	5.3	5.8	6.8
7.1	4.8	6.2	6.4
5.1	4.9	5.7	6.1
6	4.9	6.4	6.9
5	5.7	6	5.3
6	4.9	5.2	6.4
4.7	5.7	6.9	4.9

Diámetro de zanahoria (tratamiento TESTIGO (T))			
T1	T2	T3	T4
4.9	5.1	5.2	5.3
4.3	4.4	5.3	4.6
4.7	4.4	4.5	4.1
5.1	3.7	4.5	4.8
4.7	4.3	4.3	4.9
5.5	4.4	3.8	5.1
5.2	4	4.9	4.1
5.5	5.3	4.4	4
4.7	5	4.6	4
4.4	4.2	4.2	4.6
5	3.8	5.1	4.3
4.8	4	5	4.2
4.6	4	4.7	5
4	4.4	5	4.4
4.3	4	4.2	4.3
4.7	3.9	4.1	4.1
3.5	4.1	3.5	3.4
4.3	3.7	4	5.5
4.3	4	3.5	4.4
3.9	3.3	3.6	3.7

**Anexo 20. Base de Datos para longitud de Zanahoria**

Largo de la zanahoria (tratamiento BAJO (A))			
A1	A2	A3	A4
14	14	14	13
15	15	13.5	11.5
14	15.5	13	14.5
14	14.5	12	13.5
16	14.5	13.5	12.5
12.5	13	14.5	13
14	14	13.5	14.5
12	11.5	13.5	14
12.5	13	11.5	13.5
11.5	13.5	14	12
13	13	12	13
12	13	13	11
16	11.5	13	12.5
12	12.5	10	13.5
15	13.5	13	10.5
13	12	11	13
13	14	10	10.5
11	12	12.5	11
14	13	11	11
10	11	12	10.5

Largo de la zanahoria (tratamiento MEDIO (B))			
B1	B2	B3	B4
11.5	14.5	13	16
12.5	15	14	15
14.5	13.5	13	16
14.5	13.5	12	16
12.5	12.5	15	17.5
15	14	18	18
13.5	15.5	14.5	17
13	13.5	14	16
14	14.5	11.5	15.5
16	14	15	13.5
16	15	14	15.5
16.5	13.5	15	13
15	15.5	15.5	14.5
14	14	14	14
14	12	12	12.5
12.5	13.5	13	12
14	17	14	13
14.5	12.5	10.5	12
14	15	13	14
15.5	12	12	15.5

Largo de la zanahoria (tratamiento ALTO (C))			
C1	C2	C3	C4
15	15	19.5	16.5
16	15.5	17	15.5
14.5	12.5	14	14
18	15	17.5	16
16	17	15	14.5
2	16.5	15.5	16
17.5	17	15	17
16	15.5	13	17
16	16	15	14.5
14	16	14.5	13
13	14.5	13	14
12.5	17	13	16.5
14	14.5	13.5	18
15.5	15	12.5	14.5
14	12.5	15.5	16
15.5	15	15.5	13
12	14	16.5	16.5
12	13	13.5	16
14	13.5	13.5	13
17.5	14	15.5	16

Largo de la zanahoria (tratamiento TESTIGO (T))			
T1	T2	T3	T4
14.5	13	12.5	11.5
13	11	13.5	11
13	12.5	12.5	11
12	14	13	11
13.5	12.5	12	12.5
13	12	14.5	12
12	14	11.5	13.5
11	12.5	12.5	14
12	13.5	11	11
11.5	11	12	11.5
12	11	12.5	13
11.5	11	11.5	10.5
12	13	11.5	12
11	12	12.5	13
11	13	13	10.5
12	10.5	12	11.5
12	12.5	13	11
13	11.5	12.5	11.5
12.5	11.5	11	11
10	12	10.5	10

**Anexo 21. Base de Datos para Peso de Zanahoria**

peso de zanahoria (tratamiento BAJO (A))			
A1	A2	A3	A4
210	187	174	193
169	208	247	204
203	252	138	187
230	201	131	222
195	236	176	129
181	146	179	183
150	130	163	247
160	112	155	185
114	145	125	191
126	136	159	107
151	183	137	165
188	197	118	190
199	116	121	146
161	128	105	160
419	162	124	140
158	134	122	195
201	163	128	127
88	101	124	185
163	111	79	126
95	115	76	120

Peso de zanahoria (tratamiento MEDIO (B))			
B1	B2	B3	B4
118	179	210	282
128	212	225	271
229	190	268	274
150	216	296	248
116	246	288	322
169	194	215	409
173	173	251	298
150	172	186	294
198	202	175	241
365	217	227	210
291	278	201	283
246	247	186	159
193	226	174	193
150	158	165	237
209	213	251	201
123	165	157	169
177	297	128	254
236	137	136	185
156	199	144	176
229	195	112	278

Peso de zanahoria (tratamiento ALTO (C))			
C1	C2	C3	C4
299	178	146	293
389	206	171	205
280	200	122	236
239	214	212	386
308	305	244	208
487	389	288	224
384	349	205	224
233	253	219	375
200	238	141	356
244	200	165	271
287	191	200	281
205	200	160	363
201	152	163	292
267	177	161	273
278	166	188	288
190	128	158	210
190	155	138	303
143	165	161	189
217	142	137	219
181	200	119	170

Peso de zanahoria (tratamiento TESTIGO (C))			
T1	T2	T3	T4
159	126	159	111
118	111	155	97
136	100	103	87
123	84	126	99
121	95	122	152
183	100	112	144
132	112	114	87
158	149	123	93
125	124	108	90
113	88	111	93
139	80	137	92
110	78	118	79
123	98	106	115
88	100	147	114
113	75	100	89
108	76	97	104
92	85	83	76
81	67	84	68
94	66	72	99
67	68	65	71



Anexo 22. Análisis Físicoquímico de Agua – Captación N° 4 Chanchería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

INFORME DE ANÁLISIS

Nº0780-19-LAQ

SOLICITANTE: LUIS ANGEL QUILLAHUAMAN GONZALES

MUESTRA : AGUA  
FUENTE : CAPTACIO Nº 04 (CHANCHERIA)  
LUGAR : GRANJA KAYRA HUANACAURE  
DISTRITO : SAN JERONIMO  
PROVINCIA : CUSCO  
REGION : CUSCO  
FECHA : C/10/11/2019

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

=====

pH	7.82
C.E. us/cm	636.00
Dureza ppm CaCO <sub>3</sub>	419.25
Calcio ppm	129.96
Magnesio ppm	20.24
Sodio ppm	48.80
Potasio ppm	4.30
Cloruros ppm	75.90
Sulfatos ppm	199.10
Bicarbonatos ppm	252.00
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0.152
Boro ppm	0.046
Solidos disueltos totales ppm	765.90

=====

\* ANALISIS DEL AGUA , JEAN RODIER, 9ª EDICION

Cusco, 12 de Diciembre 2019

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Responsables Herrera Arizaca  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 23. Análisis Físicoquímico Hidrodinámico de Suelos Potrero C-2



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
**FACULTAD DE CIENCIAS**

Av. de la Cultura 733 - Pabellón "C" Of. 106 1er. piso - Telefax: 224831 - Apartado Postal 921 - Cusco Perú



UNIDAD DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICO  
 DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE QUÍMICA

**INFORME DE ANÁLISIS**

Nº0744-19-IAQ

**SOLICITANTE:** LUIS ANGEL QUILLAHUAMAN GONZALES  
**MUESTRA :** SUELO  
**FUENTE :** POTRERO C  
**LUGAR :** CENTRO AGRONOMICO KAYRA  
**DISTRITO :** SAN JERONIMO  
**PROVINCIA :** CUSCO  
**REGION :** CUSCO  
**FECHA :** C/24/11/2019

**RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO HIDRODINAMICO:**

pH	8.10
C.E. mmhos/cm	0.45
Materia Orgánica %	4.20
Nitrógeno %	0.20
Fosforo ppm P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10.60
Potasio ppm K <sub>2</sub> O	88.20
C.I.C. meq/100	11.42
C.C. %	22.17
H.E. %	22.95
P.M.P. %	11.96
Carbonatos %	0.90
d.a. g/cc	1.582
d.r. g/cc	2.266
Textura:	
Arena %	66
Limo %	28
Arcilla %	6

\* QUIMICA AGRICOLA I , E. PRIMO YUFERA/ J.M. CARRASCO DORRIEN

Cusco, 25 de Noviembre 2019

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
 Unidad de Prestación de Servicios de Análisis

*[Firma]*  
 Mercedes Herrera Arrieta  
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO  
 DE ANÁLISIS QUÍMICO

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

**Anexo 24. Evaluación de la Demanda Hídrica del Cultivo de Zanahoria**

Fechas	DDs	volumen de solución madre (litros)	Tiempo de inyección (min)	Caudal de inyección de fertilizantes(l/min)	tiempo de riego (min)	volumen (V)	lamina aplicada(mm)	lectura del tensiómetro (cb)	Interpretación del Tensiómetro (%)
27/11/2019	1	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
28/11/2019	2	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
29/11/2019	3	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
30/11/2019	4	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
1/12/2019	5	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	100%
2/12/2019	6	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
3/12/2019	7	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
4/12/2019	8	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
5/12/2019	9	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
6/12/2019	10	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
7/12/2019	11	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
8/12/2019	12	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
9/12/2019	13	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
10/12/2019	14	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
11/12/2019	15	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	25	75%
12/12/2019	16	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
13/12/2019	17	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
14/12/2019	18	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	100%
15/12/2019	19	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%

16/12/2019	20	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	100%
17/12/2019	21	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
18/12/2019	22	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	100%
19/12/2019	23	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
20/12/2019	24	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
21/12/2019	25	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
22/12/2019	26	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
23/12/2019	27	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
24/12/2019	28	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
25/12/2019	29	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
26/12/2019	30	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
27/12/2019	31	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	95%
28/12/2019	32	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
29/12/2019	33	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
30/12/2019	34	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
31/12/2019	35	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
1/01/2020	36	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
2/01/2020	37	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	95%
3/01/2020	38	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
4/01/2020	39	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
5/01/2020	40	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
6/01/2020	41	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
7/01/2020	42	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%

8/01/2020	43	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
9/01/2020	44	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
10/01/2020	45	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
11/01/2020	46	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
12/01/2020	47	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
13/01/2020	48	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	30	70%
14/01/2020	49	3	2.5	1.2	9.3	148.8	4.13	0	100%
15/01/2020	50	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
16/01/2020	51	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
17/01/2020	52	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
18/01/2020	53	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	25	75%
19/01/2020	54	3	2.5	1.2	10	160	4.44	0	100%
20/01/2020	55	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
21/01/2020	56	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
22/01/2020	57	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
23/01/2020	58	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
24/01/2020	59	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
25/01/2020	60	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
26/01/2020	61	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	30	70%
27/01/2020	62	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
28/01/2020	63	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
29/01/2020	64	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
30/01/2020	65	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%

31/01/2020	66	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
1/02/2020	67	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
2/02/2020	68	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
3/02/2020	69	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
4/02/2020	70	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
5/02/2020	71	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
6/02/2020	72	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
7/02/2020	73	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
8/02/2020	74	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
9/02/2020	75	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
10/02/2020	76	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
11/02/2020	77	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
12/02/2020	78	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
13/02/2020	79	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
14/02/2020	80	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
15/02/2020	81	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
16/02/2020	82	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
17/02/2020	83	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
18/02/2020	84	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
19/02/2020	85	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	25	75%
20/02/2020	86	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
21/02/2020	87	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
22/02/2020	88	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%

23/02/2020	89	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
24/02/2020	90	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
25/02/2020	91	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
26/02/2020	92	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
27/02/2020	93	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
28/02/2020	94	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
29/02/2020	95	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
1/03/2020	96	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
2/03/2020	97	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
3/03/2020	98	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
4/03/2020	99	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
5/03/2020	100	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
6/03/2020	101	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	25	75%
7/03/2020	102	3	2.5	1.2	10	160	4.4	0	100%
8/03/2020	103	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
9/03/2020	104	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
10/03/2020	105	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
11/03/2020	106	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
12/03/2020	107	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
13/03/2020	108	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	25	75%
14/03/2020	109	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
15/03/2020	110	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
16/03/2020	111	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%

17/03/2020	112	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
18/03/2020	113	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%
19/03/2020	114	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	25	75%
20/03/2020	115	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
21/03/2020	116	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
22/03/2020	117	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
23/03/2020	118	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
24/03/2020	119	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
25/03/2020	120	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
26/03/2020	121	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
27/03/2020	122	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	15	85%
28/03/2020	123	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	25	75%
29/03/2020	124	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
30/03/2020	125	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
31/03/2020	126	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
1/04/2020	127	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	0	100%
2/04/2020	128	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	5	95%
3/04/2020	129	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	10	90%
4/04/2020	130	3	2.5	1.2	2.5	40	1.11	20	80%

TOTAL	346.8	5548.8	153.94
	5.78	5.5488	