

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

**FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA  
EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum*), BAJO SISTEMA DE RIEGO  
LOCALIZADO POR GOTEO EN EL CENTRO AGRONÓMICO KAYRA – CUSCO**

**PRESENTADA POR:**

Br. YOVANA JUAREZ HUAMAN

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

**ASESOR:**

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

**CUSCO – PERÚ**

**2025**



# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Dr. CARLOS JESÚS BACA GARÚA  
..... quien aplica el software de detección de similitud al  
trabajo de investigación/tesis titulada: "EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE  
FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (Pisum sativum),  
BAJO SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO POR GOTEO EN CENTRO  
AGRONÓMICO KAYRA-CUSCO"

Presentado por: YOVANA JUAREZ HUAMAN DNI N° 74945712;  
presentado por: ..... DNI N°: .....  
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRÓNOMO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el  
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de  
Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

### Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**  
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 04 de DICIEMBRE de 2025

Firma

Post firma

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARÚA

Nro. de DNI 23952035

ORCID del Asesor 0000-0002-8284-0614

#### Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:536185931

**YOVANA JUAREZ HUAMAN**

# **EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum*), ...**

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

## **Detalles del documento**

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:536185931

Fecha de entrega

3 dic 2025, 11:59 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 dic 2025, 12:09 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ARV....docx

Tamaño del archivo

27.4 MB

148 páginas

27.185 palabras

140.384 caracteres




# 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- Coincidencias menores (menos de 25 palabras)

## Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres Justo Juarez y Lucia Huaman, quienes han sido mi guía y apoyo incondicional a lo largo de mi vida. Su amor y sacrificio han sido la fuerza que me impulsa y son la inspiración detrás de cada logro y la luz en cada desafío.*

*A mis amados amigos y hermanos, los pilares inquebrantables de mi vida. Gracias por compartir risas, lágrimas y momentos inolvidables. Su amistad y apoyo son tesoros que atesoro profundamente.*

*En memoria de mi querido abuelo, cuyo amor y sabiduría siguen iluminando mi camino. Tú legado perdura en los recuerdos cálidos Siempre vivirás en mi corazón.*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor Carlos Baca García, un mentor excepcional cuya sabiduría y orientación han iluminado mi camino académico y profesional. Aprecio profundamente su apoyo constante.

A mis docentes expresarles mi sincero agradecimiento por su dedicación y guía a lo largo de mi trayectoria académica. Sus enseñanzas han sido una fuente invaluable de conocimiento y crecimiento personal. Aprecio profundamente su compromiso con nuestra formación.

A mis hermanos Jorge Juarez, José Luis Juarez, Rolando Juarez, quienes me dieron la mano cuando más lo necesitaba y por acompañarme en el inicio de mi formación profesional.

A mis amigos Luis Angel Quillahuaman, Karen Quispe, Roberto Illa, por su apoyo y su amistad. Cada risa compartida, apoyo brindado y momento juntos ha sido invaluable. Gracias por ser mi refugio en las alegrías y desafíos de la vida.

## INDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Identificación del problema .....	13
1.2. Planteamiento del problema.....	14
1.2.1. Problema General.....	14
1.2.2. Problemas Específicos .....	14
<b>II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>15</b>
2.1. Objetivo general.....	15
2.1.1. Objetivos específicos .....	15
2.2. Justificación .....	15
<b>III. HIPÓTESIS.....</b>	<b>18</b>
3.1. Hipótesis general.....	18
3.1.1. Hipótesis específicas.....	18
<b>4. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
4.1. Bases teóricas.....	19
4.1.1. Importancia de la arveja.....	19
4.1.2. Origen y distribución de la arveja.....	19
4.1.3. Sistemática de la arveja.....	20
4.1.4. Descripción botánica.....	20
4.1.4.1. Etapas fenológicas del cultivo .....	22
4.1.5. Situación nacional del cultivo de arveja verde .....	24
4.1.6. Principales variedades cultivadas en la región y a nivel nacional .....	29
4.2. Cultivo de arveja ( <i>Pisum sativum</i> ).....	31
4.2.1. Fases fenológicas .....	31
4.2.2. Requerimientos del cultivo .....	31
4.2.3. Manejo agronómico de cultivo .....	32
4.2.4. Fertilización .....	37

4.2.5.	Ley de Liebig .....	41
4.3.	Aspectos generales del riego.....	41
4.3.1.	Conceptos de riego.....	41
4.3.2.	Riego localizado por goteo .....	44
4.3.3.	Componentes.....	48
4.4.	Fertirrigación.....	52
4.4.1.	Sistemas de fertirrigación .....	53
4.5.	Diseño agronómico .....	54
4.5.1.	Necesidades máximas de riego .....	55
4.5.2.	El bulbo húmedo.....	56
4.5.3.	Coeficiente del cultivo (Kc).....	56
4.5.4.	Evapotranspiración del cultivo de referencia.....	56
4.5.5.	La evapotranspiración del cultivo (ETc).....	57
4.5.6.	Dosis de riego .....	57
4.5.7.	Lamina neta.....	58
4.5.8.	Lamina Bruta .....	58
4.5.9.	Tiempo de riego .....	58
4.5.10.	Evapotranspiración (Et) .....	59
4.5.11.	Capacidad de campo (CC) .....	59
4.5.12.	Punto de marchitez permanente (PMP) .....	59
4.5.13.	Densidad Aparente (Da) .....	59
4.6.	Antecedentes de la investigación .....	60
<b>V.</b>	<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....</b>	<b>62</b>
5.1.	Datos generales .....	62
5.1.1.	Tipo de investigación.....	62
5.1.2.	Lugar del experimento.....	62
5.2.	Materiales .....	63
5.2.1.	Material vegetativo .....	63
5.2.2.	Materiales de campo.....	63
5.2.3.	Accesorios/equipos de riego.....	64
5.2.4.	Herramientas.....	64



5.2.5. Equipos de campo.....	65
5.2.6. Instrumentos meteorológicos.....	65
5.2.7. Materiales de escritorio .....	65
5.2.8. Insumos.....	66
5.3. Metodología .....	66
5.3.1. Análisis previo del suelo .....	66
5.3.2. Cálculo de nutrientes.....	67
5.3.3. Diseño experimental .....	71
5.3.4. Características del campo experimental.....	73
5.3.5. Croquis de distribución del cultivo de la arveja en el área experimental .....	75
5.3.6. Material de origen Biológico .....	76
5.3.7. Determinación del fertilizante.....	77
5.3.8. Cálculo de planilla de manejo de riego.....	77
5.3.9. Conducción del trabajo de investigación .....	84
5.3.10. Manejo experimental de cultivo.....	89
5.4. Método de evaluación .....	96
5.4.1. Características agronómicas.....	96
5.4.2. Rendimiento.....	97
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>99</b>
6.1. Características agronómicas.....	99
6.1.1. Altura de planta a los 25 DDS .....	99
6.1.2. Altura de planta 50 DDS .....	101
6.1.3. Altura de planta 100 DDS .....	104
6.1.4. Número de flores .....	106
6.1.5. Longitud de vainas.....	109
6.2. Rendimiento .....	111
6.2.1. Peso de vainas por golpe .....	111
6.2.2. Número de vaina por golpe .....	113
6.2.3. Rendimiento t/ha.....	116
<b>VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS .....</b>	<b>119</b>
7.1. Conclusiones .....	119

7.2. Sugerencias.....	120
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>121</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>126</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Superficie sembrada, superficie cosechada, producción y precio promedio de arveja grano verde, según región. Campaña agrícola: 2021-22 (ha) .....	26
<b>Tabla 2:</b> Rendimiento promedio mensual de arveja grano verde, según región. Año: 2022 (kg/ha) .....	27
<b>Tabla 3:</b> Combinación de tratamientos .....	72
<b>Tabla 4:</b> Variables e indicadores.....	72
<b>Tabla 5:</b> Coeficiente del tanque evaporímetro (KP) .....	80
<b>Tabla 6:</b> Modelo de planilla de manejo de riego. ....	78
<b>Tabla 7:</b> Evaluación del coeficiente de uniformidad .....	87
<b>Tabla 8:</b> Evaluación del bulbo húmedo .....	88
<b>Tabla 9:</b> Altura de planta a los 25 días en cm.....	99
<b>Tabla 10:</b> Análisis de varianza para la altura de la planta a los 25 DDS .....	99
<b>Tabla 11:</b> Prueba de tukey para altura de planta a los 25 DDS. ....	100
<b>Tabla 12:</b> Altura de planta a los 50 días en cm.....	101
<b>Tabla 13:</b> Análisis de varianza para altura de planta a los 50 DDS .....	102
<b>Tabla 14:</b> Prueba de tukey para altura de planta a los 50 DDS .....	102
<b>Tabla 15:</b> Altura de plantas a los 100 DDS. ....	104
<b>Tabla 16:</b> Análisis de varianza para altura de planta a los 100 DDS.....	104
<b>Tabla 17:</b> Prueba de tukey para altura de planta a los 100 DDS .....	105
<b>Tabla 18:</b> Resultado de número de flores .....	106
<b>Tabla 19:</b> Análisis de varianza para número de flores/golpe.....	107
<b>Tabla 20:</b> Prueba de tukey para número de flores/golpe .....	107
<b>Tabla 21:</b> Resultados de longitud de vaina .....	109
<b>Tabla 22:</b> Análisis de varianza para longitud de vainas en cm.....	109

<b>Tabla 23:</b> Resultados para número de granos por vaina .....	110
<b>Tabla 24:</b> Análisis de varianza para número de granos por vaina .....	110
<b>Tabla 25:</b> Resultados para peso de vainas por golpe (gr) .....	111
<b>Tabla 26:</b> Análisis de varianza para peso de vainas por golpe (gr) .....	112
<b>Tabla 27:</b> Tukey Combinaciones para peso de granos por planta en gramos.....	112
<b>Tabla 28:</b> Resultados para número de vainas.....	113
<b>Tabla 29:</b> Análisis de varianza para número de vainas / golpe.....	114
<b>Tabla 30:</b> Tukey Combinaciones para número de vainas/ golpe .....	114
<b>Tabla 31:</b> Rendimiento de grano en t/ha.....	116
<b>Tabla 32:</b> Análisis de varianza para rendimiento en t/ha.....	116
<b>Tabla 33:</b> Tukey Combinaciones para rendimiento en t/ha .....	117

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Morfología de la planta .....	21
<b>Figura 2:</b> Producción departamental primer trimestre 2023 .....	28
<b>Figura 3:</b> Tutorado .....	35
<b>Figura 4:</b> Área experimental .....	62
<b>Figura 5:</b> Croquis del campo experimental.....	75
<b>Figura 6:</b> Área del tratamiento.....	76
<b>Figura 7:</b> Curva de Kc de arveja verde .....	81
<b>Figura 8:</b> Preparación del terreno .....	84
<b>Figura 9:</b> Surcado y marcado.....	85
<b>Figura 10:</b> Evaluación del coeficiente de uniformidad.....	87
<b>Figura 11:</b> Evaluación del bulbo húmedo.....	89
<b>Figura 12:</b> Siembra .....	90
<b>Figura 13:</b> Colocación de tutores.....	90
<b>Figura 14:</b> Aporque de las plantas .....	91
<b>Figura 15:</b> Sistema de riego localizado por goteo. ....	92
<b>Figura 16:</b> Sistema de fertirrigación .....	92
<b>Figura 17:</b> Control de plagas y enfermedades .....	93

<b>Figura 18:</b> Limpieza de malezas .....	94
<b>Figura 19:</b> Limpieza de malezas en inicios de la floración .....	94
<b>Figura 20:</b> Cosecha en campo.....	95
<b>Figura 21:</b> Selección de vainas .....	95
<b>Figura 22:</b> Altura de planta a los 25 DDS. ....	100
<b>Figura 23:</b> Altura de planta a los 50 DDS. ....	103
<b>Figura 24:</b> Altura de planta a los 100 DDS. ....	105
<b>Figura 25:</b> Número de flores por golpe .....	108
<b>Figura 26:</b> Peso de vainas en gramos.....	113
<b>Figura 27:</b> Número de vainas por golpe .....	115
<b>Figura 28:</b> rendimiento de cultivo t/ha .....	117
<b>Figura 29:</b> Preparación del suelo .....	139
<b>Figura 30:</b> Surcado y marcado.....	139
<b>Figura 31:</b> Instalación de sistema de riego por goteo .....	140
<b>Figura 32:</b> Evaluación del coeficiente de uniformidad.....	140
<b>Figura 33:</b> Siembra .....	141
<b>Figura 34:</b> Germinación de cultivo.....	141
<b>Figura 35:</b> Aplicación de fertirriego .....	142
<b>Figura 36:</b> tutorado .....	143
<b>Figura 37:</b> Colocación de rafias y pancartas.....	144
<b>Figura 38:</b> Evaluación de altura de planta .....	144
<b>Figura 39:</b> Prevención de plagas y enfermedades Aplicación de fungicida .....	145
<b>Figura 40:</b> Floración de cultivo .....	146
<b>Figura 41:</b> Cosecha .....	146
<b>Figura 42:</b> Evaluación de Número vainas.....	147
<b>Figura 43:</b> Evaluación de peso de vainas.....	147
<b>Figura 44:</b> Evaluación con los instrumentos meteorológicos .....	148
<b>Figura 45:</b> Evaluación del tanque clase A .....	148

## RESUMEN

El presente estudio titulado “Evaluación de tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), bajo sistema de riego localizado por goteo en el Centro Agronómico Kayra – Cusco” se desarrolló entre diciembre de 2022 y junio de 2023. El objetivo fue evaluar el efecto de tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada sobre las características agronómicas y rendimiento del cultivo de arveja bajo riego por goteo. Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y repeticiones, totalizando 16 unidades experimentales en un área de 333,5 m<sup>2</sup>.

Los tratamientos consistieron en: fertirrigación diaria con 4,41 g de nitrógeno durante 120 días (A), interdiario con 9 g durante 60 días (B) y cada tres días con 13,23 g durante 40 días (C), además de un testigo sin fertirrigación. Los resultados demostraron efectos positivos de la fertirrigación respecto al testigo para todas las variables agronómicas. El tratamiento C obtuvo los mejores resultados, alcanzando 93,14 cm de altura de planta, mayor número de flores y granos por vaina y un rendimiento de 13,54 t/ha. El tratamiento B registró 12,04 t/ha, mientras que el tratamiento A presentó 10,02 t/ha. El testigo obtuvo el rendimiento más bajo (9,76 t/ha).

Se concluye que existieron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento, siendo la fertirrigación cada tres días la más eficiente, evidenciando una relación directa entre la frecuencia de aplicación, el comportamiento agronómico y la productividad.

Palabras clave: Rendimiento, Fertirrigación, Frecuencia, Características Agronómicas

## INTRODUCCIÓN

(MIDAGRI, 2018), La producción de arveja verde en el Perú ha presentado variaciones significativas en los últimos años debido a factores climáticos y disponibilidad hídrica. Los departamentos con mayor producción fueron Cajamarca y La Libertad, consolidándose como uno de los principales productores a nivel nacional, sin embargo, en la región Cusco tuvo una participación destacada en el cultivo de arveja grano verde. Sembró 574 hectáreas y cosechó 600 hectáreas, la producción total fue de 3,212 toneladas, ubicando a Cusco como la novena región con mayor producción a nivel nacional. Su rendimiento promedio fue de 5,353 kg/ha, que sobrepasa promedio nacional (3,948 kg/ha), lo que indica una productividad consistente. Estos datos reflejan que Cusco es una región importante en la producción de arveja grano verde, con una superficie significativa dedicada al cultivo y un rendimiento eficiente.

(Khamis, 2021)"En los últimos años, el riego por goteo ha ganado relevancia como una estrategia crucial para mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, permitiendo una distribución más precisa y controlada de nutrientes, lo que no solo optimiza el consumo de agua, sino que también aumenta el rendimiento de los cultivos, especialmente en regiones de escasez hídrica." (Rodríguez, 2020) "En los últimos años, la fertirrigación ha emergido como una técnica esencial para optimizar la eficiencia en la entrega de nutrientes a las plantas, al combinar el riego con la fertilización. Este método mejora el rendimiento de los cultivos, reduce la lixiviación de nutrientes y permite un uso más eficiente de los recursos hídricos, especialmente en condiciones de estrés hídrico y en suelos con baja capacidad de retención de nutrientes."

El sistema de riego por goteo, método que consiste en suministrar agua directamente al sistema radicular de las plantas mediante una serie de tuberías con orificios o goteros logrando que el agua llegue a las raíces de las plantas de manera constante y lenta, lo que permite una mejor

absorción y una mayor eficiencia del uso del agua añadiendo a este sistema una técnica agrícola como es la fertirrigación el cual combina la aplicación de agua y fertilizantes directamente a las raíces de las plantas siendo altamente eficiente en términos de uso del agua y nutrientes, permitiendo la aplicación precisa y controlada.

Este trabajo de investigación tiene como objeto contribuir a los trabajos ya realizados con el tema de fertirriego y nodulación, además de contribuir para un mejor crecimiento y desarrollo del cultivo de arvejas en la región del Cusco, por lo que los resultados sean de gran beneficio a los agricultores, para ello, se llevó a cabo el presente estudio titulado: “EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum*), BAJO SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO POR GOTEIO EN EL CENTRO AGRONOMICO KAYRA – CUSCO”

## **I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Identificación del problema**

Los bajos rendimientos en la producción de arveja verde y la ineficiencia o desconocimiento de las frecuencias de aplicación de fertirriego han sido factores determinantes para plantear el presente tema de investigación. Además, uno de los principales problemas en la producción de este cultivo es el ataque de plagas y enfermedades, sumado a las condiciones agroclimáticas que favorecen su incidencia.

Considerando ello, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas de producción e implementar tecnologías sostenibles, los cuales permitan generar ingresos económicos superiores a los que comúnmente obtienen los agricultores de la región del Cusco. En ese sentido, se viene optando por cultivar arveja verde de la variedad *Quantum*.

Es importante señalar que, en la región del Cusco, la producción de arveja aún es limitada, pese a la considerable demanda en los diferentes mercados locales. A esto se suma que su cultivo genera mano de obra y empleo a nivel local, constituyéndose en una fuente importante de ingresos económicos para los agricultores dedicados a esta actividad. Por ello, el propósito del presente trabajo es evaluar el efecto de la aplicación de tres frecuencias de fertirriego en el cultivo de arveja variedad *Quantum* mediante un sistema de riego localizado por goteo.



## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuánto será el rendimiento y las características agronómicas en las frecuencias de fertirrigación nitrogenada (diaria, interdiaria y cada tres días), en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), bajo riego localizado por goteo en el Centro Agronómico K'ayra – Cusco?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuánto será el rendimiento de vainas de arveja variedad quantum (*Pisum sativum* L.), en las tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada bajo sistema de riego por goteo en el Centro Agronómico K'ayra – cusco?
- ¿Cómo serán las características agronómicas durante el desarrollo del cultivo de arveja variedad quantum (*Pisum sativum* L.), en las tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada bajo sistema de riego por goteo?

## **II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN**

### **2.1. Objetivo general**

Determinar el rendimiento y las características agronómicas de tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada (diaria, interdiario y tres días), en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.), bajo sistema de riego localizado por goteo en el Centro Agronómico K`ayra – Cusco.

#### **2.1.1. Objetivos específicos**

- Determinar el rendimiento de vainas de arveja variedad quantum, en las tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada bajo sistema de riego localizado por goteo.
- Describir las características agronómicas durante el desarrollo del cultivo de arveja variedad quantum (*Pisum sativum* L.), en las tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada bajo sistema de riego por goteo.

### **2.2. Justificación**

El presente estudio examina las repercusiones de la fertirrigación en el cultivo de arveja, una leguminosa de alto valor nutricional por su elevado contenido de proteína vegetal. Ante la creciente necesidad de optimizar el uso de insumos agrícolas y mejorar la eficiencia de los fertilizantes, resulta fundamental evaluar estrategias de manejo del nitrógeno que contribuyan a incrementar la productividad y sostenibilidad de este cultivo. Se analizaron diversas variables agronómicas clave, tales como la altura de la planta a los 25, 50 y 100 días después de la siembra (DDS), número de flores, número de vainas,

número de granos por vaina y longitud de vaina, con el fin de determinar cómo la fertirrigación nitrogenada influye en el desarrollo y rendimiento del cultivo de arveja.

Asimismo, la implementación de tecnologías avanzadas, como los sistemas de fertirrigación y el análisis de nutrientes en el suelo, facilita una aplicación más precisa y eficiente del nitrógeno, optimizando el crecimiento de la planta y la calidad del producto, generando una **trascendencia investigativa**, ya que permite ajustar las dosis de fertilización a las necesidades específicas del cultivo, favoreciendo una absorción más eficiente y reduciendo las pérdidas por lixiviación, lo que resulta en una mayor rentabilidad y sostenibilidad del cultivo.

La investigación también ostenta una **trascendencia ambiental**, teniendo un impacto significativo en la eficiencia de los recursos, ya que el uso adecuado de la fertirrigación mediante sistema de riego por goteo, representa una estrategia clave para promover un manejo racional del agua y contribuye a la conservación del medio ambiente, minimizando la contaminación del agua y el suelo por exceso de fertilizantes. Esto es importante, pues promueve el uso racional y controlado de los insumos, favoreciendo prácticas agrícolas más sostenibles y resilientes frente a los desafíos climáticos y de escasez hídrica.

Desde el punto de vista económico, esta técnica tiene el potencial de incrementar la rentabilidad del cultivo de arveja, mediante la optimización de los costos de fertilización y la mejora en la calidad de la producción. Al ajustar las aplicaciones de fertilizantes, los agricultores pueden reducir el uso de fertilizantes y mejorar la eficiencia del proceso productivo, lo que resulta en mayores márgenes de ganancia, por lo tanto, es crucial para fortalecer la economía agrícola, en particular en regiones donde la arveja constituye un

cultivo estratégico tanto para la seguridad alimentaria como para los ingresos de las comunidades rurales considerando una importante **trascendencia económica**.

El estudio brinda beneficios a los agricultores, al aportar conocimientos sobre el uso eficiente de la fertilización y su efecto en el rendimiento del cultivo. Esta investigación adquiere **trascendencia social** al evaluar el comportamiento de la arveja bajo diferentes frecuencias de aplicación, con el objetivo de asegurar una producción adecuada que contribuya a satisfacer la demanda alimentaria y fomentar prácticas agrícolas sostenibles en comunidades rurales. Asimismo, se busca reforzar la seguridad alimentaria, ofreciendo un producto de calidad incluso en condiciones limitadas de recursos hídricos y optimizando el uso de insumos agrícolas.

### **III. HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis general**

El efecto de tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada en el rendimiento y las características agronómicas, bajo sistema de riego por goteo en el Centro Agronómico K'ayra – Cusco, es favorable en el cultivo de arveja (*Pisum sativum* L.).

##### **3.1.1. Hipótesis específicas**

- Las características agronómicas durante el desarrollo del cultivo de arveja variedad Quantum (*Pisum sativum* L.), bajo tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada, presentarán diferencias significativas.
- Existe diferencia significativa en el rendimiento de vainas de arveja variedad quantum (*Pisum sativum* L.), en las tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada bajo sistema de riego por goteo.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Bases teóricas**

#### **4.1.1. Importancia de la arveja**

El cultivo de arveja se produce generalmente en la sierra del Perú, este es un cultivo cotizado por su alto valor nutricional ya que presenta elevadas concentraciones de proteínas, vitaminas y minerales como: fosforo, hierro y calcio. Asimismo, constituye una fuente importante de fibra de tipo soluble e insoluble, esta fibra es dietética que ayuda a sentirse lleno, cualidad útil para un mejor control y pérdida de peso (Gutarra, 2021).

La mayor área sembrada en el Perú se encuentra en Cajamarca con 10,245 ha, seguido por Junín y Huancavelica, tradicionalmente los cultivares que se producen presentan bajo rendimiento y son las denominadas “criollas”, y las variedades mejoradas e importadas son las que poseen un alto rendimiento siendo estos los más rentables para el agricultor (Gutarra, 2021).

#### **4.1.2. Origen y distribución de la arveja**

De acuerdo a las recientes investigaciones realizadas se llegó a la conclusión, de que se originó desde la región mediterránea pasando Medio oriente hasta Asia, el cual es cultivado miles de años atrás y constituye la gran riqueza del arte culinario de las naciones orientales y que fueron traídos al país por los conquistadores. La arveja está considerada como una de las plantas cultivadas más antiguas, se reportan referencias escritas donde se menciona que ya eran conocidas y utilizadas por los pobladores del Neolítico, especialmente en el Cercano Oriente (7 000 a 6000 años a.C.) (Gutarra, 2021).

**Bravo (1969)**, citado por (Gutarra, 2021). Menciona que, la arveja fue introducida al Perú por los españoles durante la época de la colonia, hace más de 500 años; en la actualidad, este cultivo se distribuye tanto en la costa como en la sierra.

#### 4.1.3. Sistemática de la arveja

(Strasburger, 1986) clasifica a la arveja de la siguiente manera.

DIVISION:           Spermatophyta

SUB-DIVISION:   Magnoliophyta (Angiospermae)

CLASE:             Dicotyledoneae

SUB-CLASE:       Rosidae

ORDEN:            Fabales

FAMILIA:           Fabaceae (Papilionaceae)

GENERO:           Pisum

ESPECIE:           *Pisum sativum* L.

#### 4.1.4. Descripción botánica

- **Raíz:** presenta una raíz de tipo pivotante del cual surgen las raíces secundarias usualmente le da un parecido a una raíz de tipo fasciculado y por lo general no superan los 50 cm. Las raíces secundarias laterales presentan los denominados rizobios los cuales forman los nódulos donde se fija el nitrógeno atmosférico. (Gutarra, 2021).

- **Tallo:** herbáceo, presenta un tallo primario donde se forman los tallos secundarios. La cantidad varía de acuerdo a la genética, la fertilización, agua y densidad de población (Gutarra, 2021).

**Figura 1:** Morfología de la planta



*Fuente:* biblioteca digital INIA – boletín 472

- **Hojas:** presenta dos primeras hojas subterráneas o aéreas denominadas “brácteas trifidas”. Las hojas verdaderas son compuestas, alternas y paripinnadas, las basales son bifoliadas sin embargo las superiores se observan hasta seis foliolos cuya forma es ovalada con margen dentada o entera pero también presenta hojas modificadas denominadas zarcillos cuya función es brindar sostén a la planta (Gutarra, 2021).



- **Flores:** es de tipo papilionácea, correspondiente a una flor cleistógama que está formado por cinco pétalos y cinco sépalos, estas flores se forman en la parte axilar de la planta (Gutarra, 2021).
- **Inflorescencia:** Camarena (2003), citado por (Gutarra, 2021), indica que presenta inflorescencias axilares formada por flores de forma escalonada, siendo las variedades precoces enanas del cual las flores tienden a ser en nudos basales (Gutarra, 2021).
- **Fruto:** recibe el nombre de “legumbre” conocido comúnmente como vaina, cuya longitud varia de 4 a 12 cm, de forma cilíndrica o aplanada, bivalva, este llega a contener en su interior de dos a diez semillas, esta puede ser lisa o rugosa y variedades de colores verde blanquizo, verde claro, verde oscuro, verde azulado o grisáceo (Gutarra, 2021).
- **Semilla:** presenta una germinación epigea, de forma redonda o angulosa cuyo diámetro es variable de <8mm a >10 mm. Presenta una superficie lisa o rugosa, de diferentes colores dependiendo a la variedad: verde claro, verde blanquecino, verde crema, verde azulado gris o amarillo claro. El número de granos por vaina es de 3 a 10, sin embargo, las semillas rugosas son más dulces y su comúnmente se consume frescas y las semillas lisas contienen mayor contenido de glucosa y dextrina (Gutarra, 2021).

#### 4.1.4.1. Etapas fenológicas del cultivo

- **Germinación y emergencia (0–10 DDS).**

En esta etapa, la semilla inicia el proceso de imbibición, absorbiendo agua y activando la radícula que da origen a la raíz pivotante. Posteriormente, el hipocótilo empuja hacia la superficie a los cotiledones y la plúmula, permitiendo la aparición de la plántula en el campo (Marschner P. , 2012).

#### **4.1. Desarrollo vegetativo (10–40 DDS).**

Durante el desarrollo vegetativo, la planta experimenta un crecimiento acelerado del tallo principal, acompañado por la formación de ramificaciones secundarias. Se desarrollan hojas compuestas, paripinnadas con brácteas trifidas y aparecen zarcillos cuya función es dar sostén a la planta. En esta fase se define en gran medida el potencial de rendimiento, ya que factores como la densidad de siembra, la fertilización y la disponibilidad de agua influyen directamente en el vigor de la planta (Marschner P. , 2012).

#### **4.2. Floración (40–55 DDS).**

La floración marca el inicio de la fase reproductiva. En este periodo, la planta desarrolla inflorescencias axilares con flores de tipo papilionáceo, características de las leguminosas. La polinización es predominantemente autógama, aunque puede haber polinización cruzada en ciertas condiciones. Esta etapa es determinante para el rendimiento, ya que el déficit hídrico o nutricional puede reducir el número de flores efectivas y limitar la producción de vainas (Marschner P. , 2012).

#### **4.3. Fructificación o formación de vainas (55–70 DDS).**

Una vez producida la fecundación, se da inicio al desarrollo de las vainas, que son frutos de tipo legumbre. Cada vaina puede contener entre 2 y 10 granos, dependiendo de la variedad y de las condiciones de manejo. El crecimiento de las vainas ocurre de manera escalonada, lo que permite que en algunos sistemas productivos se puedan realizar cosechas parciales (Marschner P. , 2012).

#### **4.4. Llenado de grano (70–90 DDS).**

Durante el llenado de grano, los granos en el interior de la vaina comienzan a acumular carbohidratos, proteínas y otros nutrientes esenciales. Este proceso se refleja en el engrosamiento y aumento de peso de los granos, alcanzando su tamaño característico. La planta en esta fase mantiene una alta demanda de agua y nutrientes, siendo un momento crítico para asegurar el rendimiento y la calidad final del cultivo (Marschner P. , 2012).

#### **4.5. Madurez fisiológica y cosecha (90–120 DDS).**

La última etapa corresponde a la madurez fisiológica, en la cual el grano alcanza su máximo desarrollo. Dependiendo del destino del cultivo, la cosecha puede realizarse en estado verde, cuando los granos son tiernos y dulces, o en estado seco, cuando las vainas adquieren una coloración amarillenta y los granos han alcanzado su máxima acumulación de materia seca. Una cosecha en el momento adecuado es fundamental para evitar pérdidas por dehiscencia de las vainas o daños ocasionados por plagas y enfermedades (Marschner P. , 2012).

##### **4.1.5. Situación nacional del cultivo de arveja verde**

(MIDAGRI, 2018), la producción de arveja verde en el Perú ha presentado variaciones significativas en los últimos años debido a factores climáticos y disponibilidad hídrica. Según el Anuario de la Producción Agrícola 2018, los departamentos con mayor producción fueron Cajamarca y La Libertad, consolidándose como uno de los principales productores a nivel nacional, seguido de Cajamarca y La Libertad, sin embargo, en la campaña agrícola 2017-2018, la región Cusco tuvo una participación destacada en el cultivo de arveja grano verde. Sembró 574 hectáreas y cosechó 600 hectáreas, lo que indica que se incluyeron áreas sembradas en campañas anteriores. La producción total fue de

3,212 toneladas, ubicando a Cusco como la novena región con mayor producción a nivel nacional. Su rendimiento promedio fue de 5,353 kg/ha, que sobrepasa promedio nacional (3,948 kg/ha), lo que indica una productividad consistente. Estos datos reflejan que Cusco es una región importante en la producción de arveja grano verde, con una superficie significativa dedicada al cultivo y un rendimiento eficiente.

(MIDAGRI, 2022), durante la campaña agrícola 2021-2022, la región Cusco destinó un total de 554 hectáreas a la siembra de arveja grano verde, de las cuales logró cosechar 507 hectáreas. Esta cifra representa una tasa de cosecha del 91.5%. A pesar de ello, la producción total alcanzó las 3,041 toneladas, En cuanto al precio promedio en chacra, se situó en S/ 2.22 por kilogramo, ubicándose por debajo del promedio nacional de S/ 2.46/kg, lo que podría reflejar factores locales de oferta y demanda, costos de transporte o calidad del producto. Aunque Cusco no figura entre las regiones con mayor volumen de producción, su aporte al mercado nacional es significativo, considerando su geografía diversa y el rol que cumple la agricultura familiar en su economía regional.

**Tabla 1:** Superficie sembrada, superficie cosechada, producción y precio promedio de arveja grano verde, según región. Campaña agrícola: 2021-22 (ha)

Región	superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada(ha)	Producción de arveja grano verde (t)	Precio promedio en chacra (soles/kg)
	Total	Total	Total	Promedio
<b>Nacional</b>	<b>38,159</b>	<b>37,992</b>	<b>148,940</b>	<b>2.46</b>
Amazonas	800	800	2,042	4.82
Áncash	981	995	3,641	2.50
Apurímac	1,149	1,149	4,363	2.26
Arequipa	1,699	1,793	16,248	2.44
Ayacucho	1,879	1,861	6,049	2.73
Cajamarca	13,512	13,351	26,202	2.67
Callao	-	-	-	-
Cusco	554	507	3,041	2.22
Huancavelica	5,569	5,412	22,550	2.46
Huánuco	2,229	2,225	14,290	2.32
Ica	93	99	352	3.31
Junín	4,537	4,542	33,263	2.33
La Libertad	1,529	1,530	5,132	2.73
Lambayeque	1,482	1,526	3,925	1.91
Lima	629	622	3,103	2.06
Lima Metropolitana	40	39	235	1.81
Loreto	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-
Moquegua	44	46	197	2.70
Pasco	762	762	2,700	1.77
Piura	651	714	1,458	2.21
Puno	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-
Tacna	21	21	149	4.52
Tumbes	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-

Fuente: MIDAGRI 2022

(MIDAGRI, 2022), cusco mostró un rendimiento promedio de arveja grano verde de 5,998 kg/ha, por encima del promedio nacional de 3,920 kg/ha. Destacó especialmente en los meses de julio, agosto y septiembre, donde alcanzó un rendimiento de 9,000 kg/ha, situándose entre las regiones con mejor desempeño en esos meses. Esto indica que Cusco cuenta con condiciones favorables para la

producción en el tercer trimestre del año. Este desempeño resalta la importancia de Cusco en la producción de arveja grano verde en Perú, tal como se muestra en la tabla N°02.

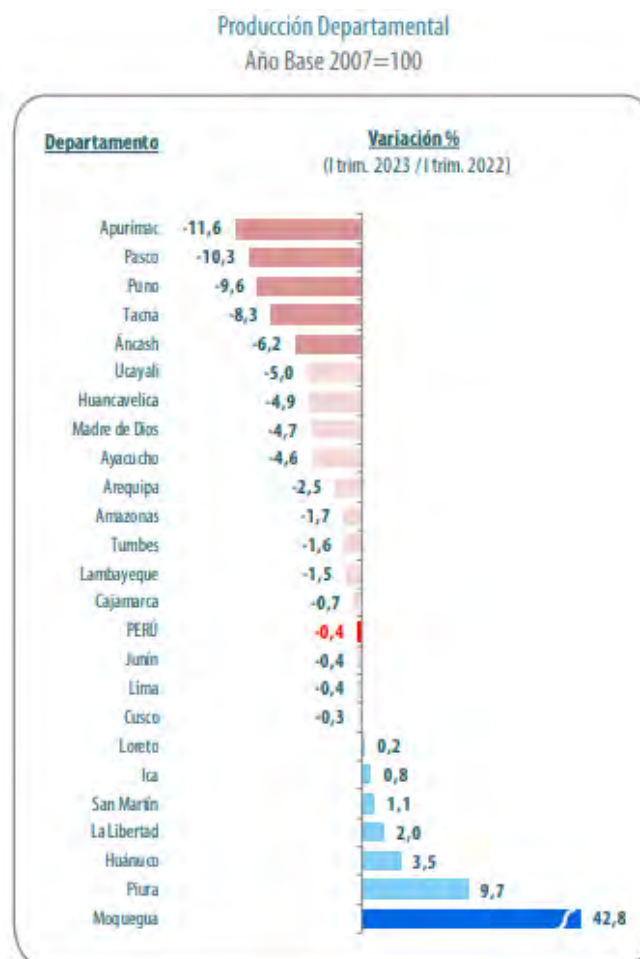
**Tabla 2:** Rendimiento promedio mensual de arveja grano verde, según región. Año: 2022 (kg/ha)

Región	Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Nacional</b>	<b>3,920</b>	<b>4,855</b>	<b>4,439</b>	<b>4,276</b>	<b>4,227</b>	<b>4,101</b>	<b>2,829</b>	<b>2,800</b>	<b>3,668</b>	<b>4,075</b>	<b>4,291</b>	<b>5,304</b>	<b>5,957</b>
Amazonas	2,554	2,565	2,556	2,503	2,441	2,564	2,598	2,666	2,464	2,472	2,478	2,525	2,728
Áncash	3,659	3,613	3,704	3,569	3,725	3,709	3,715	3,649	3,677	3,586	3,667	3,698	3,583
Apurímac	3,797	3,578	3,531	3,726	3,575	4,192	4,711	4,571	3,800	3,852	4,333	4,471	3,646
Arequipa	9,062	8,176	8,428	7,770	8,864	9,160	9,433	9,574	9,260	9,877	9,937	9,703	9,696
Ayacucho	3,250	3,029	3,076	3,363	3,457	3,133	4,774	5,156	4,370	3,486	3,385	2,853	2,543
Cajamarca	1,963	2,362	2,381	2,286	2,290	1,707	1,697	1,812	1,976	2,136	2,277	2,275	2,500
Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	5,998	6,264	6,002	5,492	5,597	6,100	9,000	9,000	9,000	9,250	-	-	-
Huancavelica	4,167	5,048	4,154	3,556	3,411	3,750	4,320	7,503	7,618	7,295	6,963	7,212	4,892
Huánuco	6,423	7,692	6,405	6,434	5,928	5,737	5,134	6,444	8,161	8,248	6,891	7,775	7,661
Ica	3,553	3,240	2,350	3,290	3,399	3,488	3,389	3,090	4,258	4,445	4,975	-	2,913
Junín	7,324	7,508	7,307	7,244	7,294	7,271	7,275	7,470	7,467	7,364	7,330	7,209	7,260
La Libertad	3,355	3,892	3,906	3,830	3,259	3,356	3,160	3,404	3,268	3,000	3,200	3,000	3,000
Lambayeque	2,572	2,395	2,500	2,073	2,000	-	1,991	2,147	2,178	2,424	3,219	2,437	2,200
Lima	4,990	4,761	4,245	4,330	4,248	4,825	4,533	3,686	4,576	6,070	7,013	5,501	5,882
Lima Metropolitana	6,017	7,200	5,610	5,520	5,610	6,650	-	5,705	6,584	5,257	5,920	5,950	6,446
Loreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	4,278	4,443	3,720	4,500	4,028	4,200	4,300	5,225	4,300	-	4,500	4,073	4,300
Pasco	3,543	-	3,359	3,356	3,360	3,133	3,593	3,636	3,728	-	-	-	-
Piura	2,042	2,000	2,240	2,000	2,025	2,000	2,000	2,053	2,000	2,000	2,068	2,073	2,048
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	7,095	8,400	8,600	-	-	-	-	6,000	5,600	5,500	7,000	6,000	-
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: MIDAGRI 2022

(INEI, 2023), como se observa en el primer trimestre de 2023, la producción departamental disminuyó en varias regiones debido a la falta de agua. Aunque el informe resalta la fuerte reducción en Huancavelica y Junín, es importante analizar el impacto en Cusco. A pesar de ser una región con un alto rendimiento promedio en 2022, la producción en Cusco pudo haberse visto afectada por condiciones climáticas similares, lo que subraya la necesidad de estrategias de manejo del agua y adaptación al cambio climático para sostener su importante contribución a la producción nacional de arveja.

**Figura 2:** Producción departamental primer trimestre 2023



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

#### 4.1.6. Principales variedades cultivadas en la región y a nivel nacional

- **Arveja variedad Quantum:** conocida comúnmente como arvejón (apta tanto para consumo en grano verde como seco), se caracteriza por su adaptación a altitudes comprendidas entre 1 800 y 3 000 m s. n. m., desarrollándose de manera óptima en zonas de clima templado, con temperaturas medias entre 16 °C y 18 °C y fotoperíodos moderados. La densidad de siembra óptima oscila entre 75 y 90 kg/ha, con un periodo vegetativo de 3,5 a 4 meses y una época de siembra recomendada entre mayo y junio, coincidiendo con condiciones de humedad edáfica favorables. Entre las principales adversidades fitosanitarias figuran la *Liriomyza huidobrensis* (mosca minadora), la chupadera fungosa y el oídio (*Erysiphe pisi*), que pueden incidir negativamente en el rendimiento si no se implementan medidas de manejo integrado de plagas (MIP). Bajo un manejo agronómico eficiente, esta variedad puede alcanzar rendimientos aproximados de 12,5 t/ha en grano verde y 3 t/ha en grano seco, con buena calidad comercial y alto valor nutritivo (Camarena, 2014).
- **Arveja variedad “Blanca criolla”:** conocida también como cuarentona, blanca, arveja crema, se trata del tipo de arveja de grano crema claro más cultivado en Cajamarca y otras regiones productoras, conformado por materiales genéticos introducidos sin identificación, así como por variedades mejoradas por el INIA y comercializadas por empresas privadas como HORTUS y FARMEX. En la Sierra, el cultivo se desarrolla principalmente en áreas situadas por debajo de los 2600 m.s.n.m., abarcando regiones como Cajamarca, La Libertad, Áncash, Junín, Piura, Huancavelica y Cusco. En la Costa, las zonas productoras se extienden desde Lambayeque hasta Arequipa, y puede alcanzar rendimientos promedios de 10 a 12 t/ha en grano verde y de 2,5 a 3 t/ha en grano seco,. (MINAGRI, 2016)



- **Arveja variedad “Usui”:** el cultivar INIA-USUI se caracteriza por presentar hilo (*hilum*) negro en sus granos, mostrando buena adaptación a diversas condiciones agroecológicas, alto potencial de rendimiento y tolerancia a enfermedades. Es especialmente valorado para cosecha en estado de grano verde. Sus principales zonas de cultivo se ubican en la Sierra (Cajamarca, La Libertad y Junín) y en la Costa (Lambayeque, La Libertad, Áncash y Lima), en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2600 m.s.n.m. (MINAGRI, 2016)
  
- **Arveja variedad “Crema rugosa”:** esta variedad de arveja está orientada principalmente a la cosecha en grano verde, destacando por su tamaño y apariencia atractiva en ese estado. Sin embargo, al secarse, el grano presenta una textura rugosa que dificulta su comercialización, esta variedad puede alcanzar rendimientos 10 a 12 toneladas por hectárea en grano verde. Existen varios cultivares adaptados a las principales zonas productoras de la sierra, siendo los más difundidos RONDO y UTRILLO. Las zonas de producción se concentran en valles interandinos como Cajabamba (Cajamarca) y en Junín, en áreas como el valle del Mantaro, Pampas y Tarma (MINAGRI, 2016).
  
- **Arveja variedad “Azul”:** este tipo de arveja de grano verde es ampliamente aceptado por su sabor ligeramente dulce característica ausente en las variedades de grano crema y su color atractivo, lo que ha favorecido su difusión comercial. La variedad conocida como “azul” es la más representativa de esta clase y presenta alta presencia en zonas como Cajabamba y San Pablo, así como en otras áreas productoras de la Sierra, especialmente en regiones como Cajamarca, La Libertad y Áncash, en altitudes inferiores a los 3000 m.s.n.m., esta variedad puede alcanzar rendimientos de 9 a 11 t/ha en grano verde y de 2 a 2,8 t/ha en grano seco. (MINAGRI, 2016) .

## **4.2. Cultivo de arveja (*Pisum sativum*)**

### **4.2.1. Fases fenológicas**

La fenología del cultivo de arveja presenta dos fases: La fase vegetativa y la fase reproductiva; además, de 10 etapas los cuales están denominados con un código binario que va desde cero a 90. (Camarena, 2014).

#### **4.2.1.1. La fase vegetativa:**

En esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetal que la planta necesita para iniciar su reproducción, y se identifican las etapas: 00 (de germinación), etapa 10 (emergencia) y las etapas 20, 30 y 40 (desarrollo de hojas y ramas). Inicia cuando la semilla dispone de condiciones favorables para que puedan germinar y finaliza con la aparición de los primeros botones florales; (Camarena, 2014).

#### **4.2.1.2. La fase reproductiva:**

Inicia con la aparición de los primeros racimos florales y finaliza cuando la semilla alcanza el grado de madurez necesario para realizar la cosecha, sea en fruto verde o en grano seco. En esta fase, se identifican: estadio 50, empieza con la aparición del órgano floral; etapa 60, donde se presenta la floración; etapa 70, donde ocurre la formación de fruto; etapa 80, correspondiente a la maduración de frutos y semillas; y, la etapa 90, en el cual se da la madurez de cosecha y la senescencia de las plantas (Camarena, 2014).

### **4.2.2. Requerimientos del cultivo**

#### **4.2.2.1. Requerimiento climático**

- **Clima:** se desarrolla en climas templados y fríos (SENASA, 2017).
- **Humedad relativa:** el óptimo se encuentra entre 60 y 65%, en condiciones de humedad relativa alta favorece la aparición de enfermedades (SENASA, 2017).

- **Temperatura:** las temperaturas óptimas están entre los 15 y 18 °C, temperaturas mayores a 30°C afectan la calidad del producto cosechado (SENASA, 2017).
- **Precipitación:** media de 500 a 1.000 mm durante todo el periodo vegetativo (Bolívar, 2013).
- **Altitud:** se desarrolla en un rango altitudinal que oscila entre los 2.000 a 3.000 msnm (Bolívar, 2013).

#### 4.2.2.2. Requerimiento edáfico

- **Textura:** se adapta a los diferentes tipos de suelo, sin embargo, se desarrolla mejor en suelos arenosos y francos (INIAF , 2015).
- **Estructura:** suelos bien drenados, granular, bastante profunda y duradera, y rica en materia orgánica. No es recomendable en suelo arcilloso o salino (INIAF , 2015).
- **Conductividad:** inferior a 2 dm m<sup>-1</sup> y suelo de baja resistencia a la humedad (posiblemente seco) (INIAF , 2015).
- **Ph:** Le favorecen un pH entre los 5.5 y 6.7 (SENASA, 2017).

#### 4.2.3. Manejo agronómico de cultivo

##### 4.2.3.1. Preparación de terreno

Es muy importante en la conformación del suelo y la germinación uniforme para evitar el bajo rendimiento y problemas de desarrollo, se debe realizar un mes antes de la siembra y al menos tres veces para suavizar el suelo esto en caso de suelos arcillosos, en caso de suelos francos se debe aplicar cal agrícola para corregir el pH (IERPAC, 2016).

#### **4.2.3.2. Siembra**

Es de mucha importancia saber elegir la semilla de buena calidad para obtener buena germinación y buen crecimiento. La mejor forma es comprándola certificada o produciéndola uno mismo. Si es producción propia, no debe utilizarse el producto comercial como semilla; la semilla debe ser seleccionada inmediatamente después de la cosecha, seleccionando aquellas que no presenten enfermedad, buen tamaño, color y forma uniforme (IERPAC, 2016).

Sembrar 2 semillas por golpe, con un distanciamiento entre golpe de 10-12 cm y preparar surco con 40 cm de ancho, y separación entre surcos de 1.0-1.2 m. como también es muy importante la siembra en intervalos regulares y densidad adecuada, además de brindarle una buena luminosidad. Una buena iluminación permite a la planta realizar la fotosíntesis. La profundidad de siembra será de 3-5cm (cubriendo ligeramente la semilla) (IERPAC, 2016).

#### **4.2.3.3. Deshierbe**

Es importante realizar deshierbe no solamente dentro de la parcela sino también alrededor de esta. Practicar el deshierbo temprano cuando las malezas están recién entre 5 a 10 cm debe realizarse mediante un simple raspado del suelo; así disminuye la presencia de malezas y el deshierbo es más rápido con menos mano de obra (IERPAC, 2016).

#### **4.2.3.4. Aporque**

El aporque se realiza 40 a 45 días después de la siembra cuando la arveja la semilla no germinó las ramas laterales 24 alcanza una altura de 60 cm y ya tiene dos líneas de en tutorado. La altura del aporque es 25 cm. El aporque tiene el efecto de evitar la caída de los cultivos, deshierbo, mejorar la ventilación y el drenaje, dando como resultado el buen desarrollo de la raíz. Durante el aporque se realiza la primera fertilización adicional. La misma que se explica a continuación (IERPAC, 2016).

#### **4.2.3.5. Riego**

Es esencial evitar que el agua de riego tenga contacto directo con la planta debido a que puede causar daños y originar enfermedades como Antracnosis o pudrición de las raíces. En zonas altoandinas donde por las noches la temperatura baja bastante, se debe regar antes del mediodía porque un riego en la tarde o noche ocasionara que la temperatura del suelo disminuya y puede provocar que el crecimiento de la planta se detenga (IERPAC, 2016).

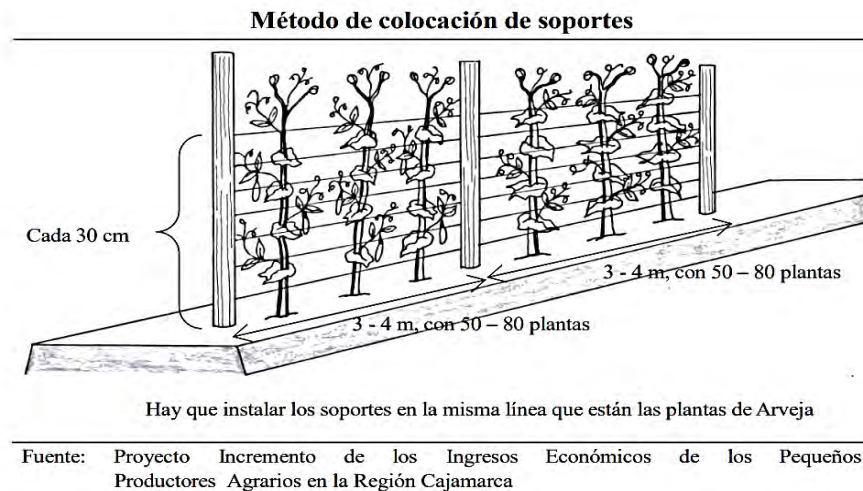
La arveja es un cultivo particularmente vulnerable a la falta de humedad, especialmente durante sus etapas clave de crecimiento y floración, lo que puede afectar negativamente el desarrollo de las vainas y reducir considerablemente los rendimientos. Estas condiciones secas también favorecen la aparición de plagas como los trazadores, áfidos y trips, cuyos ataques tempranos y agresivos pueden ocasionar pérdidas importantes. En contraste, el exceso de agua puede ser igualmente perjudicial, ya que limita el desarrollo radicular, dificulta la absorción de nutrientes y promueve enfermedades. Además, cuando el riego se realiza sin considerar las verdaderas necesidades del cultivo, y se aplica en exceso mediante métodos tradicionales, puede provocar encharcamientos o la pérdida de nutrientes por lixiviación. Por ello, una gestión adecuada del riego es fundamental, recomendándose una lámina de agua entre 250 y 380 mm, distribuida de forma equilibrada a lo largo del ciclo del cultivo (Universidad de Nariño, Fenalce, Agrosavia, 2020).

#### **4.2.3.6. Tutorado**

Cuando la planta crezca a una altura de entre 20 a 30 cm (25 a 30 días después de la siembra), se deben colocar los soportes a una distancia aproximada de 3 a 4 m. y se coloca la primera línea del en tutorado con una rafia y debe realizarse cada 25-30 cm. a medida que la planta vaya creciendo esta rafia debe ir rodeada a la planta para servirle de soporte y tutor. Se

recomienda observar la parcela por lo menos 1 vez por semana e introducir las ramas que no se encuentren dentro del en tutorado (IERPAC, 2016).

**Figura 3: Tutorado**



#### 4.2.3.7. Principales Enfermedades

- **Oídium o cenicilla de la arveja (*Erysiphe poligoni*):** se presenta bajo condiciones de costa y sierra, que se manifiesta con alta severidad, entre las fases de fructificación y la senectud del cultivo. Los síntomas se presentan sobre hojas, tallos y vainas, siendo el ataque más visible en el haz de las hojas, donde se presenta en forma de una eflorescencia blanquizca y pulverulenta, las hojas se amarillan y secan, muriendo la planta por destrucción de sus órganos foliares (Suasnabar, 2021).
- **Mildiu de la arveja *Peronospora viciae* (Berk.):** Los mildius, son patógenos que afectan principalmente al follaje de las plantas, que atacan y se propagan con gran rapidez en tejidos verdes tiernos y jóvenes, como hojas, ramas y vainas de las plantas. Los síntomas sistémicos aparecen en las plántulas que emergen, que se enanizan y deforman; en los órganos afectados, se aprecia una eflorescencia plomiza que es la

esporulación del hongo (signo), en la cara superior de las hojas inferiores, presenta manchas amarillas pálidas grandes y, en la cara inferior de estas hojas, se observa una felpa grisácea (Suasnabar, 2021).

- **Mancha café o peca (*Ascochyta spp.*):** se presenta desde los primeros estados de desarrollo del cultivo, pero el daño más notorio es en etapa de floración, afectando inicialmente el tercio inferior de la planta. Demerita la calidad de vainas y granos y se transmite por semilla. Su presencia y diseminación se ve favorecida por la presencia de lluvias (Tamayo, 2000) (Cadena, 2020).
- **Antracnosis (*Colletotrichum spp.*):** también se presenta en etapas tempranas del cultivo, causando más daño en floración. Causa manchas de color ladrillo en tallos, hojas, vainas y semillas; puede sobrevivir en residuos de plantas infectadas y en semilla; la presencia de lluvias favorece la presencia de este hongo (Tamayo, 2000) (Cadena, 2020).
- **Amarillamiento de plantas (*Fusarium oxysporum*):** se presenta desde etapas iniciales, siendo su ataque más severo en época de floración. Dentro del cultivo, el daño se observa en focos o parches. El hongo ocasiona amarillamiento de la planta de forma ascendente, debida al daño en haces vasculares del tallo. Las plantas afectadas se marchitan al inicio de floración o poco después de la formación de vainas; cuando el ataque es tardío alcanzan a formar vainas, pero de menor tamaño y los granos no llenan (Tamayo, 2000) (Cadena, 2020).

#### 4.2.3.8.Principales Plagas

- **Gusano de las semillas (*Delia spp.*):** se presenta en etapa de germinación del cultivo, la larva se alimenta de la semilla, con lo cual impide la germinación. Su presencia es más común en época seca (Cadena, 2020).
- **Barrenador del tallo (*Melanagromyza lini*):** esta plaga se presenta desde la emergencia del cultivo (15 días después de la siembra) hasta la floración. Las larvas de la mosca barrenan el tallo de la planta, ocasionando amarillamiento y secamiento de la planta antes de que esta inicie la producción de vainas. La incidencia de la plaga aumenta en época seca (Cadena, 2020).

#### 4.2.4. Fertilización

Según (INIA 2008), citado por (Suasnabar, 2021), la fertilización se aplica en dos etapas clave: la primera durante la siembra y la segunda en el momento del aporque, garantizando así un adecuado establecimiento, desarrollo y crecimiento del cultivo. La composición de la fórmula fertilizante puede ajustarse según el nivel de fertilidad del suelo, manejándose opciones como  $40 - 60 - 0 \text{ kg ha}^{-1}$  o bien  $60 - 80 - 20 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. Esta estrategia permite optimizar la disponibilidad de nutrientes en las fases críticas del cultivo para maximizar su rendimiento.

Para fertilizar en forma efectiva, es necesario brindarle a la planta los nutrientes necesarios acordes a su etapa de crecimiento, las fertilizaciones adicionales deben realizarse según la cantidad requerida por la planta en ese momento. Para promover un buen crecimiento y abundante formación de vainas, se realizarán cuatro fertilizaciones adicionales: (1) al momento del aporque, (2) En la floración y, (3) Después de la primera cosecha. Debido a que la planta



absorbe el fertilizante por las puntas de la raíz no debe aplicarse al pie de la planta sino en los surcos (IERPAC, 2016).

Se recomienda una estrategia de fertilización ajustada para suelos con niveles medios de macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes esenciales como calcio (Ca), magnesio (Mg), boro (B), azufre (S), molibdeno (Mo), entre otros. Para maximizar el potencial productivo, se sugiere aplicar una dosis alta aproximada de 110 kg de nitrógeno (N), 85 kg de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) y 110 kg de óxido de potasio ( $K_2O$ ) por hectárea. Alternativamente, una dosis media comprende 80 kg de N, 60 kg de  $P_2O_5$  y 70 kg de  $K_2O$  por hectárea. La selección de las fuentes fertilizantes deberá basarse en un diagnóstico previo del suelo y las características específicas del terreno, asegurando así una nutrición balanceada y eficiente que optimice la absorción y asimilación de nutrientes por parte del cultivo (Cosme, 2015).

#### **4.2.4.1. Nitrógeno**

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo vegetal, ya que forma parte fundamental de moléculas como los aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos. En el cultivo de arveja (*Pisum sativum*), este nutriente cobra especial importancia, no solo por su aporte directo al metabolismo de la planta, sino también por la particular capacidad de esta leguminosa para incorporarlo al sistema de forma biológica. La arveja puede fijar nitrógeno atmosférico gracias a una asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, las cuales infectan las raíces formando nódulos especializados. A través de este proceso, el nitrógeno molecular ( $N_2$ ), presente en el aire del espacio poroso del suelo, es transformado en formas químicamente disponibles como

el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), que pueden ser absorbidas y utilizadas por la planta según (Urzua, 2005) p. 133.

Se ha estimado que la arveja es capaz de fijar entre 50 y 270 kg de N/ha durante su ciclo de cultivo. No obstante, esta capacidad de fijación es relativamente baja en comparación con otras leguminosas como la soya o la alfalfa. Por esta razón, se recomienda complementar con fertilización nitrogenada, especialmente en suelos pobres o cuando se busca optimizar el rendimiento del cultivo (Ghiocel, 2012).

#### **4.2.4.2. Fósforo**

Para alcanzar niveles óptimos de rendimiento en el cultivo de arveja, la fertilización con fósforo resulta fundamental. Los primeros estudios sistemáticos sobre este aspecto se desarrollaron en la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Pedro, donde se estableció que la aplicación de fósforo es recomendable cuando los niveles disponibles en el suelo, evaluados mediante el método Bray 1, son inferiores a 15 ppm. En investigaciones posteriores, como las realizadas por (Martínez & Cordone, 2008), se observaron incrementos significativos en el rendimiento del cultivo tras la aplicación de fósforo en dos localidades distintas, cuyos suelos presentaban concentraciones iniciales de P de 9 y 11 ppm respectivamente.

Estas evidencias respaldan la importancia del fósforo como nutriente limitante en muchas regiones productoras. Particularmente preocupante es la situación de ciertas zonas agrícolas con alta vocación leguminosa, que presentan una marcada vulnerabilidad al agotamiento del fósforo. Así lo señalan (Cruzate & Casas, 2003), quienes destacan que estas áreas, debido a una larga historia de uso intensivo del suelo, muestran signos de degradación. En muchos casos, las últimas praderas fueron sembradas hace más de medio siglo y los antiguos límites

parcelarios, como los alambrados, han desaparecido casi por completo del paisaje (Gutarra, 2021).

#### **4.2.4.3. Potasio**

El potasio ( $K^+$ ) es uno de los nutrientes clave para el desarrollo y crecimiento de las plantas, ya que interviene en una amplia gama de procesos fisiológicos y bioquímicos fundamentales. Este elemento cumple un rol vital en la activación de enzimas, en la síntesis de proteínas, en el proceso de fotosíntesis y en la regulación del equilibrio hídrico de la planta (osmorregulación). Asimismo, influye directamente en la apertura y cierre de las estomas, en la transferencia de energía celular, en el transporte de compuestos a través del floema, en el balance entre aniones y cationes, y en la capacidad de la planta para enfrentar condiciones de estrés, tanto biótico como abiótico (INTAGRI, 2017).

Según la (Universidad de Nariño, Fenalce, Agrosavia, 2020) para lograr una floración abundante y alcanzar un rendimiento cercano a las 10 toneladas por hectárea en el cultivo de arveja voluble, diversos estudios han determinado requerimientos nutricionales específicos. Se estima que la planta demanda aproximadamente 150 kilogramos de nitrógeno, 20 kilogramos de fósforo, 70 kilogramos de potasio, 90 kilogramos de calcio, 40 kilogramos de magnesio y 20 kilogramos de azufre por hectárea. Estos nutrientes desempeñan un papel clave en los procesos fisiológicos del cultivo, influyendo directamente en el desarrollo vegetativo, la formación de flores y la producción final de vainas.

#### **4.2.5. Ley de Liebig**

(Marschner H. , 2012) la Ley del Mínimo resalta que, para el desarrollo adecuado de las plantas, es imprescindible que todos los nutrientes esenciales estén presentes en cantidades suficientes. Aunque un cultivo pueda disponer de abundancia de ciertos nutrientes, la carencia o insuficiencia de un solo elemento limita de manera significativa el crecimiento y la productividad, actuando como factor restrictivo. Esta teoría subraya la necesidad de un equilibrio nutricional integral, ya que la deficiencia puntual de un nutriente esencial no solo reduce el rendimiento, sino que también puede afectar procesos fisiológicos clave, como la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y la formación de tejidos. Por tanto, el manejo adecuado de la fertilización debe enfocarse en identificar y corregir estos factores limitantes para optimizar el potencial productivo del cultivo.

(Hopkins, 2009) la ley de Liebig establece como un principio fundamental dentro de la fisiología vegetal, que señala que el crecimiento y desarrollo de las plantas están condicionados por la disponibilidad del nutriente más limitado en el ambiente. Esto implica que, aunque otros nutrientes estén presentes en cantidades adecuadas, la carencia o insuficiencia de un solo elemento esencial puede frenar el desarrollo total del cultivo. Por ello, se enfatiza la importancia de mantener un equilibrio nutricional adecuado, ya que solo a través de un suministro armonioso y suficiente de todos los nutrientes necesarios se puede garantizar un crecimiento saludable, un desarrollo fisiológico óptimo y el máximo potencial productivo de la planta. Este enfoque es clave para diseñar estrategias de fertilización eficientes y sostenibles.

### **4.3. Aspectos generales del riego**

#### **4.3.1. Conceptos de riego**

- “El riego es la aplicación artificial, oportuna y racional del agua al terreno agrícola, con el objeto de satisfacer los requerimientos hídricos de las plantas para la obtención de

una buena producción y por consiguiente mejorar los ingresos de los agricultores” (Baca, 2011).

- "El riego consiste en suministrar agua de manera controlada al suelo para satisfacer los requerimientos hídricos de los cultivos" (FAO, 2002).
- El riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

**Porque regar**, es decir, es el beneficio que se espera obtener incorporando al riego un suelo de seco. (Gurovich, 1985) Las plantas necesitan agua para crecer y producir frutos por ello cuando no llueve tenemos que irrigar (Baca, 2011).

**Cuando regar**, es decir, con qué frecuencia se debe repetir riegos consecutivos y cuál es el criterio para determinar esa frecuencia. (Gurovich, 1985), existe un instrumento que nos puede ayudar a responder esta pregunta y es el tensiómetro (Baca, 2011).

**Cuanto regar**, es decir, durante cuánto tiempo o cuánta agua debe regarse en una superficie agrícola. (Gurovich, 1985), para ello existe el instrumento Tanque clase A el cual nos ayuda a determinar cuánto y durante cuánto tiempo se debe regar (Baca, 2011).

**Como regar**, este concepto hace referencia a la forma específica en que el agua es aplicada para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo, considerando factores como la uniformidad de distribución, la frecuencia de aplicación, el tipo de suelo y las condiciones climáticas. La elección adecuada del método de riego ya sea por surcos, gravedad, aspersión, goteo u otro sistema solo optimiza el uso del agua, sino que también influye directamente en el crecimiento de las plantas, la absorción de nutrientes (Vasquez, 2017).

#### **4.3.1.1. Formas más comunes de riego**

- **Riego por surcos**

(Vasquez, 2017) menciona que el sistema de riego por surcos/gravedad, al comenzar la aplicación de agua se produce un fenómeno dual: por un lado, el avance del agua a lo largo de la superficie del terreno y, por otro, su infiltración hacia el interior del perfil del suelo. Una vez que se interrumpe el suministro de agua al surco o a la melga, persiste por un breve período un escurrimiento superficial, conocido como recesión o merma, que forma parte del proceso natural de redistribución del agua. En el caso específico del riego por surcos, se distinguen dos modalidades: surcos abiertos y surcos cerrados. En los primeros, además de los fenómenos ya descritos, se observa un escurrimiento lateral del agua fuera del surco, lo que puede provocar pérdidas hídricas y problemas de uniformidad. En cambio, en los surcos cerrados, el agua tiende a acumularse en el extremo final del surco, lo que facilita una mejor distribución del recurso dentro del área regada.

- **Riego por goteo**

(Garcia, 2015) un sistema de riego por goteo es aquel donde se aplica agua filtrada (y fertilizante) dentro o sobre el suelo directamente a cada planta en forma individual. “Con un sistema de riego por goteo el agua puede ser suministrado al cultivo con base de una baja tensión y una alta frecuencia, con lo cual se crea un medio ambiente óptimo de humedad necesaria en el suelo”.

(Gurovich, 1985) es un sistema que proporciona agua filtrada directamente sobre el suelo para un mejor aprovechamiento de la planta.

(Vasquez, 2017) en los sistemas de riego por goteo, donde el agua se suministra de forma controlada en pequeñas cantidades directamente al pie de la planta, es fundamental considerar en el diseño que el caudal de descarga de cada gotero no exceda la velocidad de infiltración básica del suelo. Este criterio técnico es esencial para asegurar que el agua sea absorbida adecuadamente, evitando tanto el encharcamiento como el escurrimiento superficial, los cuales pueden generar pérdidas hídricas y afectar negativamente la eficiencia del sistema de riego.

- **Riego por aspersión**

(Moya J. , 2009) este método consiste en aplicar el agua en forma de finas gotas, simulando una precipitación natural, lo que se conoce como riego por aspersión o aéreo. Además de suministrar agua de manera uniforme, este sistema contribuye a la limpieza de las plantas, lo que puede dificultar el establecimiento y proliferación de ciertas plagas. Asimismo, la aspersión genera un microclima húmedo alrededor del cultivo, lo cual ayuda a reducir el riesgo de heladas y a minimizar problemas fisiológicos, como el rajado de frutos debido a cambios bruscos en la hidratación.

(Baca, 2011) consiste en la aplicación de agua a nuestros campos en forma de lluvia artificial, con el uso de estos sistemas de riego podemos graduar la cantidad necesaria que la planta requiere e irrigar en el momento oportuno.

#### **4.3.2. Riego localizado por goteo**

Es un sistema de riego eficiente en el que el agua se libera gota a gota con una frecuencia rápida y constante sobre la superficie del suelo, cercana a la zona radicular de

la planta, manteniendo la humedad del suelo en capacidad de campo o muy próxima a ella (Fuentes, 2002).

#### 4.3.2.1. Ventajas

- **Ahorro de agua:** gracias a la disposición de control en este sistema el agua puede ser aplicada muy eficientemente ya que solo aquella porción del suelo con actividad radicular necesita ser irrigada teniendo pérdidas mínimas por evaporación. (García, 2015). La eficiencia de riego es muy alta (90 al 95 % en goteo y 85 % en microaspersión) (Liotta, 2015).
- **Uniformidad de aplicación:** los emisores con el mismo caudal y ubicados a distancias regulares, es posible la entrega de agua con muy buen grado de uniformidad, incluso en terrenos con pendiente (Liotta, 2015).
- **Aumento de la superficie bajo riego:** gracias a la mayor eficiencia en el uso del agua, será posible ampliar la superficie cultivada con la misma disponibilidad hídrica en un 30-35% (Liotta, 2015).
- **Menor presencia de malezas:** ayuda a simplificar el manejo de las malas hierbas al mantener la humedad del suelo de manera focalizada, ya que el agua se suministra directamente junto a las plantas (Liotta, 2015).
- **Una rápida maduración:** estudios realizados en tomate, uva y remolacha evidenciaron un desarrollo temprano en la maduración con el uso de este sistema de riego por goteo (García, 2015).
- **Compatible con labores culturales:** el riego por goteo permite realizar otras tareas simultáneamente, como tratamientos fitosanitarios, poda, raleo de frutos y cosecha.



Además, la presencia de zonas secas facilita el desplazamiento de trabajadores y maquinaria (Liotta, 2015).

- **Ahorro de mano de obra:** este sistema optimiza el uso de la mano de obra, permitiendo que un solo operador de riego maneje entre 80-100 ha (Liotta, 2015).
- **Aprovechamiento de terrenos marginales:** permite regar áreas donde el riego superficial tradicional no es viable técnica o económicamente, como suelos arenosos, pedregosos o de baja retención hídrica, evitando altos costos de nivelación (Liotta, 2015).
- **Mejoras en la producción y calidad de frutos:** al garantizar un suministro constante de agua y nutrientes, se optimiza el desarrollo del cultivo, logrando frutos de mejor calidad y una maduración más temprana (Liotta, 2015).
- **Fertirriego:** este sistema permite aplicar fertilizantes de forma continua y en el momento adecuado, mejorando su aprovechamiento y reduciendo el uso de insumos (Liotta, 2015).
- **Automatización:** permite una gestión parcial o totalmente automatizada, optimizando su funcionamiento y facilitando la aplicación programada de fertirrigación (Liotta, 2015).

#### 4.3.2.2.Desventajas

- **Inversión inicial elevada:** es fundamental evaluar los costos y beneficios, considerando el posible aumento en la producción, la mejora en la calidad del producto y su valor en el mercado. Su implementación es justificable en cultivos con alta rentabilidad o cuando los costos de nivelación y preparación del suelo para riego superficial son demasiado altos (Liotta, 2015).

- **Acumulación de sales:** en regiones áridas con escasas precipitaciones, el uso continuo de estos sistemas puede provocar una acumulación excesiva de sales (Liotta, 2015).
- **Consumo de energía:** el costo de la electricidad para el funcionamiento de la instalación y los combustibles es otro factor a tener en cuenta (Liotta, 2015).
- **Vulnerabilidad ante fallos eléctricos:** en el riego presurizado, el agua se almacena en un volumen reducido de suelo, lo que limita la capacidad del cultivo para soportar períodos prolongados sin riego. Por ello, en zonas con interrupciones frecuentes del suministro eléctrico, su operatividad puede verse seriamente afectada (Liotta, 2015).
- **Necesidad de un sistema de filtrado:** demanda un mantenimiento riguroso en la filtración, ya que los emisores son susceptibles a obstrucciones causadas por materia orgánica, algas y partículas en suspensión (Liotta, 2015).
- **Mantenimiento y limpieza del sistema:** es fundamental realizar una limpieza regular tanto en el cabezal como en las tuberías y líneas laterales, asegurando su óptimo funcionamiento. Además, es necesario purgar los laterales al final de la línea. (flushing) (Liotta, 2015).
- **Mano de obra especializada:** necesita operadores especializados para su manejo y solución de fallas. Es fundamental una supervisión constante para garantizar el correcto funcionamiento de los goteros, prevenir obstrucciones y detectar posibles daños en tuberías, válvulas y demás (Liotta, 2015).
- **Diseño adecuado:** es esencial que el sistema sea planificado correctamente, considerando tanto los aspectos agronómicos como hidráulicos, además de asegurar una gestión eficiente de la fertirrigación (Liotta, 2015).

### **4.3.3. Componentes**

#### **4.3.3.1. Cabezal de riego**

El cabezal de riego es el conjunto de componentes encargados de filtrar, tratar, medir y distribuir el agua en la red de riego. En los sistemas de riego localizado, suele incluir un sistema de bombeo que proporciona la presión necesaria para alcanzar toda la red, aunque en algunos casos, cuando el agua proviene de una red a demanda con presión suficiente, este no es requerido. El sistema de filtrado es su elemento principal, compuesto por distintos tipos de filtros que eliminan partículas y sedimentos en suspensión, evitando obstrucciones en la red, especialmente en los emisores (Fernandez, 2010).

#### **4.3.3.2. Sistema de filtrado**

La obstrucción de los emisores es uno de los problemas más comunes de los sistemas de riego localizado esto se produce por partículas minerales (arena, limo y arcilla), partículas orgánicas (algas, bacterias, restos de plantas o animales), y sales precipitadas que provienen de los fertilizantes añadidos, o las que están presentes en el agua de riego. Si se producen obturaciones, el coste de mantenimiento de la red será mayor, la duración de los componentes de la instalación se verá reducida y el agua de riego se aplicará con menor uniformidad (Fernandez, 2010).

#### **4.3.3.3. Filtros de malla y anillas.**

Son dispositivos clave en la filtración del agua de riego. Los de malla contienen un cartucho con una malla metálica o plástica de distintos tamaños de orificio, medidos en "mesh"; para riego por goteo, se recomienda una malla de 140-150 mesh (110-106 micrones) (Liotta, 2015).

Los filtros de anillas están conformados por un conjunto de anillas ranuradas, las cuales se comprimen entre sí al enroscar la carcasa, conformando un cilindro compacto de filtración. El

grado de filtrado está determinado por la cantidad y el tamaño de las ranuras presentes en las anillas, y puede variar entre 0,42 mm y 0,11 mm. Cuando el filtro se encuentra limpio, la pérdida de carga suele estar en el rango de 1 a 3 metros de columna de agua (m.c.a.). Una de las principales ventajas de estos filtros es la facilidad de mantenimiento, ya que la limpieza puede realizarse simplemente abriendo la carcasa y aplicando un chorro de agua a presión sobre las anillas, lo que permite una rápida remoción de sedimentos acumulados (Pizarro, 1996).

#### **4.3.3.4. Elementos singulares**

Además de las tuberías, los elementos especiales son componentes fundamentales en la red de distribución de agua. Estas piezas específicas permiten la unión de tuberías, la transición de diámetros, la modificación de su trayectoria y la interconexión de múltiples conductos (Fernandez, 2010).

#### **4.3.3.5. Tuberías de conducción**

Las tuberías más utilizadas en los sistemas de riego son las de cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno. El PVC se emplea en diámetros superiores a 50 mm, principalmente en las líneas de distribución primaria, secundaria y terciaria, siendo los más comunes los de 50, 63, 75, 90, 110 y 160 mm. En sistemas de gran escala, las tuberías principales pueden superar los 200 mm de diámetro. Su clasificación se basa en la capacidad de resistencia a la presión que pueden soportar (Liotta, 2015).

#### **4.3.3.6. Laterales de riego**

Los laterales de riego son tuberías instaladas dentro del cultivo, a lo largo de las hileras de plantas. Generalmente, tienen diámetros de 16 y 20 mm, dependiendo del caudal a

distribuir y la longitud del riego. Están fabricadas con polietileno de baja densidad y también se conocen como tuberías portagoteros (Liotta, 2015).

#### **4.3.3.7. Cabezales de campo**

Son válvulas de control, regulan el suministro de agua a las distintas unidades de riego. Pueden ser manuales, como las esféricas, o hidráulicas, donde la presión del agua acciona un diafragma que interrumpe el flujo (Liotta, 2015).

#### **4.3.3.8. Emisores**

Los emisores son dispositivos instalados en los laterales de riego que regulan la salida del agua. Deben garantizar un caudal uniforme con baja sensibilidad a variaciones de presión, minimizar el riesgo de obstrucciones, asegurar una alta precisión en su fabricación y ofrecer resistencia a productos químicos y condiciones ambientales adversas (Liotta, 2015).

**Se clasifican de la siguiente forma:**

##### **a) Goteros:**

Los goteros pueden clasificarse según su forma de incorporación al sistema. Por un lado, existen los goteros integrados, los cuales son ensamblados directamente en el interior de la tubería durante el proceso de fabricación. Por otro lado, están los goteros interlínea, que se conectan externamente mediante tramos de tubería unidos a cada extremo del gotero. La distancia entre emisores puede variar ampliamente en función del tipo de cultivo, el diseño del sistema y las características del suelo, oscilando generalmente entre 15–20 centímetros y hasta 200–250 centímetros (Monge, 2018).

**b) Cintas:**

La cinta de goteo es un conducto fabricado en polietileno (PE), generalmente con un diámetro exterior de 16 mm y paredes delgadas, que oscilan entre 0,15 y 0,20 mm de espesor. Este tipo de tubería es comúnmente utilizado en el riego de cultivos hortícolas y de invernadero, debido a su facilidad de instalación y eficiencia en la distribución del agua. Las distancias entre emisores suelen situarse entre 10 y 30 centímetros, permitiendo una aplicación localizada y uniforme del recurso hídrico en función del marco de plantación (Monge, 2018).

**Los emisores con mecanismos de regulación de presión se clasifican en:**

**Auto-compensados:** Diseñados para mantener un caudal constante pese a variaciones de presión, funcionan con flujo turbulento y cuentan con una membrana de silicona que se deforma según la diferencia de presión antes y después del emisor, ajustando el paso del agua. Son ideales para terrenos irregulares, pendientes pronunciadas y sistemas de riego de gran extensión (Liotta, 2015).

**No-compensados:** No poseen un sistema de regulación, por lo que su caudal varía según la presión. Operan con menores presiones que los autocompensantes y son más económicos. Sin embargo, para garantizar una distribución uniforme del agua ( $\pm 10\%$  de variación), es recomendable utilizar laterales de menor longitud (Liotta, 2015).

**4.3.4. Aparatos de control y medición****4.3.4.1. Manómetros:**

Es importante del sistema ya que permite determinar la presión del agua en los puntos que se desee (Moya, 2009).

#### **4.3.4.2. Higrómetro:**

Instrumento empleado para determinar la humedad relativa del ambiente. Este parámetro indica la proporción de vapor de agua presente en el aire en comparación con la cantidad máxima que podría retener bajo determinadas condiciones de temperatura y presión.

#### **4.3.4.3. Anemómetro:**

Es un instrumento utilizado para medir la velocidad y la dirección del viento. Mide principalmente la velocidad del viento en unidades de velocidad, como metros por segundo (m/s), kilómetros por hora (km/h) o millas por hora (mph).

#### **4.3.4.4. Vernier digital:**

Instrumento de medición diseñado para obtener dimensiones lineales con alta precisión. Integra las funciones de una escala vernier deslizante con un sistema de lectura digital, lo que permite obtener resultados rápidos y exactos.

#### **4.3.4.5. Tensiómetro:**

(Baca, 2011) instrumento que ayuda a calcular el esfuerzo que tienen que realizar las raíces del cultivo para extraer el agua que necesitan del suelo quiere decir el tensiómetro actúa como una raíz artificial.

### **4.4. Fertirrigación**

(Moya J. , 2009) la fertirrigación permite suministrar los nutrientes directamente a las raíces de las plantas. Al fraccionar la aplicación en diez o más veces al mes, se optimiza la absorción y se reducen las pérdidas por exceso de fertilización.

(Cadahia, 2005) representa una estrategia eficiente para optimizar el uso de los recursos naturales. Sin embargo, por sí sola no es suficiente para enfrentar el desafío de incrementar la producción de alimentos con altos estándares de calidad, en un contexto de escasez de tierras cultivables. En este escenario, el sector de los fertilizantes minerales desempeña un papel fundamental, permitiendo maximizar el rendimiento de los cultivos sin necesidad de expandir la superficie agrícola, lo que será aún más relevante en el futuro.

La fertirrigación es una técnica que consiste en incorporar fertilizantes disueltos en el agua de riego, ya sea de manera continua o a intervalos programados, con el objetivo de nutrir eficientemente a los cultivos. No todos los sistemas de riego son adecuados para esta práctica, ya que uno de los requisitos fundamentales es asegurar una alta uniformidad en la distribución de los nutrientes. Por esta razón, la fertirrigación se utiliza principalmente en sistemas de riego localizado de alta frecuencia, como el riego por goteo o la microaspersión, donde se garantiza una dosificación precisa y constante. No obstante, también puede implementarse en sistemas de riego por aspersión, siempre que se controle adecuadamente el caudal y la presión del sistema.

#### **4.4.1. Sistemas de fertirrigación**

(Fernandez, 2010) la fertirrigación es una técnica esencial en el riego localizado, ya que permite la aplicación de fertilizantes a través del agua de riego, proporcionando a los cultivos los nutrientes necesarios para un desarrollo óptimo. Generalmente, los componentes del sistema de fertirriego se instalan en el cabezal, aunque pueden ubicarse en la cabecera de cada unidad de riego cuando se manejan cultivos con requerimientos nutricionales diferentes. Es fundamental que el equipo de fertirrigación se coloque después del sistema de filtrado grueso (hidrociclón o arena) y antes de la unidad de filtrado fino



(malla o anillas). Entre los sistemas más utilizados se encuentran diversos inyectores y dosificadores especializados los cuales son:

#### **4.4.1.1. Tanques de fertilización:**

Son depósitos conectados en paralelo a la red de distribución. El fertilizante se incorpora al agua por diferencia de presión entre la salida y la entrada (Fernandez, 2010).

#### **4.4.1.2. Inyectores:**

Son mecanismos diseñados para dosificar la solución fertilizante desde un depósito, utilizando una bomba de accionamiento eléctrico o hidráulico para su introducción en la red de riego (Fernandez, 2010).

#### **4.4.1.3. Inyectores tipo Venturi:**

El inyector Venturi es un dispositivo que utiliza un estrechamiento en la tubería para generar una depresión que succiona la solución fertilizante, asegurando una concentración constante de fertilizante en el agua de riego. Se conecta en paralelo a la red y cuenta con una válvula de presión para desviar parte del agua hacia el inyector. Aunque mantiene la concentración constante, produce pérdidas de carga que se pueden minimizar usando varios inyectores en serie y una bomba centrífuga en paralelo (Fuentes Y. , 1999).

Estos dispositivos están compuestos por un tubo conectado en paralelo a la tubería principal, el cual presenta un estrechamiento que genera un efecto de succión, permitiendo la incorporación del fertilizante al sistema de riego (Fernandez, 2010).

#### **4.5. Diseño agronómico**

(Fernandez, 2010) el diseño agronómico es un componente esencial en cualquier proyecto de riego, ya que errores en sus cálculos pueden afectar directamente el diseño hidráulico. Por

ejemplo, una incorrecta distribución de emisores podría generar un riego insuficiente, humedeciendo un volumen de suelo menor al requerido. Asimismo, una inadecuada gestión del lavado de sales podría provocar la salinización del suelo, comprometiendo la productividad del cultivo.

(Moya, 2009) el diseño agronómico abarca la planificación y distribución de los distintos elementos esenciales en una instalación, con especial énfasis en la red de tuberías, garantizando un uso eficiente y adecuado para el desarrollo óptimo de los cultivos.

#### **4.5.1. Necesidades máximas de riego**

(Fernandez, 2010), es fundamental determinar los requerimientos hídricos del cultivo durante los periodos de mayor demanda. A partir de este valor, se definen las dimensiones de los componentes del sistema de riego, asegurando que la infraestructura pueda proporcionar el volumen de agua necesario para un óptimo desarrollo del cultivo en las fases de máxima exigencia. Las necesidades hídricas de los cultivos dependen de la evapotranspiración (ET), que incluye la transpiración de las plantas, influenciada por su tipo y fase de desarrollo, y la evaporación desde el suelo, determinada por las condiciones climáticas.

(Ojeda, 2008) comprender las necesidades hídricas de los cultivos permite una gestión eficiente del riego, ajustándolo a las variaciones en la demanda, que pueden aumentar en días de alta radiación solar, vientos intensos o baja humedad relativa. Subestimar estos requerimientos puede inducir estrés hídrico, reduciendo tanto el rendimiento como la calidad de la producción. Generalmente, las necesidades de riego se expresan en términos de lámina de agua por unidad de tiempo (mm/día) o volumen por superficie cultivada (m<sup>3</sup>/ha).

#### **4.5.2. El bulbo húmedo**

(Fuentes, 2002) el bulbo húmedo es el volumen de suelo que se humedece alrededor de un emisor de riego localizado, siendo fundamental para el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Su tamaño y forma están determinados por el movimiento del agua en el suelo, el cual varía según su porosidad. En suelos con poros grandes, como los arenosos, el agua se desplaza predominantemente por gravedad en sentido vertical, generando un bulbo alargado. En cambio, en suelos arcillosos, con poros más pequeños, el agua se distribuye por capilaridad en todas direcciones, formando un bulbo más ancho y achatado.

#### **4.5.3. Coeficiente del cultivo (Kc)**

(Vasquez, 2017) el coeficiente de cultivo (Kc) es un parámetro adimensional que refleja cómo varía la cantidad de agua extraída del suelo por las plantas, considerando tanto la evaporación como la transpiración, a lo largo del ciclo de crecimiento, desde la siembra hasta la cosecha. Este valor cambia según el tipo de cultivo y su fase de desarrollo. Algunos autores proponen tres etapas para determinar el Kc (inicial, desarrollo-media y maduración), mientras que otros distinguen cuatro fases: inicial, desarrollo, media y maduración. se calcula mediante la fórmula siguiente formula.

#### **4.5.4. Evapotranspiración del cultivo de referencia**

(Vasquez, 2017) la evapotranspiración de referencia (eto) es un parámetro climático que mide la capacidad de la atmósfera para evaporar agua, sin considerar las características del cultivo ni el suelo. Eto se refiere a la cantidad de agua que se evaporaría de una superficie de pasto verde bien regado, en buen estado y de altura uniforme (0,12 m). Este valor se usa para calcular la evapotranspiración del cultivo (etc). Aunque la eto es un indicador importante, su medición requiere equipos especializados como lisímetros o tanques evaporímetros, siendo el primer método

más costoso y utilizado principalmente en investigaciones. También se puede estimar mediante datos meteorológicos utilizando el método recomendado por la FAO.

#### **4.5.5. La evapotranspiración del cultivo (ETc)**

(Vasquez, 2017) se calcula bajo condiciones estándar, es decir, un cultivo sano, bien fertilizado y cultivado en un terreno amplio con condiciones óptimas de humedad. Los efectos del clima ya están reflejados en la evapotranspiración de referencia (ETo). Las diferencias entre el cultivo y la superficie de referencia se consideran a través del coeficiente de cultivo (Kc). Para obtener la ETc (mm/día), se multiplica la ETo (mm/día) por el valor adimensional de Kc.

**ETC = ETo \*Kc Donde:**

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

ETo = evapotranspiración potencial (mm/día)

Kc = coeficiente del cultivo.

#### **4.5.6. Dosis de riego**

La dosis de riego es el volumen de agua que puede ser aplicado en un riego por tanto es el volumen máximo que puede ser retenido por el suelo. Depende de la densidad aparente, profundidad radicular, nivel máximo tolerable de la humedad, capacidad de campo, punto de marchitez y eficiencia de riego. Es de dos tipos: dosis neta cuando no se considera la eficiencia de riego en su cálculo y dosis bruta cuando es considerado la eficiencia. Puede expresarse en dos maneras: en m<sup>3</sup>/ha. y en forma de lámina de riego en mm Olarte H.W, (1987) citado por (Quillahuaman, 2022)

#### 4.5.7. Lamina neta

(Pizarro, Riego localizado de alta frecuencia: goteo- microaspersión- exudación, 1990)

debido a que el riego por goteo es localizado y generalmente no se moja toda el área irrigada se define la lámina aplicada en riego por goteo con la siguiente expresión:

$$L_{ng} = L_n \times \% A_m$$

**Donde:**

*L<sub>ng</sub> = lamina neta en riego por goteo., L<sub>n</sub> = lamina neta., %am = porcentaje de área mojada.*

#### 4.5.8. Lamina Bruta

(Fernandez, 2010). Cantidad de agua que realmente ha de aplicarse en un riego como consecuencia de tener en cuenta la eficiencia de aplicación del riego y, en su caso, las necesidades, para los sistemas d riego por goteo se ha establecido este valor de Ef = 0.95.

$$Lamina\ brutas\ de\ riego = \frac{Lamina\ neta\ de\ riego\ (mm)}{Eficiencia\ de\ aplicación\ del\ riego(mm)}$$

#### 4.5.9. Tiempo de riego

(Benites, 2001) se refiere al tiempo (t) que es necesario para incorporar la lámina aplicada (Lap) al suelo, teniendo en cuenta la cantidad de agua o volumen (v) que se dispone por unidad de tiempo o caudal (Q).

$$Q = \frac{v}{t}$$

$$t = \frac{v}{Q}$$

$$t = \frac{A \times Lap}{\dot{Q}}$$

*t = tiempo de riego (seg)*

$A = \text{Area de riego (m}^2\text{)}$

$Lap = \text{Lamina de agua a aplicar (m)}$

$Q = \text{Caudal (m}^3\text{/seg)}$

#### **4.5.10. Evapotranspiración (Et)**

Se conoce como evapotranspiración a la combinación de dos procesos separados por lo que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y la otra se pierde por transpiración del cultivo y se expresa normalmente en (mm) por unidad de tiempo. (FAO, 2006)

#### **4.5.11. Capacidad de campo (CC)**

(Benites, 2001). Es el máximo contenido de humedad del suelo que la planta puede aprovechar para su crecimiento, suponiendo que el resto drena demasiado rápido para ser aprovechada.

#### **4.5.12. Punto de marchitez permanente (PMP)**

Cuando el suelo alcanza el punto de marchitez permanente, la mayor parte del agua disponible se adhiere fuertemente a las partículas del suelo y no está disponible para las raíces de las plantas. En esta condición, el suelo se vuelve extremadamente seco y las plantas experimentan estrés hídrico, lo que afecta negativamente su crecimiento y desarrollo.

#### **4.5.13. Densidad Aparente (Da)**

La densidad aparente se refiere a la masa de un material por unidad de volumen, incluyendo los espacios porosos o vacíos. En el contexto de los suelos, la densidad aparente se utiliza para describir la compactación del suelo y se expresa en unidades de masa por unidad de volumen (por ejemplo, g/cm<sup>3</sup> o kg/m<sup>3</sup>).

#### 4.6. Antecedentes de la investigación

(Quispe, 2023) la investigación titulada “Efecto de la aplicación de tres frecuencias de fertirriego en el rendimiento de fresa (*fragaria x ananassa*) bajo condiciones de fitotoldo en la comunidad campesina de Sihuaypampa – Paucartambo – Cusco”, estudio que evaluó el efecto de tres frecuencias de fertirriego en el rendimiento de fresa bajo condiciones de fitotoldo. Utilizando un diseño experimental apareado con cuatro tratamientos, se analizaron variables como rendimiento, número y peso de frutos, y dimensiones del fruto. Los resultados indicaron que la frecuencia de fertirriego cada cuatro días (T3) obtuvo el mayor rendimiento (34.20 t/ha) y mayor número de frutos por planta (30.93), mientras que el tratamiento con tres días (T2) presentó los frutos de mayor peso (26.36 g) y diámetro polar (4.47 cm). Estos hallazgos destacan la importancia del manejo adecuado del fertirriego para optimizar la producción de fresa en ambientes protegidos.

(Alvites, 2020) la investigación titulada “Niveles de fertilización y frecuencia de aplicación de nitrógeno en las características agronómicas y rendimiento del pasto *Panicum maximun* cultivar tanzania iquitos – 2019”, estudio realizado en la Facultad de Agronomía en el Fundo de Zungarococha, Iquitos (2019), evaluó el efecto de distintos niveles de fertilización y frecuencia de aplicación de nitrógeno en las características agronómicas y el rendimiento del pasto *Panicum maximum* cv. Tanzania. Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con un esquema factorial 2x2, considerando cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados indicaron que la aplicación de 200 kg N/ha (N2) mejoró significativamente la altura de la planta, la producción de materia verde y seca, así como el rendimiento por hectárea. Además, la aplicación de nitrógeno a los 21 días después de la siembra favoreció estos parámetros, demostrando que tanto la cantidad como la frecuencia de fertilización influyen en el desarrollo y productividad del forraje.

(Flores, 2023) la investigación titulada “Fertilización y frecuencia de riego en la producción de nopal verdura (*Opuntia ficus indica* L.) en el túnel de plástico”, el estudio evaluó la respuesta del nopal verdura a diferentes frecuencias de fertilización orgánica y química, la inoculación con el hongo micorrícico *Glomus mosseae* y la frecuencia de riego bajo túnel de plástico. Se utilizó un diseño de parcelas divididas, considerando dos niveles de riego (35 y 70 cb) y diversas fuentes de fertilización, incluyendo composta, estiércol, fertirriego y fertilizantes químicos. Los resultados indicaron que el tratamiento con estiércol y fertilizante triple 17 obtuvo el mayor rendimiento (266 t/ha). Además, se encontró una interacción significativa entre la fertilización y la frecuencia de riego en parámetros como índice de color, acidez titulable y contenido de fibra. Los tratamientos más efectivos fueron estiércol con triple 17, composta con superfosfato de calcio y fertirriego con riegos frecuentes (4 riegos/mes), con un consumo de agua de 392 mm anuales.

(Jorge, 2020) la investigación titulada “Dosis y frecuencia de fertilizante mineral para el establecimiento de plantaciones de pinares en suelos ácidos”, una investigación llevada a cabo en la Estación Experimental Agroforestal de Viñales, Pinar del Río, evaluó el impacto de diferentes dosis y frecuencias de aplicación de NPK en *Pinus caribaea* durante sus primeros cinco años de establecimiento. Utilizando un diseño de bloques al azar con siete tratamientos y un testigo sin fertilización, se midieron altura y diámetro a lo largo de 41 años, empleando regresión multinivel para modelar el crecimiento. Los resultados indicaron que las aplicaciones de 600 g, 800 g y 1000 g por árbol en régimen alterno o continuo fueron superiores al testigo, mientras que una dosis única de 300 g de NPK generó un menor crecimiento en comparación con la falta de fertilización, demostrando la importancia de un manejo adecuado de fertilización en plantaciones forestales.



## V. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

### 5.1. Datos generales

#### 5.1.1. Tipo de investigación

El ensayo realizado es de tipo experimental ya que se basa en el cumplimiento de objetivos e hipótesis claramente definidos. Este tipo de investigación permite probar teorías o supuestos, a través de la observación y el análisis de los resultados obtenidos.

#### 5.1.2. Lugar del experimento

**Ubicación temporal** El presente trabajo se realizó desde la preparación de terreno mes de diciembre 2022 al mes de mayo 2023, donde se realizó la conducción del cultivo, la cosecha y la evaluación de las variables en estudio.

**Ubicación espacial** El área donde se realizó esta experimentación estuvo ubicada en las instalaciones del potrero C-2 de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC).

**Figura 4:** Área experimental



*FUENTE: google earth 2023.*

#### **5.1.2.1. Ubicación Política**

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

#### **5.1.2.2. Ubicación Geográfica**

Latitud	:	13°33'24'' S
Longitud	:	71°52'30'' W
Altitud	:	3,234.926 m s.n.m.

#### **5.1.2.3. Ubicación Hidrográfica**

Cuenca	:	Vilcanota
Sub cuenca	:	Watanay
Micro cuenca	:	Wanakauri

### **5.5.2. Materiales**

#### **5.2.1. Material vegetativo**

Para la realización de esta investigación se utilizó semilla importada de Nueva Zelanda arveja variedad *Quantum*. (Ver anexo 06)

#### **5.2.2. Materiales de campo**

- Pancarta de madera
- Etiquetas
- Plumones indelebles

- Libreta de campo
- Rafia de colores
- Tablas
- Estacas para tutores 1m
- Sacos
- Cinta teflón

### **5.2.3. Accesorios/equipos de riego**

- Inyector Venturi de 3/4"
- Cintas de goteo clase 1500 de 5/8 pulgadas
- Manguera polietileno 16 mm
- Accesorios para la manguera y cinta de riego. (iniciales, codos, tees, conexión invertida, tapones, etc.)
- Válvulas
- Pegamento para PVC.
- Sacabocado

### **5.2.4. Herramientas**

- Cinta métrica 3m
- Wincha de 30 m
- Tijera normal
- Alicata
- Martillo
- Pala
- Barreta

- Azada pequeña andina
- Pico
- Lampa
- Navaja
- Tijera de podar

#### **5.2.5. Equipos de campo**

- Teléfono celular
- Cámara fotográfica
- Balanza de precisión
- Mochila asperjadora de 15 litros
- Calculadora científica

#### **5.2.6. Instrumentos meteorológicos**

- Higrómetro digital “HTC – 1”
- Anemómetro digital “Kestrel”
- Tanque clase A
- Pluviómetro “Taylor” de 5 mm

#### **5.2.7. Materiales de escritorio**

- Calculadora
- Lápiz
- Lapiceros
- USB
- Laptop

- Impresora
- Papel bond
- Cuaderno

#### **5.2.8. Insumos**

- Fungicida agrícola ATTACK polvo mojable.
- Nitrato de amonio (33 % de N)

### **5.3. Metodología**

#### **5.3.1. Análisis previo del suelo**

##### **5.3.1.1. Muestreo de suelo**

Para esta actividad previamente se realizó una remoción y rastrado de suelo el 20 de diciembre 2022, para asegurar la uniformidad de la muestra siendo así más confiable el resultado de la muestra del suelo. El muestreo del suelo se efectuó de forma manual mediante la recolección de cinco submuestras dispuestas en un patrón en zigzag. Cada submuestra fue extraída utilizando una pala, realizando un corte en forma de 'V' hasta una profundidad aproximada de 25 cm, posteriormente estas submuestras fueron combinadas uniformemente tomando 1 kg y enviando al laboratorio de la Universidad Agraria La Molina.

##### **5.3.1.2. Análisis de suelo**

De acuerdo a este análisis que nos brindó el laboratorio de la Universidad Agraria La Molina, se precedió a realizar el cálculo de la fertilización.

### 5.3.2. Cálculo de nutrientes

#### Resultados del análisis de suelo:

<b>M.O</b>	:	1.08	%
<b>P</b>	:	63.3	ppm
<b>K</b>	:	172	ppm
<b>Da</b>	:	1.49	g/cm <sup>3</sup>
<b>Ca<sup>+2</sup></b>	:	16.67	meq/100gr
<b>K<sup>+</sup></b>	:	0.53	meq/100gr

#### Profundidad del suelo: 0.30 m

Para determinar la cantidad de fertilizantes, se consideraron los resultados obtenidos del análisis de suelo realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Con base en estos datos, se calcularon las dosis adecuadas de fertilización para optimizar el desarrollo del cultivo. (ver anexo 03)

### CALCULO DE NUTRIENTES DEL SUELO

Para determinar la cantidad de nutrientes, se consideraron los valores obtenidos del análisis de suelo, agregando únicamente aquellos elementos necesarios para alcanzar el nivel óptimo que garantice un buen rendimiento del cultivo.

- **Cálculo del volumen del suelo**

$$Vs = Area \times h$$

$$Vs = 100\ m \times 100\ m \times 0.30\ m$$

$$Vs = 3000\ m^3/ha$$

- **Cálculo de la masa del suelo**

$$Ms = Da \times V$$

$$Ms = 1.49 \text{ tn/m}^3 \times 3000 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$Ms = 4470 \text{ tn/ha}$$

## **NITROGENO**

- **Cálculo de la materia organica en masa del suelo**

$$100 \text{ kg suelo} \text{_____} 1.08 \text{ kg M.O}$$

$$4\,470\,000 \text{ kg suelo} \text{_____} X \text{ kg M.O}$$

$$X = 48\,276 \text{ kg M.O}$$

$$X = 48.276 \text{ tn M.O}$$

Calculando el nitrógeno total NT por ha. El nitrógeno es el 5% de MO

$$\text{kg/ha de NT} = 48.276 \times 0.05 = 2.4138 \text{ tn/ha de NT}$$

Calculando la cantidad de nitrógeno disponibles ND (2%)

$$2.4138 \text{ kg/ha} \times 0.02 = \mathbf{0.048276 \text{ tn/ha de ND}}$$

Calculando la cantidad de nitrógeno disponibles ND en el suelo por año

$$0.048276 \text{ tn/ha} \times 1000 = 48.276 \text{ kg}$$

Calculando la cantidad de nitrógeno disponibles ND en el suelo por mes

$$48.276 / 12 = 4.023 \text{ kg de N}$$

Calculando la cantidad de nitrógeno disponible para el cultivo de arveja

$$4.023 \text{ kg} \times 4 \text{ mes} = \mathbf{16.092 \text{ kg de N}}$$

## **FOSFORO**

- **Cálculo de contenido de fosforo  $P_2O_5$  en el suelo**

1 000 000 kg suelo\_\_\_\_\_ 63.3kg fosforo

4 470 000 kg suelo\_\_\_\_\_ X kg fosforo

$$X = 282.95 \text{ kg de fosforo}$$

**convertimos de P a  $P_2O_5$**

$$X = 282.95 \times 2.29 \text{ kg } P_2O_5$$

$$X = 647.96 \text{ kg } P_2O_5$$

**Calculamos el porcentaje de asimilación**

**CRU (10%)**

647.96 kg/ha  $P_2O_5$ \_\_\_\_\_100%

X kg/ha  $P_2O_5$ \_\_\_\_\_10%

$$X = 64.80 \text{ kg de } P_2O_5$$

## **POTASIO**

- **Cálculo de por el peso molecular**

$$0.53 \times 39.1 = 20.72 \text{ mg/100 gr de K}$$

- **Llevamos a kg**

$$20.72 \text{ mg/1000 gr/1000 kg} = 0.000020723 \text{ kg de potasio}$$

- **Calculamos por el volumen de suelo**

$$(0.000020723 \times 4470000) / 0.1 \text{ kg} = 926.3181 \text{ kg/ha de K}$$

- **Multiplicamos por el factor de conversión**

$$926.32 \times 1.3 = 1204.21 \text{ kg/ha de K}$$

- **Corregimos con la eficiencia del 5%**

$$1204.21 \times 0.05 = 60.21 \text{ kg/ha de K}$$



## BALANCE DE NUTRIENTES

BALANCE			
NUTRIENTES	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
Necesidad del cultivo (nivel).	120.00	60.00	60.00
Análisis de resultados e interpretación (suelo)	16.09	64.80	60.21
Dosis/cantidad de fertilizantes a incorporar (plan de fertilización)	103.91	-4.80	-0.21

Se procede a calcular la cantidad de fertilizantes restantes.

### CALCULO DE NITROGENO

Nitrato de amonio (33%)

33 % *kg de N puro* \_\_\_\_\_ 100*kg Nitrato de amonio*

103.91% *kg de N puro* \_\_\_\_\_ *Xkg Nitrato de amonio*

$X = 314.87 \text{ kg N.A /ha}$

- **Cálculo de nitrato para los tratamientos (16.8m<sup>2</sup>)**

10000m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ 314.87 *kg N.A /ha*

16.8 m<sup>2</sup> \_\_\_\_\_ *X kg*

$X = 0.529 \text{ kg de N.A / 16.8m}^2$

- TA: Calculo de nitrato de amonio para tratamiento 1:

$0.529 \text{ kg de N.A / 120 aplicaciones} = 0.00440818 \text{ kg} = 4.41 \text{ gr}$

- TB: Calculo de nitrato de amonio para tratamiento 2:

$0.529 \text{ kg de N.A / 60 aplicaciones} = 0.008816 \text{ kg} = 9 \text{ gr}$

- TC: Calculo de nitrato de amonio para tratamiento 3:

$0.529 \text{ kg de N.A / 40 aplicaciones} = 0.013225 \text{ kg} = 13.23 \text{ gr}$

- TD: Calculo de nitrato de amonio para tratamiento 4:

0 – 0 – 0

### 5.3.3. Diseño experimental

El diseño que se implementó para este trabajo de investigación fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), en el cual se tiene 4 bloques de áreas iguales en largo y ancho y 4 tratamientos considerando el testigo con 4 repeticiones y un total de 16 unidades experimentales, estas unidades experimentales estarán establecido en campo abierto por lo tanto tendrán las mismas condiciones ambientales (suelo y clima). Modelo Lineal El modelo lineal correspondiente al diseño de bloques completos al azar es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  = respuesta observada con el tratamiento i en el bloque j
- $\mu$  = media general
- $\tau_i$  = efecto del tratamiento i;  $i=1,2,\dots,t$
- $\beta_j$  = efecto del bloque j;  $j=1,2,\dots,r$
- $\varepsilon_{ij}$  = termino de error asociado al tratamiento i en el bloque j

#### 5.3.3.1. Factor en estudio:

Factores: frecuencias de fertilización nitrogenada

- **T0:** Testigo (frecuencia de riego cada 4 días, sin fertilización)
- **T1:** Diario (frecuencia de fertirrigación cada un día)
- **T2:** Interdiario (frecuencia de fertirrigación cada dos días)
- **T3:** Tres días (frecuencia de fertirrigación cada tres días)

### 5.3.3.2. Tratamientos:

**Tabla 3:** Combinación de tratamientos

TRATAMIENTOS	FRECUENCIAS
TA	1 días (frecuencia de fertirrigación cada día)
TB	2 días (frecuencia de fertirrigación cada dos días)
TC	3 días (frecuencia de fertirrigación cada tres días)
TD	Testigo (frecuencia de riego cada 4 días, sin fertilización)

*Fuente: elaboración propia*

### 5.3.3.3. Variables independientes

- Frecuencias de fertirriego

### 5.3.3.4. Variables dependientes

- Características agronómicas
- Rendimiento

### 5.3.3.5. Variables e indicadores

**Tabla 4:** Variables e indicadores

Variable Independiente	Variable Dependiente	Indicador
Frecuencias de fertirriego	<b>Características agronómicas:</b>	
	- Altura de planta	cm
	- Flores	N.º
	- Longitud de vaina	cm
	- Granos por vaina	N.º
	<b>Rendimiento:</b>	
	- Peso de vainas	gr.
	- Número de vainas	N.º
	- Rendimiento	t/ha

*Fuente: Elaboración propia*

#### **5.3.4. Características del campo experimental**

##### **5.3.4.1. Dimensiones del campo experimental**

- Largo : 29.0m
- Ancho : 11.5 m
- Área total :  $333.5 \text{ m}^2$

##### **5.3.4.2. Número y Dimensiones de los Bloques**

- Número de bloques : 4
- Largo de los bloques : 6 m
- Ancho de bloques : 11.5 m
- Distanciamiento entre bloques : 1.0 m
- Área de cada bloque :  $69 \text{ m}^2$

##### **5.3.4.3. Área neta de cada tratamiento**

- Total, de unidades experimentales : 16
- Ancho de cada tratamiento : 1.4 m
- Largo de cada tratamiento : 5.20 m
- Área neta de tratamiento :  $7.28 \text{ m}^2$

#### 5.3.4.4. Número y distanciamiento de Plantas

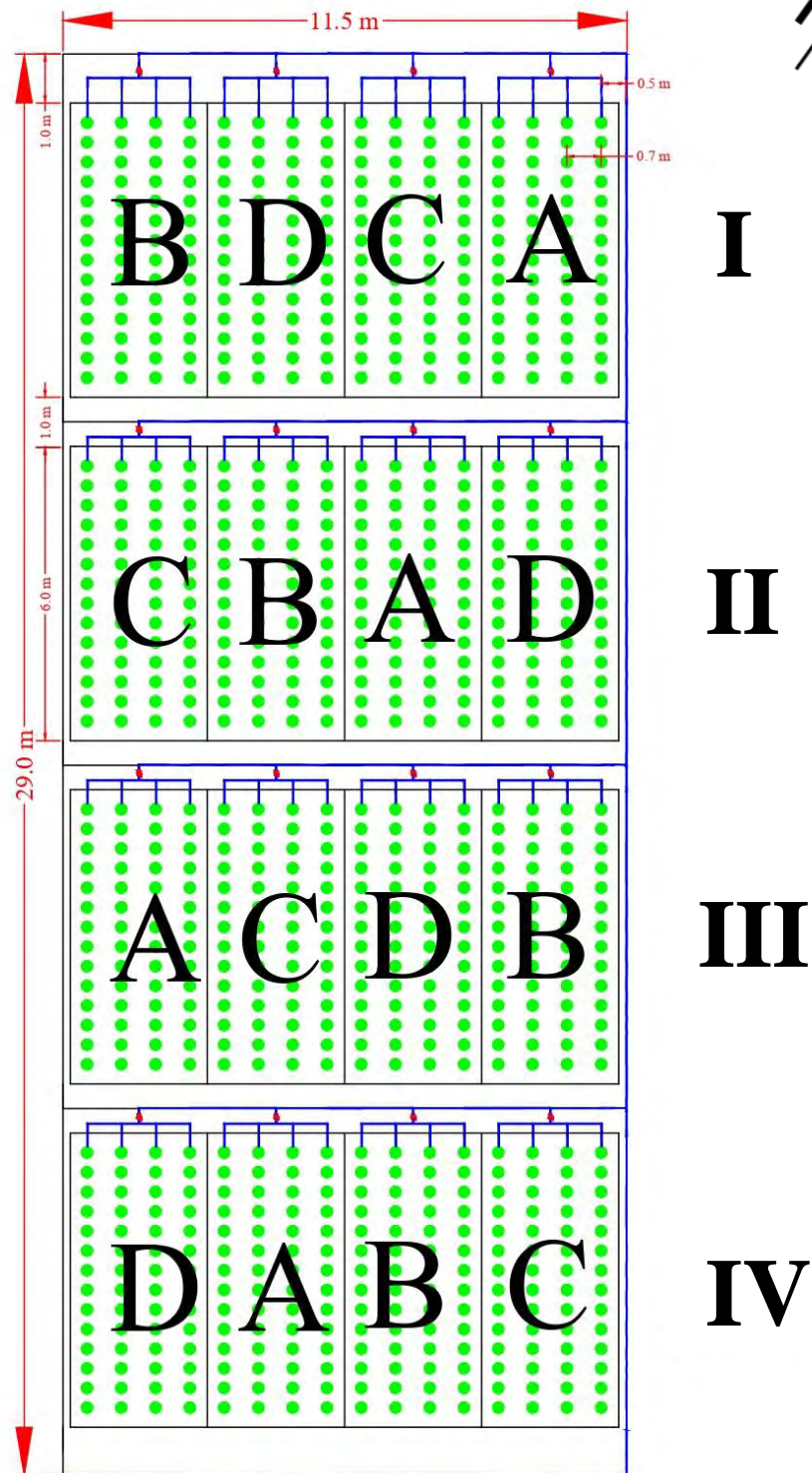
• Distanciamiento entre golpes	:	0.40 m
• Distanciamiento entre surcos	:	0.70 m
• Numero de surcos	:	64
• Número de plantas por golpe	:	3
• Número de golpes por surcos	:	15
• Número de repeticiones	:	4
• Número de golpes por tratamiento	:	60
• Número de bloques	:	4
• Número de tratamientos	:	4
• Número total de golpes	:	960

#### 5.3.4.5. Área de la parcela

• N° de parcela por bloque	:	4
• N° total de parcela	:	16
• Ancho	:	2 .8 m
• Largo	:	6 m
• Área	:	16.8 $m^2$

### 5.3.5. Croquis de distribución del cultivo de la arveja en el área experimental

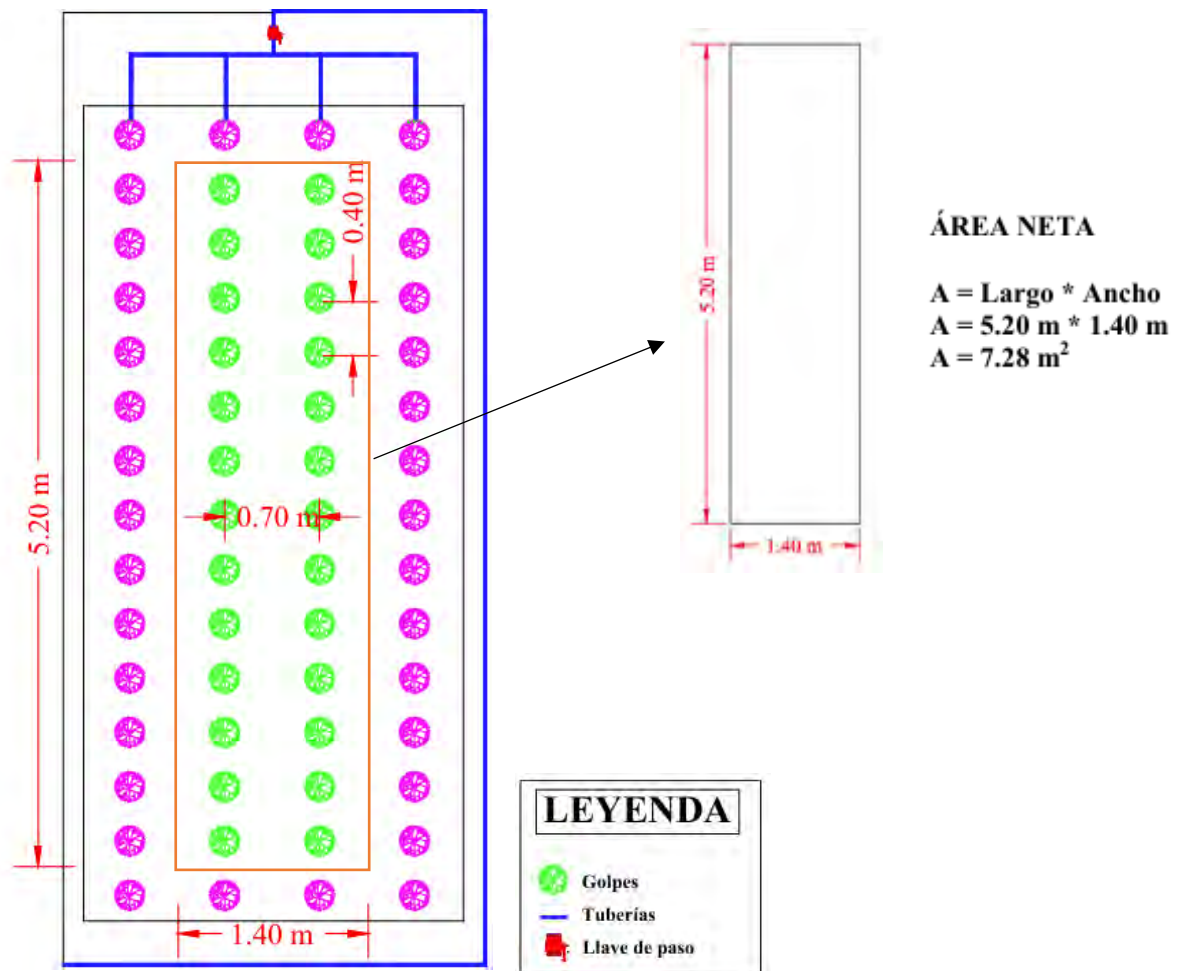
**Figura 5:** Croquis del campo experimental



*Fuente:* Elaboración propia

### 5.3.5.1. Área neta por tratamiento

**Figura 6:** Área del tratamiento



*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3.6. Material de origen Biológico

La Semilla que se utilizó para esta investigación es la arveja variedad Quantum, que se obtuvo de una agroveterinaria de la ciudad del Cusco, esta variedad posee características como una alta producción, lo que las hace una opción atractiva que buscan maximizar su rendimiento y resistencia a enfermedades comunes que afectan a las arvejas, lo que puede ayudar a los investigadores y agricultores a reducir los costos de control de plagas.

### 5.3.7. Determinación del fertilizante

El fertilizante que se utilizó en esta investigación experimental es el nitrato de amonio, este es una sal compuesta por los iones nitrato y amonio. Entre las distintas variantes de nitratos amónicos, únicamente aquel con mayor concentración de nitrógeno y libre de impurezas insolubles (33% N) se considera adecuado como fertilizante. Este compuesto destaca por su alta solubilidad en agua, alcanzando los 1.920 g/l a una temperatura de 20 °C, lo que lo convierte en una de las fuentes nitrogenadas más eficaces y disponibles para el uso agrícola aplicando mediante fertirrigación con un sistema de riego localizado por goteo.

### 5.3.8. Cálculo de planilla de manejo de riego

Para un manejo eficiente del riego en el cultivo de arvejas verdes, se utilizó una planilla basada en (Baca, 2011), que considera factores como la etapa fenológica del cultivo, las condiciones climáticas y las características del suelo. Esta herramienta optimiza la cantidad y frecuencia del riego, asegurando un balance hídrico adecuado que mejora el rendimiento y la calidad del cultivo.

De acuerdo con las condiciones climáticas observadas el 18 de enero, se consideraron como variables la velocidad del viento ( $V = 0 \text{ m/s}$ ) y la humedad relativa ( $HR = 70.3 \%$ ). Con base en estos parámetros, se determinó un coeficiente del tanque Clase A ( $K_p$ ) de 0.75, el cual, multiplicado por la evaporación registrada, permitió estimar una evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) de 3.45 mm/día. A partir de un coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) de 0.50, correspondiente a la fase inicial del desarrollo de la arveja, se calculó la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), resultando en 1.73 mm/día. Este valor se tradujo en una necesidad neta de riego de 1.73 mm/día y, considerando la eficiencia del sistema de



riego, en una necesidad total de 1.82 mm/día. Por otro lado, la lámina neta inicial del suelo se estimó en 44.12 mm, la lámina bruta en 46.44 mm y la lámina de mantenimiento en 30.88 mm, valores que reflejan la cantidad de agua que debe reponerse en el perfil radicular sin afectar el desarrollo del cultivo. Finalmente, tomando en cuenta el caudal de los emisores (1.15 l/h) y su espaciamiento, se calculó una precipitación horaria de 5.36 mm/h, lo que permitió establecer un tiempo de riego de aproximadamente 20.3 minutos (ver Anexo 5).

**Tabla 5:** Modelo de planilla de manejo de riego.

MANEJO DE AGUA PARA RIEGO EN EL CULTIVO DE ARVEJA - 2023																
Provincia:			Cusco			Ln para llegar a CC:			44.12			Area del terreno		333.5 m2		
Distrito:			San Jerónimo			Ln (minimo en suelo):			28.68			Cultivo:		Arveja (Variedad Quantum)		
Sector:			Kayra			Eficiencia (%):			0.95			Responsabl e:		Yovana Juarez Huaman		
Fecha siembra:			18/01/2023			Phr			5.36			Asesor:		Carlos Baca García		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10.0	11	12	13	14	15	16	
FECHA	D D	V (m/ s)	H R %	K P	Evap or. (mm)	ETo	Kc	ET c (m m)	Reposición de agua de riego			Consumo de agua		Frec. de fertiriego (1 días)	Frec. de fertiriego (2 días)	Frec. de fertiriego (3 días)
									Pp (m m)	Nec . Net as (m m)	Nec. Total es (mm)	C.C.	Desce nso tolera ble			
1/18/2023	1	0	70.3	0.75	4.6	3.45	0.50	1.73	0.0	1.73	1.82	44.12	42.39		0.00	
1/19/2023	2	0	77.2	0.85	4.8	4.08	0.50	2.04	0.6	1.44	1.52	44.12	42.08		20.3	
1/20/2023	3	0	67.1	0.75	6.2	4.65	0.50	2.33	0.0	2.33	2.45	44.12	41.79		17.0	
1/21/2023	4	1.3	74.4	0.85	4.3	3.66	0.50	1.83	2.3	0.00	0.00	44.12	42.29		27.4	
1/22/2023	5	0	69.9	0.85	3.0	2.55	0.50	1.28	0.0	1.28	1.34	44.12	42.84		0.0	
1/23/2023	6	1.3	70.9	0.85	7.5	6.38	0.50	3.19	0.0	3.19	3.36	44.12	40.93		15.0	
1/24/2023	7	0	70.3	0.85	2.5	2.13	0.50	1.06	4.2	0.00	0.00	44.12	43.06		37.6	
1/25/2023	8	2.5	78.9	0.75	4.1	3.08	0.50	1.54	10.5	0.00	0.00	44.12	42.58		0.0	
1/26/2023	9	0	70.7	0.75	9.1	6.83	0.50	3.41	1.4	2.01	2.12	44.12	40.71		0.0	
1/27/2023	10	3.3	78.9	0.75	2.6	1.95	0.50	0.98	0.0	0.98	1.03	44.12	43.14		23.7	

Las frecuencias de fertirrigación se definieron considerando los requerimientos nutricionales del cultivo de arveja, las características del sistema de riego por goteo, las condiciones del área de estudio y los antecedentes técnicos que recomiendan fraccionar las aplicaciones de fertilizantes en intervalos frecuentes.

Estos cálculos garantizan que el agua aplicada cubra las necesidades hídricas del cultivo en dicha etapa fenológica y que se optimice la eficiencia del sistema de riego localizado por goteo. A continuación, se detalla la determinación de cada uno de estos parámetros.

- **Humedad Relativa:** se realizaron mediciones diarias utilizando un sensor de humedad relativa y temperatura instalado en la caseta de riego. Las lecturas se tomaron en tres momentos del día: a las 7:00 a. m., 12:00 p. m. y 5:00 p. m. Posteriormente, los datos obtenidos fueron promediados para su uso en los respectivos cálculos y análisis.
- **Coefficiente  $K_p$  del tanque clase A:** para estimar el coeficiente del tanque clase A ( $K_p$ ), se utilizaron variables climáticas como la humedad relativa (%) y la velocidad del viento (m/s). El valor de  $K_p$  fue multiplicado por la evaporación registrada en el tanque clase A, medida de forma diaria, con el fin de obtener la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ).

**Tabla 6:** Coeficiente del tanque evaporímetro (KP)

Viento (Km/d)	Radio de cultivo (m)	CASO A: Tanque situado sobre pasto o cultivo			Radio de suelo desnudo (m)	CASO B: Tanque situado en suelo desnudo		
		Humedad relativa media (%)				Humedad relativa media (%)		
		Bajo <40	Medio 40-70	Alto >70		Bajo <40	Medio 40-70	Alto >70
Ligero <175 Km/d (<12m/s)	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1,000	0.75	0.85	0.85	1,000	0.50	0.60	0.70
Moderado 175-425 km/d (2-5 m/s)	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1,000	0.70	0.80	0.80	1,000	0.45	0.55	0.60
Fuerte 425-700 Km/d (5-8 m/s)	0	0.45	0.50	0.60	0	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1,000	0.65	0.70	0.75	1,000	0.40	0.45	0.55
Muy fuerte >700 km/d (>8 m/s)	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1,000	0.55	0.60	0.65	1,000	0.35	0.40	0.45

*Fuente: Fundamentos de la ingeniería de riego 2017.*

- **Evapotranspiración del Referencia (ET<sub>o</sub>):** la medición del nivel de agua en el tanque se realizó diariamente a una hora fija (8:00 am), utilizando un vernier digital ubicado en un tanque. Esta operación se efectuó con precisión y cuidado, a fin de minimizar posibles errores en la lectura y este se calcula mediante la siguiente formula:

$$ET_o = K_p \times E_p$$

$$ET_o = 0.75 \times 4.6 \text{ mm}$$

$$ET_o = 3.45 \text{ mm}$$

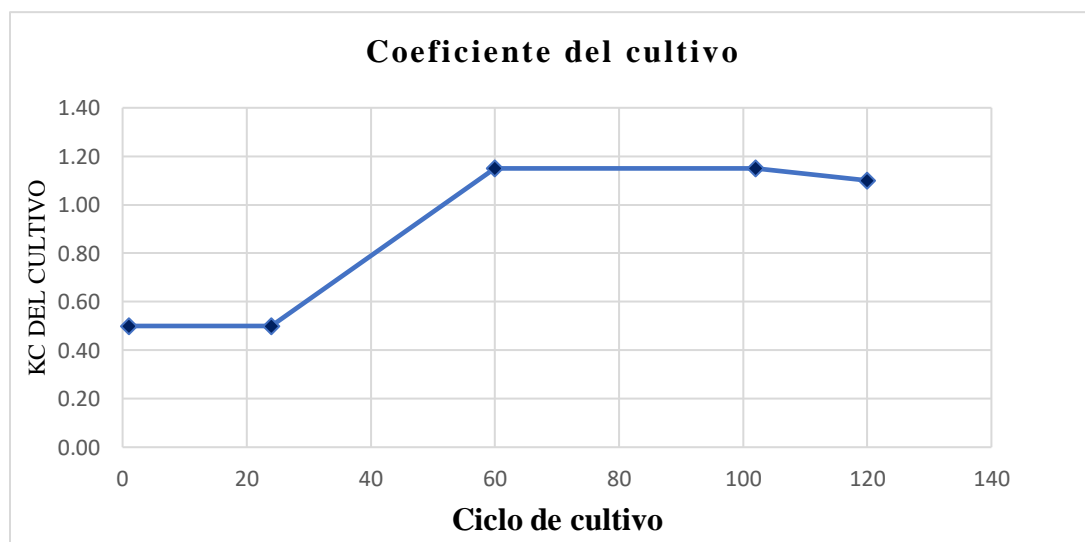
- **Kc del cultivo:** Según el boletín FAO 56, los datos de coeficiente de cultivo para el cultivo de arveja verde tienen los siguientes valores:

Fase del cultivo de arveja verde	Kc
Inicial (L inicial)	0.50
Desarrollo (L des)	1.15
Medio (L fin)	1.10
Final (L fin)	0.50

*Fuente: Boletín 56 FAO 2013*

El coeficiente de cultivo (Kc), en la fase inicial el Kc es de 0.50, lo que significa que la planta requiere poca agua porque aún es pequeña; en la fase de desarrollo el Kc aumenta a 1.15, reflejando una alta demanda hídrica debido al crecimiento acelerado; durante la etapa media, con Kc de 1.10, la necesidad de agua se mantiene elevada, especialmente en la floración y formación de vainas; finalmente, en la fase de maduración el Kc vuelve a 0.50, indicando una menor exigencia de riego.

**Figura 7:** Curva de Kc de arveja verde



- **Evapotranspiración del cultivo (ETc mm):** los datos de evapotranspiración del cultivo de arveja verde se calcularon con los datos de ETo y Kc del cultivo.

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Para el día 18 de enero el  $ET_o$  fue de 3.45 mm/día, se calculó la  $ET_c$  diaria del cultivo de fresa, sabiendo el  $K_c$  es de 0,50 para el dicho día, con la siguiente ecuación:

$$ET_c = 3.45 \times 0.50$$

$$ET_c = 1.73 \text{ mm/día}$$

- **Lámina neta inicial:** para el cálculo, los valores de Capacidad de Campo (CC), Punto de Marchitez Permanente (PMP) y Densidad Aparente (Da) fueron obtenidos a partir de los resultados del análisis de suelo, considerando una profundidad radicular de 30 cm.

$$Ln_{final} = \frac{CC-PMP}{10} \times da \times z \dots \dots mm$$

$$Ln = \frac{21.54 - 11.67}{10} \times 1.49 \times 30$$

$$Ln = 44.12 \text{ mm}$$

- **Lamina bruta inicial**

$$Lb = \frac{L_{ni}}{ef}$$

$$Lb = \frac{44.12 \text{ mm}}{0.95}$$

$$Lb = 46.44 \text{ mm}$$

- **Lámina neta final o de mantenimiento:** para este cálculo se consideró el factor de agotamiento, el cual determinó la cantidad de agua que pudo perder el cultivo sin afectar su desarrollo fenológico ni su rendimiento.

$$Ln_{final} = \frac{CC - PMP}{10} \times da \times z \times f \dots \dots mm$$

$$Ln_{final} = \frac{28.96 - 11.86}{10} \times 1.49 \times 30 \times 0.30$$

$$Ln_{final} = 30.88 \text{ mm}$$

- **Necesidades netas (Nn):** para el día 18 de enero se tuvo 1.73 mm/día

$$Nn = Etc$$

$$Nn = 1.73 \text{ mm/día}$$

- **Necesidades totales (Nt):** para el día 18 de enero se tuvo

$$Nt = \frac{Nn}{ef}$$

$$Nt = \frac{1.73 \text{ mm/día}}{0.95}$$

$$Nt = 1.82 \text{ mm/día}$$

- **Precipitación horaria:** el cálculo se realizó utilizando los datos de caudal de cada emisor de la cinta de goteo, cuyo valor fue de 1.15 l/h. Los emisores estaban dispuestos con una separación de 10 cm entre sí, y la distancia entre cintas de riego fue de 20 cm.

$$Phr = \frac{q(emisor) \text{ l/h}}{Ee(m) \times El(m)}$$

$$Phr = \frac{1.5 \text{ l/h}}{0.4 (m) \times 0.7(m)}$$

$$Phr = 5.36 \text{ mm/hr}$$

- **Tiempo de Riego:** se calculó de la siguiente forma:

$$Tr = \frac{Nt}{Phr}$$

$$Tr = 1.82 / 5.36$$

$$Tr = 0.339h \times 60$$

$$Tr = 20.3 \text{ min}$$

### **5.3.9. Conducción del trabajo de investigación**

#### **5.3.9.1. Preparación del terreno**

Esta labor se realizó con un mes de anticipación el 20 de diciembre 2022. La preparación del suelo tuvo como finalidad reducir la incidencia de plagas y enfermedades, además de mejorar las condiciones del terreno al brindarle una mejor aireación.

Fue llevada a cabo con un tractor agrícola, contratado de la facultad de Agronomía. Posteriormente, se realizó un análisis del suelo antes de la siembra para determinar los niveles de nutrientes necesarios.

**Figura 8:** Preparación del terreno



#### **5.3.9.2. Surcado y marcado**

Esta actividad se llevó a cabo el 5 de enero de 2023. Para su ejecución, se emplearon instrumentos de medición y demarcación, como una cinta métrica de 30 metros, una cuerda y yeso. Estos materiales fueron utilizados para delimitar con precisión el diseño experimental, estableciendo la ubicación de los bloques y tratamientos conforme al plan de distribución previamente definido.

**Figura 9:** Surcado y marcado



#### **5.3.9.3. Instalación del sistema de riego**

La instalación del sistema se inició con el montaje del arco de riego principal, conformado por tuberías de PVC de alta presión, un inyector Venturi para la inyección de fertilizantes solubles, una válvula de control y un filtro de malla destinado a retener impurezas y prevenir la obstrucción de los emisores. El sistema operó a una presión de trabajo de 1 bar, lo que garantizó un caudal óptimo y uniforme. Este conjunto permitió la aplicación localizada de soluciones nutritivas, asegurando una distribución homogénea de fertilizantes nitrogenados en todos los tratamientos del campo experimental.

En la línea principal de distribución, se instaló una válvula maestra que permite controlar el caudal general del sistema. A partir de esta, se realizó la conexión mediante un acople hermético entre la tubería de PVC y una manguera de polietileno de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, que sirvió como línea de conducción secundaria desde el primer arco de riego. Esta manguera fue extendida a lo largo del límite lateral del área experimental, desde donde se derivó hacia los cuatro bloques experimentales definidos previamente en el diseño estadístico.



Una vez tendida la red secundaria con mangueras de polietileno, se procedió a la instalación de válvulas sectoriales (una por tratamiento), lo cual permitió el control individualizado de cada unidad experimental, optimizando el manejo del riego y la fertirrigación según las necesidades específicas de cada parcela. Posteriormente, se instalaron las cintas de riego por goteo, conectadas mediante adaptadores iniciales y terminales, garantizando un sistema cerrado y eficiente. Cada cinta tuvo una longitud de 6 metros, con emisores integrados distribuidos a un espaciamiento de 40 cm entre golpes, permitiendo una aplicación precisa y uniforme del agua y los nutrientes directamente en la zona radicular del cultivo.

#### **5.3.9.4. Evaluación del coeficiente de uniformidad**

Se evaluó el coeficiente de uniformidad de riego por goteo con el objetivo de determinar la eficiencia en la distribución del agua dentro del sistema instalado. Para ello, se seleccionaron 16 emisores ubicados estratégicamente a lo largo de diferentes laterales y sectores del sistema (inicio, medio y final de línea), asegurando así una muestra representativa del comportamiento del riego. Durante un intervalo controlado de tiempo, se procedió a recolectar el agua emitida por cada gotero en envases de plástico. Una vez obtenidos los volúmenes, se calcularon el caudal promedio ( $\bar{q}$ ) y el promedio del 25% de los caudales más bajos ( $q_{25}$ ).

Con estos datos se aplicó la fórmula:

$$CUD = \left( \frac{q_{25}}{\bar{q}} \right) \times 100$$

**Donde:**

$\bar{q}$ : el peso promedio del agua recolectada por todos los emisores.

$q_{25}$ : el promedio del 25% de los pesos más bajos.

**Figura 10:** Evaluación del coeficiente de uniformidad



**Tabla 7:** Evaluación del coeficiente de uniformidad

	Primer emisor	Emisor 1/3	Emisor 1/4	Ultimo emisor
<b>Primer lateral</b>	69.5	40.5	66.5	67.0
<b>Primer 1/3</b>	66.5	66.0	68.0	68.5
<b>Primer 1/4</b>	68.0	68.0	59.0	69.0
<b>Ultimo lateral</b>	53.0	60.5	67.0	56.0

*Fuente: elaboración propia*

Donde:

$\bar{q}$ : 59.8

$q_{25}$ : 58.3

**CUD = 0.97%**

Los resultados obtenidos permitieron evaluar la uniformidad del sistema de riego mostrando valor de CUD superior al 90% indicó una distribución homogénea del agua, esta evaluación permitió verificar el correcto funcionamiento del sistema de riego, así como identificar la necesidad de mantenimiento o ajustes para mejorar su eficiencia.

#### **5.3.9.5. Evaluación del bulbo húmedo**

La determinación del bulbo húmedo se llevó a cabo mediante una aplicación controlada de agua a través de cintas de goteo, se realizaron excavaciones laterales junto a los emisores para exponer visualmente el bulbo formado. Se procedió a medir su diámetro y profundidad, registrando estos datos para analizar la forma y el alcance de la humectación. El ensayo permitió observar cómo influyen factores como el tipo de suelo, el caudal del gotero y la duración del riego en la geometría del bulbo. Estas observaciones sirvieron como base para evaluar la eficiencia de la aplicación del agua y su cobertura en la zona radicular del cultivo, asegurando así una irrigación más precisa y ajustada a las necesidades del sistema radicular del cultivo.

**Tabla 8:** Evaluación del bulbo húmedo

<b>Tiempo (20 min)</b>	<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>
8.00 am	8.0	18.5
8:20 am	13.0	23.5
8:40 am	22.0	27.8
9:10 am	33.0	32.0

*Fuente: elaboración propia*

**Figura 11:** Evaluación del bulbo húmedo



#### **5.3.9.6. Implementación del sistema de fertirrigación**

Tomando como base el objetivo principal de esta investigación, se consideró como referencia un rendimiento esperado de entre 4 y 6 toneladas por hectárea, bajo un esquema de fertilización con una dosis de nitrógeno (N) de 120 kg/ha, fósforo ( $P_2O_5$ ) de 60 kg/ha y potasio ( $K_2O$ ) de 60 kg/ha. La aplicación de fertilizantes se realizó de manera fraccionada, iniciando posterior a la emergencia de las plántulas y extendiéndose hasta la etapa de cosecha del cultivo de arveja en estado de grano verde, de acuerdo con las necesidades nutricionales específicas en cada fase fenológica.

### **5.3.10. Manejo experimental de cultivo**

#### **5.3.10.1. Siembra**

En fecha 18 de enero del 2023 se sembraron tres semillas por golpe, con una distancia entre golpe de 40 cm y entre surco 0.70 cm esto con el fin de evitar la aglomeración, un mejor aprovechamiento eficiente de nutrientes y asegurar la investigación.



**Figura 12:** Siembra



#### **5.3.10.2. Tutorado**

El tutorado del cultivo se efectuó el 21 de febrero de 2023, coincidiendo con el estadio vegetativo en el que las plantas presentaban una altura comprendida entre 10 y 20 cm. Esta labor cultural tuvo como propósito optimizar la aireación entre plantas, disminuir la acumulación de humedad en la base de las plantas y, en consecuencia, mitigar la proliferación de fitopatógenos y plagas. Asimismo, se buscó evitar el contacto directo entre las hojas y el suelo, y las malezas. Para la implementación del sistema de tutorado, se emplearon estacas (tutores) de eucalipto y cañas de carrizo, de aproximadamente 1,0 metro de longitud.

**Figura 13:** Colocación de tutores



#### 5.3.10.3. Aporque

La labor de aporque se llevó a cabo el 03 de marzo de 2023, durante el periodo de desarrollo vegetativo del cultivo, con el objetivo de reforzar la estabilidad de las plantas, mejorar la aireación radicular, facilitar el escurrimiento del agua y suprimir el crecimiento de malezas en la base del tallo.

**Figura 14:** Aporque de las plantas



#### 5.3.10.4. Riego

El riego fue realizado mediante un sistema de riego localizado por goteo, utilizando cintas emisoras distribuidas a lo largo de las hileras de cultivo. Previamente, se llevó a cabo la evaluación del coeficiente de uniformidad del sistema de riego con el objetivo de asegurar una distribución homogénea del agua en los emisores, garantizando una adecuada humedad en la zona radicular del cultivo durante sus distintas fases fenológicas. Esta gestión hídrica fue planificada mediante una programación técnica de riego, basada en una planilla que consideró los requerimientos del cultivo, especialmente durante la etapa de establecimiento.



**Figura 15:** Sistema de riego localizado por goteo.



#### **5.3.10.5. Fertirrigación**

La aplicación del fertilizante nitrogenado se efectuó mediante el sistema de riego localizado por goteo. Para esta actividad, se utilizó nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), considerando su alta solubilidad y eficiencia en fertirriego, así como su compatibilidad con el pH del agua de riego y las condiciones edáficas del experimento.

**Figura 16:** Sistema de fertirrigación



#### 5.3.10.6. Control de plagas y enfermedades

Se implementaron prácticas agronómicas básicas de manejo integrado, priorizando medidas preventivas basadas en el monitoreo temprano de posibles incidencias durante los primeros estadios fenológicos. En este contexto, se realizó la aplicación del fungicida ATTACK (polvo mojable) en dos repeticiones, con el objetivo de prevenir el desarrollo y propagación del oídio (*Erysiphe polygoni*), una enfermedad fúngica común en el cultivo de arveja (*Pisum sativum*).

La aplicación se efectuó en forma preventiva, con una mochila a palanca mediante pulverización foliar, empleando una dosis de 150 g de ATTACK por 200 litros de agua por hectárea, lo cual equivale a 10 g del producto disueltos en 10 litros de agua para una parcela experimental de 333 m<sup>2</sup>, asegurando una cobertura uniforme y eficaz sobre el dosel vegetal.

**Figura 17:** Control de plagas y enfermedades





#### 5.3.10.7. Control de malezas

Se efectuó mediante deshierbo manual. La intervención se realizó en estadios tempranos de emergencia de las malezas (5 a 10 cm de altura), con el objetivo de reducir la competencia por recursos edáficos e hídricos, y favorecer el óptimo desarrollo fenológico del cultivo.

**Figura 18:** Limpieza de malezas



**Figura 19:** Limpieza de malezas en inicios de la floración



#### 5.3.10.8. Cosecha

La cosecha se realizó de manera escalonada en función del desarrollo progresivo de los granos, llevándose a cabo en las fechas 06/05/2023, 12/05/2023 y 17/05/2023. En cada jornada se recolectaron cuidadosamente las vainas que presentaban un llenado completo y un color verde brillante, indicador de calidad y madurez fisiológica. Para la evaluación de rendimiento se consideraron los 16 golpes previamente etiquetados en cada parcela neta, cuyo tamaño fue de 7.28 m<sup>2</sup>. Posteriormente, se pesó la producción obtenida por parcela neta y el peso de los granos expresado en kilogramos se extrapoló a toneladas por hectárea (t/ha).

**Figura 20:** Cosecha en campo



**Figura 21:** Selección de vainas



## **5.4. Método de evaluación**

### **5.4.1. Características agronómicas**

#### **5.4.1.1. Altura de la planta durante el crecimiento**

Se evaluó la altura de 16 golpes (tres plantas por golpe) seleccionados al azar y etiquetados dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>) discriminando el efecto borde, el 11 de febrero de 2023, a los 25 días después de la siembra (DDS). Para ello se utilizó una cinta métrica, tomando la medida desde la base del tallo hasta el ápice de la planta.

#### **5.4.1.2. Altura de planta al momento de la floración**

Se evaluó los 16 golpes (3 plantas) seleccionadas al azar dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>) discriminando el efecto borde, cuando presentaron floración, el 08 de marzo del 2023 a los 50 después de la siembra (DDS) utilizando una cinta métrica midiendo desde el cuello de la planta hasta el ápice del tallo.

#### **5.4.1.3. Altura de plantas al momento de la fructificación**

Se evaluó los 16 golpes (3 plantas) seleccionadas al azar dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>) discriminando el efecto borde, cuando las plantas presento el 50% de fructificación, el 27 de abril del 2023, a los 100 días después de la siembra (DDS) utilizando una cinta métrica midiendo desde el cuello de la planta hasta el ápice del tallo.

#### **5.4.1.4. Longitud de vaina**

Para la evaluación de esta variable se empleó una cinta métrica, realizándose la medición en el momento de la cosecha desde el pedicelo hasta el ápice de la vaina. El registro se efectuó en un total de 16 golpes (tres plantas por golpe) discriminando el efecto borde, previamente seleccionados al azar y etiquetados dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>). Los datos obtenidos fueron consignados en fichas de campo.

#### **5.4.1.5. Número de granos por vaina**

La variable número de granos por vaina se evaluó mediante el conteo directo en 16 golpes (tres plantas por golpe), previamente seleccionados al azar y etiquetados dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>) discriminando el efecto borde. Para garantizar la precisión de la información, las observaciones se realizaron en campo durante la fase de llenado de grano, registrándose los datos en fichas de evaluación. Posteriormente, la información recolectada fue procesada y sometida al análisis estadístico correspondiente, con el fin de determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos.

#### **5.4.1.6. Número de flores**

La variable número de flores por golpe, se evaluó mediante el conteo directo en 16 golpes (tres plantas por golpe), previamente seleccionados al azar y etiquetados dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>), discriminando el efecto borde. Las observaciones se realizaron durante la fase de floración del cultivo, registrándose los datos en fichas de campo para su posterior procesamiento y análisis estadístico, con el propósito de determinar posibles diferencias significativas entre tratamientos.

### **5.4.2. Rendimiento**

#### **5.4.2.1. Rendimiento**

Este parámetro se determinó en base al peso de vainas por unidad experimental que vendría a ser el área neta del tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>) discriminando el efecto borde y llevando a una hectárea mediante la operación de regla de tres simple en t/ha. En esta labor se procedió a seleccionar las vainas en verde óptimas para la cosecha y se procedió a pesar todas las vainas de arveja de todos los tratamientos en estudio con la ayuda de una balanza electrónica. Finalmente, los datos fueron

sometidos a un Análisis de Varianza (ANVA), a fin de determinar el rendimiento promedio en t/ha para cada tratamiento.

#### **5.4.2.2. Número de vainas golpe**

Se evaluó la cantidad de vainas en los 16 golpes previamente seleccionados al azar dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>) discriminando el efecto borde. Los datos obtenidos fueron registrados y se calculó el promedio correspondiente para cada tratamiento, a fin de contar con una medida representativa de la variable en estudio.

#### **5.4.2.3. Peso de vainas por golpe**

El registro del peso se realizó por cada golpe (tres plantas) previamente seleccionado al azar y etiquetado dentro del área neta de cada tratamiento (7.28 m<sup>2</sup>) discriminando el efecto borde, empleando para ello una balanza de precisión calibrada. La variable peso de vainas se determinó a partir de las 16 muestras en las parcelas experimentales, correspondientes a las variedades comerciales en evaluación. Los datos obtenidos fueron consignados en fichas de campo para su posterior procesamiento estadístico y análisis comparativo entre tratamientos.

## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1. Características agronómicas

#### 6.1.1. Altura de planta a los 25 DDS

**Tabla 9:** Altura de planta a los 25 días en cm

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
TA	21.22	21.81	22.69	21.94	87.66	21.91
TB	19.06	22.00	19.18	19.53	79.77	19.94
TC	23.31	22.81	22.00	21.88	90.00	22.50
TD	20.18	19.25	20.00	17.40	76.83	19.21
Sumatoria	83.77	85.88	83.86	80.74	334.25	
Promedio	20.94	21.47	20.97	20.19		20.89

Como se observa en la **tabla 09**, el promedio de los resultados obtenidos en la evaluación de la altura de la planta a los 25 días posteriores a la siembra fue de 20.89.

**Tabla 10:** Análisis de varianza para la altura de la planta a los 25 DDS

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
BLOQUES	3.34	3	1.11	1.03	3.86	6.99	NS NS
TRATAMIENTOS	29.49	3	9.83	9.08	3.86	6.99	* *
Error	9.75	9	1.08				
Total	42.57	15					

CV = 4.98%

En la tabla 10, del análisis de varianza (ANVA) para altura de la planta, se observa que en el ámbito de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente



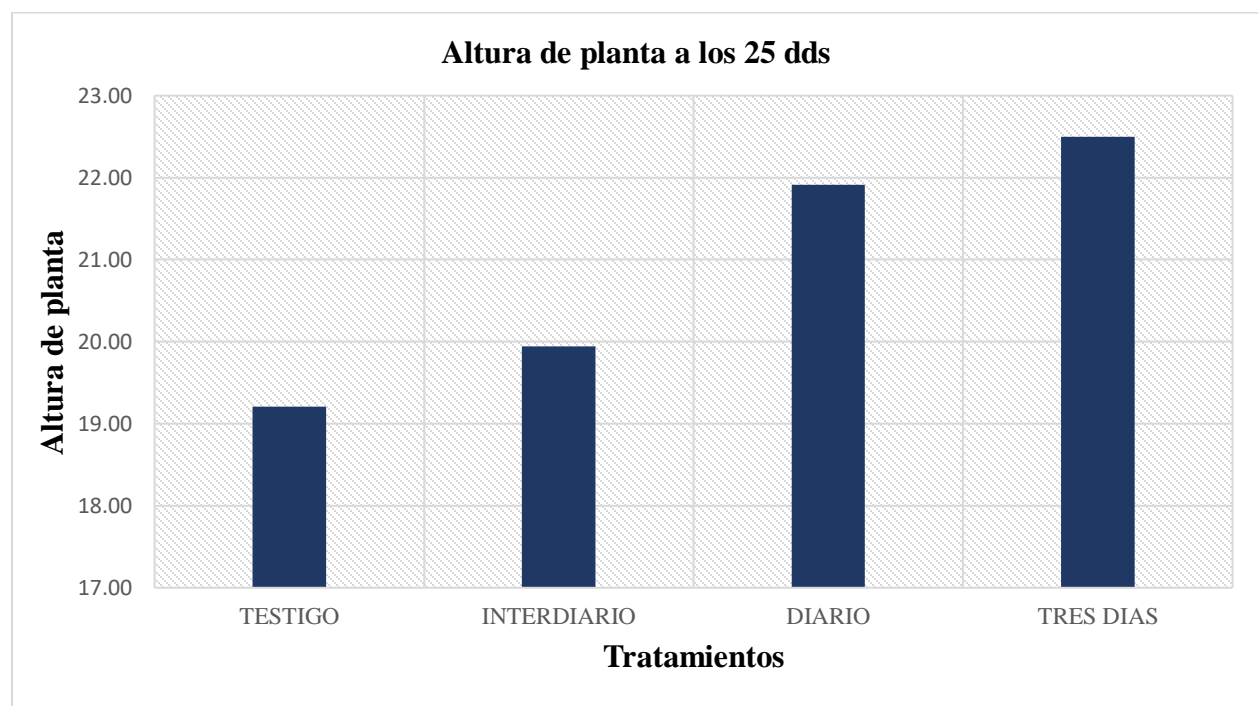
homogéneas. Por el contrario, la variable asociada a los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza.

**Tabla 11:** Prueba de tukey para altura de planta a los 25 DDS.

O.M.	TRATAMIENTOS	MEDIA	N	E. E	Tukey (0.05)		Tukey (0.01)	
1	TC (Tres días)	22.50	4	0.52	a		a	
2	TB (Interdiario)	21.92	4	0.52	a	b	a	b
3	TA (Diario)	19.94	4	0.52	a	b		b c
4	TD (Testigo)	19.21	4	0.52		b		c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ .,  $p > 0.01$  respectivamente)*

**Figura 22:** Altura de planta a los 25 DDS.



En relación con la prueba de Tukey, este se realizó al 95% y al 99% de confianza, cuyos resultados se muestran en la **tabla 11 y la figura 22**. Para la altura de la planta a los 25 DDS en el cultivo de arveja, se observa que los tratamientos TD (testigo), TA (diario) y TB (interdiario), con valores de 19.21, 19.94 y 21.92 cm, respectivamente, no presentan diferencias estadísticas

significativas entre ellos. Esto sugiere que estos tratamientos tienen un comportamiento similar en cuanto al crecimiento de la planta. Sin embargo, estos tratamientos son inferiores al tratamiento TC (cada tres días) con 22.50 cm.

Los resultados muestran que a los 25 días después de la siembra no hubo diferencias significativas en la altura de planta entre los tratamientos con fertirrigación diaria, interdiaria y el testigo, lo que indica un comportamiento similar en el crecimiento inicial. Sin embargo, el tratamiento con fertirrigación cada tres días alcanzó mayor altura (22.50 cm), sugiriendo una mejor eficiencia en la disponibilidad y aprovechamiento del nitrógeno durante esta fase, lo que evidencia que una frecuencia moderada de aplicación puede favorecer el desarrollo inicial del cultivo de arveja frente a aplicaciones más frecuentes.

### 6.1.2. Altura de planta 50 DDS

**Tabla 12:** Altura de planta a los 50 días en cm

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
<b>TA</b>	50.03	49.72	53.59	52.72	206.06	51.51
<b>TB</b>	56.54	54.09	52.91	55.16	218.69	54.67
<b>TC</b>	51.96	52.50	51.44	52.44	208.34	52.08
<b>TD</b>	46.62	50.59	48.56	49.94	195.71	48.93
<b>Sumatoria</b>	205.14	206.91	206.50	210.25	828.80	
<b>Promedio</b>	51.29	51.73	51.63	52.56		51.80

Como se observa en la **tabla 12**, el promedio de los resultados obtenidos en la evaluación de la altura de la planta a los 50 días posteriores a la siembra fue de 51.80.



**Tabla 13:** Análisis de varianza para altura de planta a los 50 DDS

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
<b>BLOQUES</b>	3.54	3	1.18	0.43	0.069	0.023	NS, NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	66.72	3	22.24	8.07	3.86	6.99	* *
<b>Error</b>	24.80	9	2.76				
<b>Total</b>	95.05	15					

CV = 3.20%

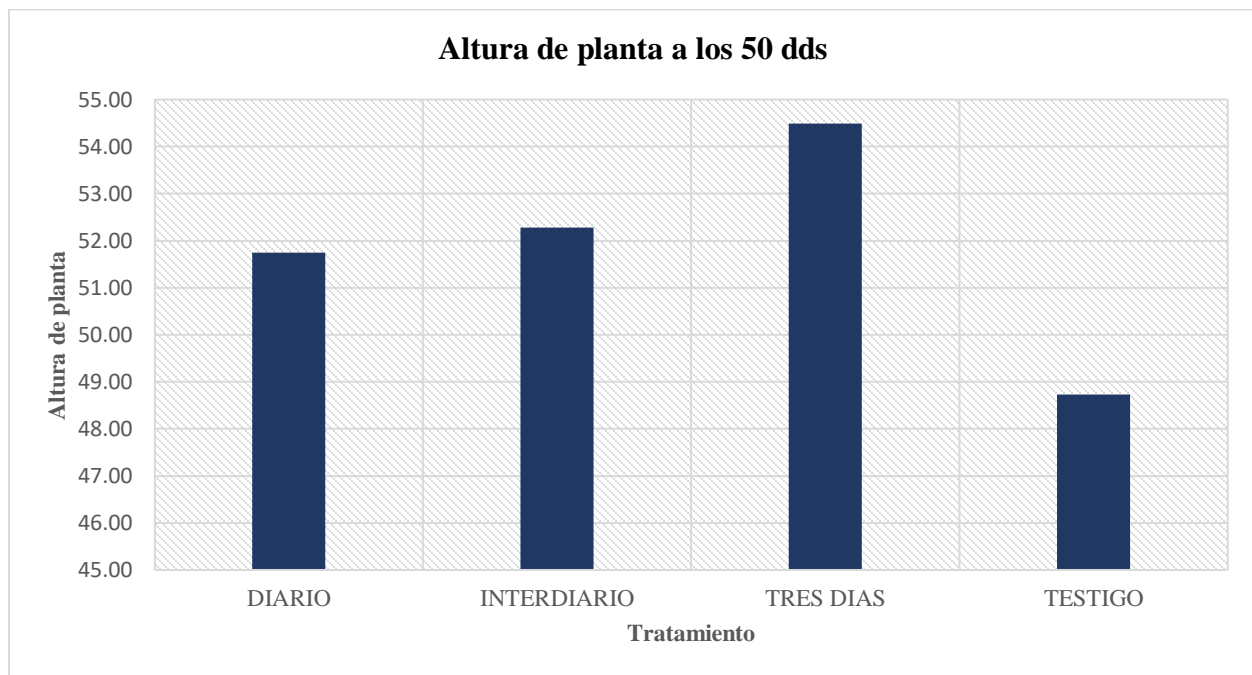
En la **tabla 13**, del análisis de varianza (ANVA) para altura de la planta, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por el contrario, la variable asociada a los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza.

**Tabla 14:** Prueba de tukey para altura de planta a los 50 DDS

O.M.	TRATAMIENTOS	MEDIA	N	E. E	Tukey (0.05)		Tukey (0.01)	
1	<b>TC (Tres días)</b>	54.68	4	0.83	a		a	
2	<b>TB (Interdiario)</b>	52.09	4	0.83	a	b	a	b
3	<b>TA (Diario)</b>	51.52	4	0.83	a	b	a	b
4	<b>TD (Testigo)</b>	48.93	4	0.83		b		b

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ .,  $p > 0.01$  respectivamente)*

**Figura 23:** Altura de planta a los 50 DDS.



En relación con la prueba de Tukey, este se realizó al 95% y al 99% de confianza, cuyos resultados se muestran en la **tabla 14 y la figura 23**. Para la altura de la planta a los 50 DDS en el cultivo de arveja, TD (testigo), TA (diario) y TB (interdiario), con valores de 48.93, 51.52 y 52.09 cm respectivamente, no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellos. Esto sugiere que estos tratamientos tienen un comportamiento similar en cuanto al crecimiento de la planta. Sin embargo, estos tratamientos son inferiores estadísticamente a los tratamientos TA (diario), TB (interdiario) y TC (tres días) con valores de 51.52, 52.09 y 54.68 cm respectivamente.

Los resultados a los 50 días después de la siembra muestran que los tratamientos TD (testigo), TA (fertirrigación diaria) y TB (fertirrigación interdiaria) no presentaron diferencias estadísticas significativas en la altura de planta, lo que refleja un comportamiento similar en esta etapa de desarrollo. Sin embargo, cuando se comparan con el tratamiento TC (fertirrigación cada tres días), que alcanzó una mayor altura promedio (54.68 cm), se observa que este último presentó un efecto superior en el crecimiento, superando estadísticamente al testigo y mostrando una ventaja

respecto a las frecuencias más cortas. Estos resultados evidencian que, en la fase intermedia del cultivo, una frecuencia moderada de fertirrigación favorece un mejor aprovechamiento del nitrógeno y contribuye a un mayor crecimiento vegetativo de la arveja.

### 6.1.3. Altura de planta 100 DDS

**Tabla 15:** Altura de plantas a los 100 DDS.

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
<b>TA</b>	84.35	84.81	80.44	83.36	332.96	83.24
<b>TB</b>	82.03	87.88	89.38	88.31	347.59	86.90
<b>TC</b>	90.08	90.31	95.44	96.74	372.58	93.14
<b>TD</b>	78.69	73.44	75.00	87.00	314.13	78.53
<b>Totales</b>	335.16	336.44	340.26	355.41	1367.26	
<b>Promedio</b>	83.79	84.11	85.06	88.85		85.45

Como se observa en la **tabla 15**, el promedio de los resultados obtenidos en la evaluación de la altura de la planta a los 100 días posteriores a la siembra fue de 85.45.

**Tabla 16:** Análisis de varianza para altura de planta a los 100 DDS

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
<b>BLOQUES</b>	65.14	3	21.71	1.56	3.86	6.99	NS NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	456.05	3	152	10.95	3.86	6.99	* *
<b>Error</b>	124.99	9	13.89				
<b>Total</b>	646.18	15					

**CV = 4.36%**

En la **tabla 16**, del análisis de varianza (ANVA) para altura de la planta a los 100 días posteriores a la siembra, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas

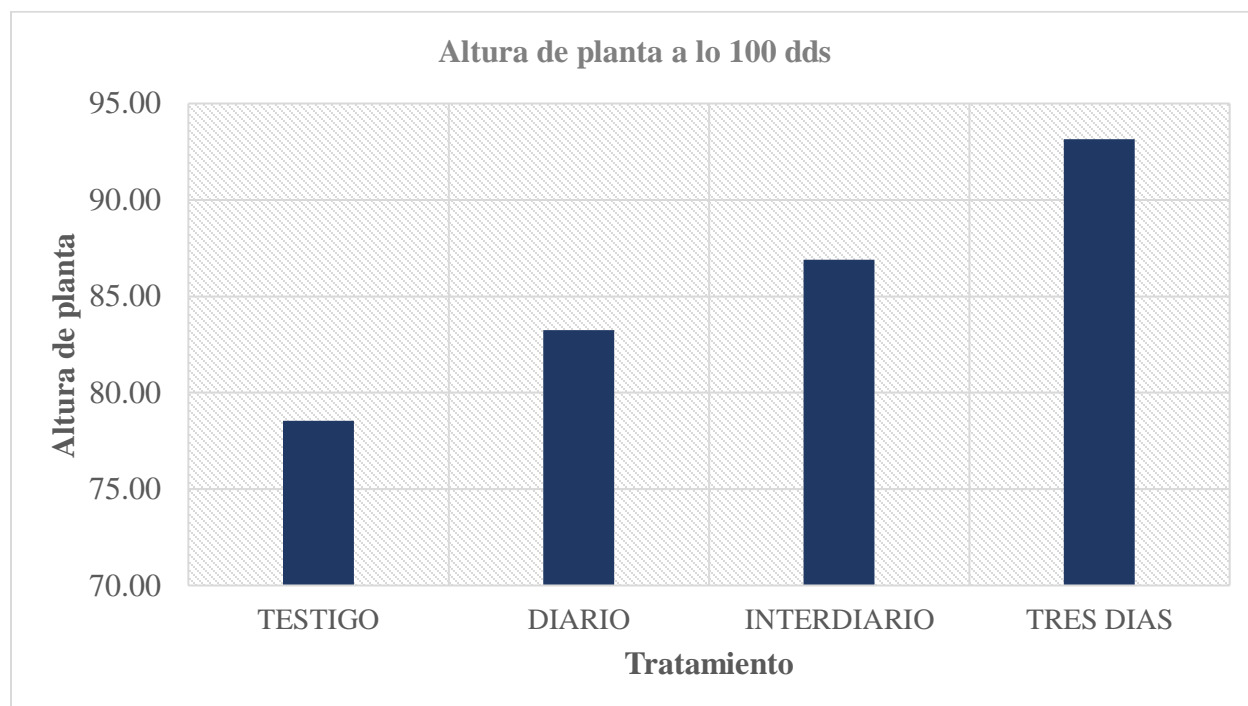
al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por el contrario, la variable asociada a los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza.

**Tabla 17:** Prueba de tukey para altura de planta a los 100 DDS

O.M.	TRATAMIENTOS	MEDIA	N	E. E	Tukey (0.05)		Tukey (0.01)	
1	TC (Tres días)	93.14	4	1.86	a		a	
2	TB (Interdiario)	86.90	4	1.86	a	b	a	b
3	TA (Diario)	83.24	4	1.86	a	b	b	c
4	TD (Testigo)	78.53	4	1.86		b		c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ .,  $p > 0.01$  respectivamente)*

**Figura 24:** Altura de planta a los 100 DDS.



En relación con la prueba de Tukey, este se realizó al 99% de confianza, cuyos resultados se muestran en la tabla 17 y la figura 24. Para la altura de la planta a los 100 DDS en el cultivo de arveja, se observa que los tratamientos; TC (tres días), TB(Interdiario) con valores 93.14 y 86.90

cm respectivamente, son superiores a los tratamientos; TA (Diario) y TB (Interdiario) con valores de 83.24 y 86.90 cm, sin embargo, estos son superiores a los tratamientos TD (Testigo) y TA (Diario) con 78.53 y 83.24 respectivamente.

Estos resultados sugieren que, en la fase final del ciclo de la arveja, la aplicación de nitrógeno con una frecuencia moderada (cada tres días o interdiaria) favorece una mejor respuesta en el crecimiento vegetativo, posiblemente debido a un equilibrio más adecuado entre la disponibilidad de nutrientes y la capacidad de absorción del cultivo, en contraste con la fertilización diaria que puede ocasionar pérdidas por lixiviación o baja eficiencia de uso del nitrógeno.

#### 6.1.4. Número de flores

**Tabla 18:** Resultado de número de flores

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
<b>TA</b>	31.44	30.69	34.69	33.75	130.56	32.64
<b>TB</b>	38.25	45.69	42.50	40.88	167.31	41.83
<b>TC</b>	50.63	50.75	50.75	52.06	204.19	51.05
<b>TD</b>	32.00	29.38	31.69	32.69	125.75	31.44
<b>Sumatoria</b>	152.31	156.50	159.63	159.38	627.81	
<b>Promedio</b>	38.08	39.13	39.91	39.84		39.24

Como se observa en la **tabla 18**, el promedio de los resultados obtenidos en la evaluación de número de flores por golpe fue de 39.24.

**Tabla 19:** Análisis de varianza para número de flores/golpe

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
<b>BLOQUES</b>	8.68	3	2.89	0.67	0.069	0.023	NS, NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	1001.97	3	333.99	77.83	3.86	6.99	* *
<b>Error</b>	38.62	9	4.29				
<b>Total</b>	1049.27	15					

CV = 5.28%

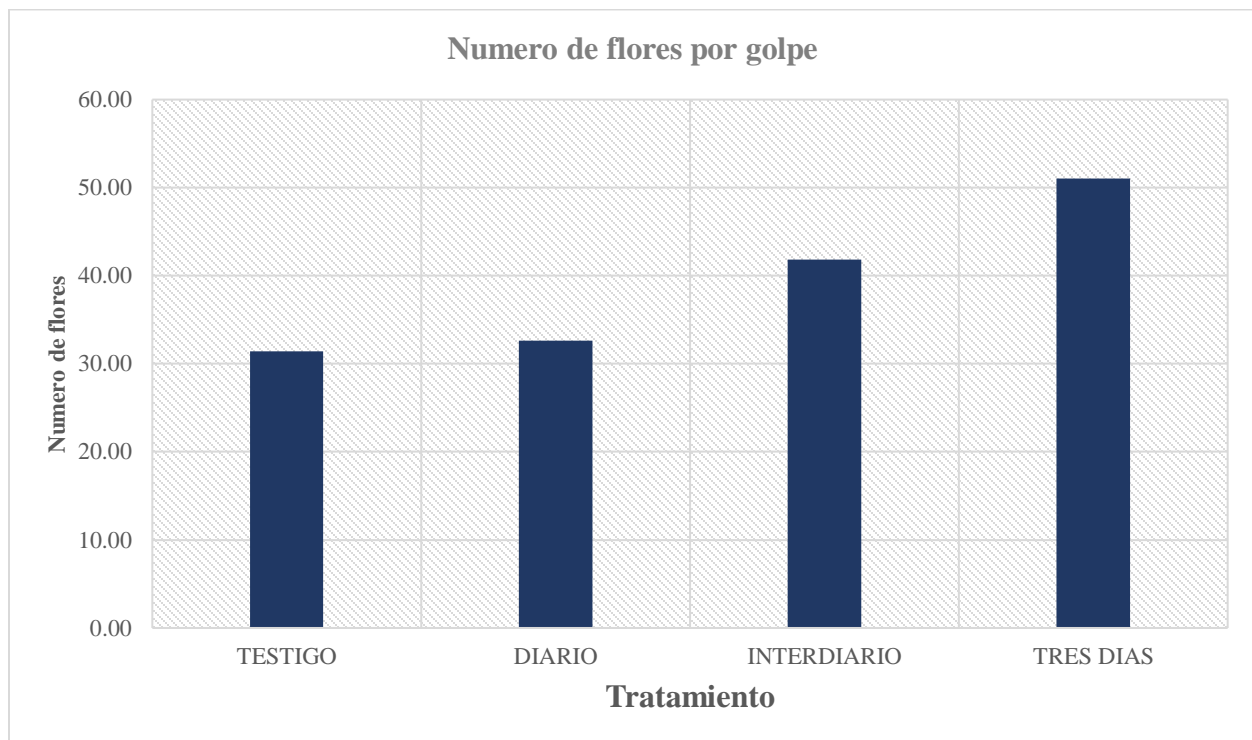
En la **tabla 19**, del análisis de varianza (ANVA) para número de flores por golpe, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por el contrario, la variable asociada a los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza.

**Tabla 20:** Prueba de tukey para número de flores/golpe

O.M.	TRATAMIENTOS	MEDIA	N	E. E	Tukey (0.05)	Tukey (0.01)
1	<b>TC (Tres días)</b>	51.05	4	1.04	a	a
2	<b>TB (Interdiario)</b>	41.83	4	1.04	b	b
3	<b>TA (Diario)</b>	32.64	4	1.04	c	c
4	<b>TD (Testigo)</b>	31.44	4	1.04	c	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ .,  $p > 0.01$  respectivamente)*

**Figura 25:** Número de flores por golpe



En relación con la prueba de Tukey, este se realizó al 95% y al 99% de confianza, cuyos resultados se muestran en la tabla **20** y la **figura 25**. Para Número de flores por golpe, se observa que los tratamientos; se observa que el tratamiento TC (cada tres días), con 51.05 toma el primer lugar siendo este estadísticamente mayor al tratamiento TB (interdiario), con 41.83, sin embargo, es superior estadísticamente a los tratamientos TA (diario), y TD (Testigo), con valores de, 32.64 y 31.44 respectivamente, que no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellos.

La fertirrigación cada tres días favoreció significativamente la floración en arveja, al sincronizar mejor la disponibilidad de nutrientes con la fase reproductiva. En contraste, la aplicación diaria pudo generar un desbalance en la absorción de nitrógeno y el testigo mostró limitaciones por deficiencia del nutriente. Dado que la floración define el número de vainas y el rendimiento final, la frecuencia adecuada de fertirrigación resulta clave para la eficiencia fisiológica del cultivo.

### 6.1.5. Longitud de vainas

**Tabla 21:** Resultados de longitud de vaina

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
TA	6.93	7.93	7.78	7.51	30.15	7.54
TB	7.89	7.89	7.94	8.14	31.85	7.96
TC	8.02	7.66	7.60	7.54	30.83	7.71
TD	7.62	7.54	6.88	7.54	29.58	7.40
Sumatoria	30.46	31.02	30.20	30.73	122.41	
Promedio	7.61	7.76	7.55	7.68		<b>7.65</b>

Como se observa en la **tabla 21**, el promedio de los resultados obtenidos en la evaluación de longitud de vainas en cm por golpe fue de 7.65 cm.

**Tabla 22:** Análisis de varianza para longitud de vainas en cm

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
BLOQUES	0.09	3	0.03	0.27	0.069	0.023	NS, NS
TRATAMIENTOS	0.72	3	0.24	2.10	3.86	6.99	NS, NS
Error	1.03	9	0.11				
Total	1.84	15					

**CV = 4.42%**

En la **tabla 22**, del análisis de varianza (ANVA) para longitud de vainas por golpe en el cultivo de arveja, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por lo mismo, la variable asociada a los tratamientos no presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza.



Este resultado sugiere que la frecuencia de fertirrigación nitrogenada no tuvo un efecto determinante sobre esta variable morfológica, posiblemente porque la longitud de las vainas está más influenciada por factores genéticos propios de la variedad que por la disponibilidad diferencial de nutrientes. Además, el manejo homogéneo del riego y la fertilización pudo haber contribuido a que los tratamientos mantuvieran un comportamiento similar, sin que se manifestaran contrastes estadísticos relevantes en la formación de vainas.

#### 6.1.6. Número de granos

**Tabla 23:** Resultados para número de granos por vaina

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
TA	6.81	7.04	6.60	6.95	27.39	6.85
TB	6.88	7.04	6.96	6.90	27.77	6.94
TC	6.98	6.54	7.04	6.94	27.50	6.87
TD	6.89	6.80	6.95	6.37	27.02	6.75
Sumatoria	27.56	27.40	27.56	27.16	109.68	
Promedio	6.89	6.85	6.89	6.79		6.85

Como se observa en la **tabla 23**, el promedio de los resultados obtenidos en la evaluación de numero de granos fue de 6.85 cm.

**Tabla 24:** Análisis de varianza para número de granos por vaina

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
BLOQUES	0.03	3	0.01	0.17	0.069	0.023	NS, NS
TRATAMIENTOS	0.08	3	0.03	0.50	0.069	0.023	NS, NS
Error	0.46	9	0.05				
Total	0.56	15					

CV = 5.28%

En la **tabla 24**, del análisis de varianza (ANVA) para número de granos por vaina en el cultivo de arveja, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por lo mismo, la variable asociada a los tratamientos no presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza.

Esto evidencia la ausencia de respuesta significativa a las frecuencias de fertirrigación nitrogenada indica que esta variable no se ve influenciada de manera directa por el manejo del nitrógeno, lo cual coincide con lo reportado en diversos estudios donde el número de granos por vaina es considerado un carácter genéticamente estable y con baja plasticidad frente a cambios en la nutrición o frecuencia de riego. En este sentido, el resultado sugiere que el rendimiento de grano en arveja podría depender más de otras variables.

## 6.2. Rendimiento

### 6.2.1. Peso de vainas por golpe

**Tabla 25:** Resultados para peso de vainas por golpe (gr)

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
<b>TA</b>	375.13	384.21	385.60	375.04	1519.98	379.99
<b>TB</b>	416.94	414.14	417.74	410.35	1659.16	414.79
<b>TC</b>	445.35	455.69	425.96	462.56	1789.56	447.39
<b>TD</b>	377.05	370.86	360.77	364.91	1473.59	368.40
<b>Sumatoria</b>	1614.47	1624.89	1590.07	1612.86	6442.29	
<b>Promedio</b>	403.62	406.22	397.52	403.21		<b>402.64</b>

El resultado promedio para peso de vainas fue de 402.64 gr/golpe, como se observa en la **tabla 25**.

**Tabla 26:** Análisis de varianza para peso de vainas por golpe (gr)

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
<b>BLOQUES</b>	161.51	3	53.84	0.55	0.069	0.023	NS, NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	15342.36	3	5114.12	52.12	3.86	6.99	* *
<b>Error</b>	883.05	9	98.12				
<b>Total</b>	16386.92	15					

**CV = 2. 46%**

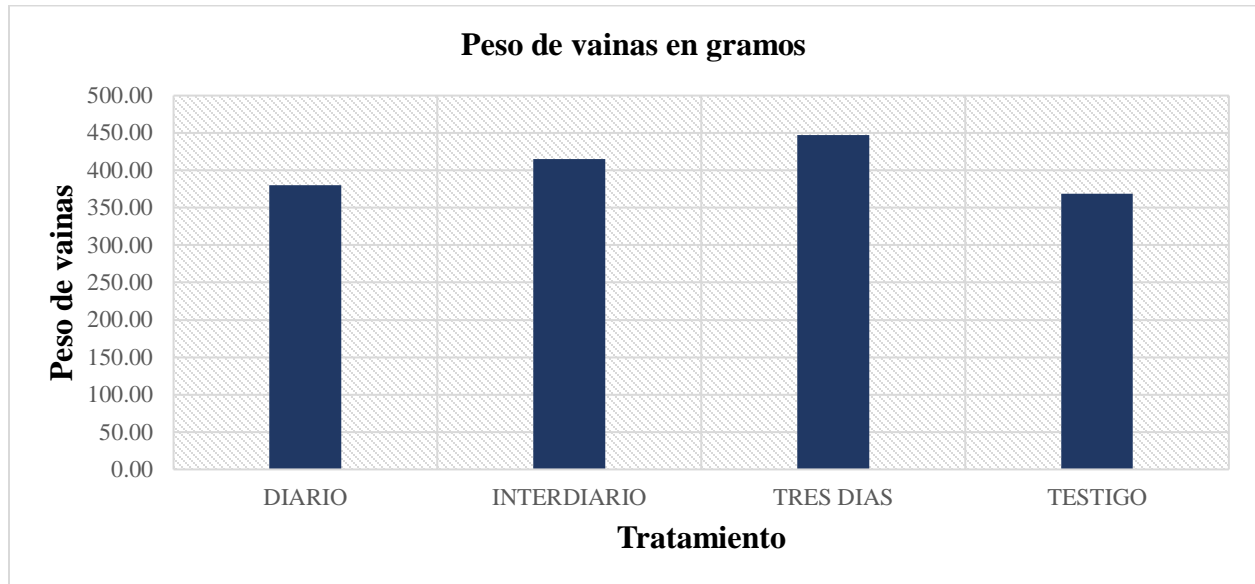
En la **tabla 26**, del análisis de varianza (ANVA) para el peso de vainas por golpe, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por el contrario, la variable asociada a los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza. Presenta un coeficiente de variabilidad de 2.46%.

**Tabla 27:** Tukey Combinaciones para peso de vainas por golpes.

O.M.	TRATAMIENTOS	MEDIA	N	E. E	Tukey (0.05)	Tukey (0.01)
1	<b>TC (Tres días)</b>	447.39	4	4.95	a	a
2	<b>TB (Interdiario)</b>	414.79	4	4.95	b	b
3	<b>TA (Diario)</b>	380.00	4	4.95	c	c
4	<b>TD (Testigo)</b>	368.40	4	4.95	c	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ .,  $p > 0.01$  respectivamente)*

**Figura 26:** Peso de vainas en gramos



En relación con la prueba de Tukey, este se realizó al 95% y al 99% de confianza, cuyos resultados se muestran en la **tabla 27** y la **figura 26** el peso de vainas por golpe en el cultivo de arvejas verdes, se observa que el tratamiento TC (cada tres días), con 447.39 gr/golpe toma el primer lugar siendo este estadísticamente mayor siendo este estadísticamente mayor al tratamiento TB (interdiario), con 414.79 gr, sin embargo, es superior estadísticamente a los tratamientos TA (diario), y TD (Testigo), con valores de, 380.00 y 368.40 gr respectivamente, que no presentan diferencias estadísticas significativas entre ellos.

### 6.2.2. Número de vaina por golpe

**Tabla 28:** Resultados para número de vainas

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
TA	46.44	43.81	49.69	48.75	188.69	47.17
TB	53.25	64.38	57.50	55.88	231.00	57.75
TC	68.13	74.31	71.88	72.25	286.56	71.64
TD	46.06	43.50	43.25	47.69	180.50	45.13
Sumatoria	213.88	226.00	222.31	224.56	886.75	
Promedio	53.47	56.50	55.58	56.14		55.42

El resultado promedio para número de vaina fue de 55.42, como se observa en la **tabla 28**.

**Tabla 29:** Análisis de varianza para número de vainas / golpe

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
<b>BLOQUES</b>	22.07	3	7.36	0.66	0.069	0.023	NS, NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	1770.47	3	590.16	53.2	3.86	6.99	* *
<b>Error</b>	99.86	9	11.10				
<b>Total</b>	1892.40	15					

**CV = 6.01%**

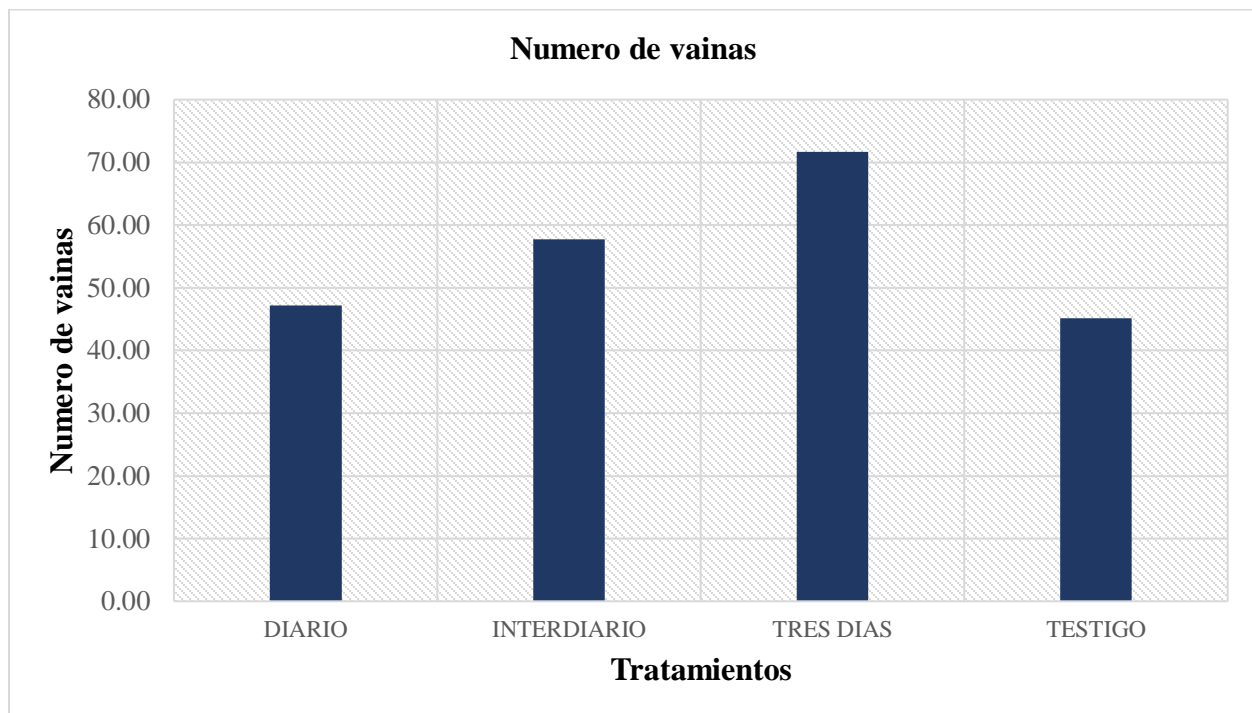
En la **tabla 29**, del análisis de varianza (ANVA) para el numero de vainas por golpe, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por el contrario, la variable asociada a los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza. Presenta un coeficiente de variabilidad de 6.01%.

**Tabla 30:** Tukey Combinaciones para número de vainas/ golpe

O.M.	TRATAMIENTOS	MEDIA	N	E. E	Tukey (0.05)	Tukey (0.01)
1	<b>TC (Tres días)</b>	71.64	4	1.67	a	a
2	<b>TB (Interdiario)</b>	57.75	4	1.67	b	b
3	<b>TA (Diario)</b>	47.17	4	1.67	c	c
4	<b>TD (Testigo)</b>	45.13	4	1.67	c	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ .,  $p > 0.01$  respectivamente)*

**Figura 27:** Número de vainas por golpe



En relación con la prueba de Tukey, este se realizó al 95% y al 99% de confianza, cuyos resultados se muestran en la **tabla 30** y la **figura 27** el peso de vainas por golpe en el cultivo de arvejas verdes, se observa que el tratamiento TC (cada tres días), con 71.64 toma el primer lugar siendo este estadísticamente mayor a los TB (interdiario), con valores de 57.75 sin embargo es mayor significativamente a los tratamientos restantes TA (diario) y TD (Testigo), con valores de 47.17 y 45.13, respectivamente.

Estos resultados sugieren que una frecuencia de fertirrigación cada tres días favorece la acumulación de biomasa en vainas, posiblemente debido a una mejor sincronización entre la disponibilidad de nutrientes y las demandas fisiológicas del cultivo. En contraste, la fertirrigación diaria o la ausencia de fertilización mostraron menores respuestas, lo que podría atribuirse a un desbalance en la disponibilidad de nitrógeno o a la insuficiente reposición del nutriente en el suelo.

### 6.2.3. Rendimiento t/ha

**Tabla 31:** Rendimiento de vaina en t/ ha

Tratamiento	BLOQUE				Sumatoria	Promedio
	I	II	III	IV		
<b>TA</b>	9.98	9.35	10.57	10.18	40.07	10.02
<b>TB</b>	12.21	12.05	11.43	12.46	48.15	12.04
<b>TC</b>	13.81	12.89	13.57	13.88	54.14	13.54
<b>TD</b>	10.13	9.56	10.04	9.33	39.06	9.76
<b>Sumatoria</b>	46.13	43.84	45.60	45.85	181.42	
<b>Promedio</b>	11.53	10.96	11.40	11.46		11.34

El resultado promedio para rendimiento, fue de 11.34 t /ha, como se observa en la **tabla**

**31.**

**Tabla 32:** Análisis de varianza para rendimiento en t/ha

F. V	SC	GL	CM	F	F		SIG
					FT (0.05)	FT (0.01)	
<b>BLOQUES</b>	0.79	3	0.26	1.48	3.86	6.99	NS, NS
<b>TRATAMIENTOS</b>	38.15	3	12.72	70.91	3.86	6.99	* *
<b>Error</b>	1.61	9	0.18				
<b>Total</b>	40.56	15					

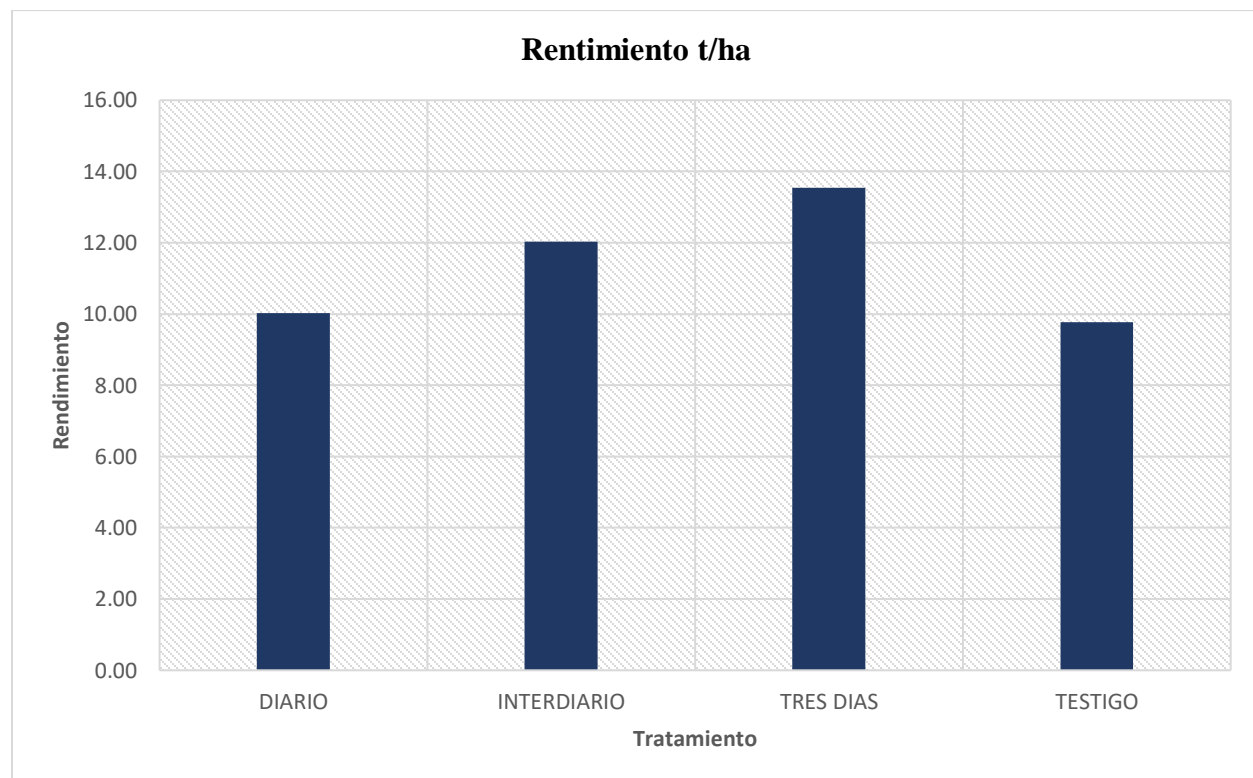
**CV = 3.73 %**

En la **tabla 32**, del análisis de varianza (ANVA) para rendimiento de vainas, se observa que en la fuente de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, Esto se debe a que las características y condiciones presentes en el área experimental fueron consistentemente homogéneas. Por el contrario, la variable asociada a los tratamientos presenta diferencias estadísticamente significativas al 95% y al 99% de nivel de confianza. Presenta un coeficiente de variabilidad de 3.73%.

**Tabla 33:** Tukey Combinaciones para rendimiento en t/ha

O.M.	TRATAMIENTOS	MEDIA	N	E. E	Tukey (0.05)	Tukey (0.01)
1	<b>TC (Tres días)</b>	13.54	4	0.21	a	a
2	<b>TB (Interdiario)</b>	12.04	4	0.21	b	b
3	<b>TA (Diario)</b>	10.02	4	0.21	c	c
4	<b>TD (Testigo)</b>	9.77	4	0.21	c	c

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ .,  $p > 0.01$  respectivamente)*

**Figura 28:** Rendimiento de cultivo t/ha

En relación con la prueba de Tukey, este se realizó al 95% y 99% de confianza, cuyos resultados se muestran en la **tabla 33** y la **figura 28**, el rendimiento en el cultivo de arvejas verdes, se observa que el tratamiento TC (cada tres días), con 13.54 tn/ha toma el primer lugar siendo este estadísticamente mayor al tratamiento TB (interdiario), con valor de 12.04 t/ha, sin embargo, son



superiores estadísticamente significativas con los tratamientos restantes TA (Diario) y TD (Testigo) con valores 10.02 t/ha y 9.77 t/ha respectivamente.

Estos resultados evidencian que la fertirrigación cada tres días optimiza el uso del nitrógeno y favorece la eficiencia en la producción, al lograr un equilibrio entre la oferta de nutrientes y las necesidades fisiológicas del cultivo, en contraste, la aplicación diaria podría haber generado un exceso de humedad y disponibilidad de nitrógeno en momentos en los que la planta no lo requería, reduciendo la eficiencia del fertilizante. Asimismo, el testigo, al no recibir el aporte adicional de nitrógeno, mantuvo los rendimientos más bajos, lo que confirma la importancia de una adecuada suplementación del nutriente. Estos hallazgos resaltan que la frecuencia de aplicación juega un rol decisivo en la productividad del cultivo, ya que no solo influye en el rendimiento, sino también en la eficiencia de uso del fertilizante y en la sostenibilidad del manejo agronómico.

## VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### 7.1. Conclusiones

- Se evaluaron tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*), encontrándose que la aplicación cada 3 días presentó los mejores resultados en las variables agronómicas evaluadas, con alturas promedio de 22.50 cm a los 25 días después de la siembra (DDS), 54.68 cm a los 50 DDS y 93.14 cm a los 100 DDS; además, alcanzó el mayor número de flores por golpe (51.05), una longitud de vaina de 7.71 cm y un promedio de 6.87 granos por vaina, lo que evidencia un mejor desempeño tanto en crecimiento vegetativo como en rendimiento reproductivo. En segundo lugar, se ubicó la fertirrigación interdiaria (cada 2 días), con alturas de 21.92 cm, 52.09 cm y 86.90 cm a los 25, 50 y 100 DDS respectivamente; 41.83 flores por golpe, una longitud de vaina de 7.96 cm y 6.94 granos por vaina, demostrando un comportamiento intermedio. Le siguió la fertirrigación diaria, con promedios de 19.94 cm a los 25 DDS, 51.52 cm a los 50 DDS y 83.24 cm a los 100 DDS; además de 32.64 flores por golpe, una longitud de vaina de 7.54 cm y 6.85 granos por vaina. Finalmente, el tratamiento testigo (sin fertirrigación) presentó los valores más bajos en todas las variables analizadas, con alturas de 19.21 cm, 48.93 cm y 78.53 cm a los 25, 50 y 100 DDS respectivamente; 31.44 flores por golpe, 7.40 cm de longitud de vaina y 6.75 granos por vaina, confirmando que la adecuada programación de la fertirrigación resulta determinante para optimizar el crecimiento, la floración y la productividad del cultivo bajo riego por goteo.
- Se evaluaron tres frecuencias de fertirrigación nitrogenada en el cultivo de arveja (*Pisum sativum L.*), encontrándose diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento. El mayor valor se alcanzó en el Tratamiento C, con fertirrigación cada tres días,

obteniéndose 13.54 t/ha, seguido por el Tratamiento B (interdiario) con 12.04 t/ha, el Tratamiento A (diario) con 10.02 t/ha y, finalmente, el testigo sin fertirrigación con 9.76 t/ha. Al comparar estos resultados con lo reportado por el MIDAGRI (2022), donde la región Cusco mostró un rendimiento promedio de arveja en grano verde de 6 t/ha, se evidencia que los valores obtenidos en esta investigación superan dicho promedio. Esto confirma que la aplicación de fertirrigación, particularmente con una frecuencia de tres días, contribuye significativamente a optimizar el rendimiento y mejorar la productividad del cultivo bajo condiciones de riego localizado por goteo.

## **7.2. Sugerencias**

- Se recomienda el uso de fertirrigación mediante riego por goteo, ya que este sistema mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes, reduciendo pérdidas y asegurando que los fertilizantes lleguen directamente a la zona radicular.
- Priorizar la aplicación de fungicidas especialmente para el *fusarium spp*, que causa la marchitez aérea de la planta junto con el estrangulamiento.
- Se sugiere una frecuencia de fertirriego cada tres días, lo que contribuye a un mejor desarrollo del cultivo y optimiza la disponibilidad de nutrientes.
- Considerando las condiciones edafoclimáticas de la localidad de K'ayra - San Jerónimo, Cusco, se recomienda realizar la siembra en el mes de diciembre, evitando periodos de bajas temperaturas, ya que la arveja es altamente susceptible a heladas.
- Realizar comparaciones con diferentes variedades de arveja adaptadas al clima del cusco, mediante trabajos de investigación.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alvites, V. (2020). *Niveles de fertilización y frecuencia de aplicación de nitrógeno en las características agronómicas y rendimiento del pasto Panicum maximun CULTIVAR TANZANIA IQUITOS*. Iquitos.
2. Baca, C. (2011). *Manual tecnico de riego prezurizado*. Cusco.
3. Benites, C. (2001). *Sistemas Hidraulicos de Riego*. Arequipa - Peru: UNSA.
4. Bolívar, P. M. (2013, 04 11). *EL CULTIVO DE LA ARVEJA Y EL CLIMA EN EL ECUADOR*. Retrieved from <https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20de%20la%20arveja%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>
5. Cadahia, C. (2005). *Fertirigacion cultivos hortícolas frutales y ornamentales*. Madrid: Mundi-Prensa.
6. Cadena, M. (2020). *Manual tecnico para la produccion artesanal de semilla de arveja*. Mosquera, Colombia: Agrosavia.
7. Camarena, M. F. (2014). *INNOVACIÓN FITOTÉCNICA DEL HABA (VICIA FABA L.) ARVEJA (PISUM SATIVUM L.) Y LENTEJA (LENS CULINARIS)*. Lima - Peru: Universidad Agraria La Molina.
8. Cosme, R. (2015). *Manejo agronomico de arveja*.
9. Cruzate, G., & Casas, R. (2003). *Balance de Nutrientes*. Edición Especial: Sostenibilidad, 7-13.
10. FAO. (2002). *Manual de capacitacion riego y drenaje*.
11. FAO. (2002). *Riego y drenaje*.
12. FAO. (2006). *Evapotranspiración de cultivo*. ISBN 92-5-304219-2.
13. Fernandez, R. (2010). *Riego localizado*. Andalucia : Junta de Andalucía.
14. Flores, B. S. (2023). *Fertilizacion y frecuencia de riego en la produccion de nopal verdura (Opuntia ficus indica L.) en el tunel de plastico*. Mexico.

15. Fuentes. (2002). Características agronomicas de riego por goteo. *Corazon de Maria* 8., 24.
16. Fuentes, Y. (1999). *Tecnicas de riego*. Mexico: Mundi prensa Mexico, S.A. de C.V.
17. Garcia, I. B. (2015). *Sistema de riego por aspersión y goteo* . Mexico: Ttrillas.
18. Ghiocel, C. D. (2012). Impact of nitrogen fertilization on nodulation capacity and nitrogen fixation in fodder peas (*pisum arvense* l.). *Research Journal of Agricultural Science*.
19. Gurovich, L. A. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. San Jose - Costa Rica: IICA.
20. Gutarra, C. S. (2021). *CULTIVO DE ARVEJAS*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
21. Hopkins, W. G. (2009). *Introduction to Plant Physiology*. (4th ed.). Wiley.
22. Huaman, H. Y. (2022). *La investigación titulada “Efecto de cinco bioestimulantes foliares en el rendimiento y comportamiento agronómico en arveja verde (Pisum sativum L. Var. Quantum)*. cusco.
23. IERPAC. (2016). Guía de Producción Comercial de Arveja. In I. d. Cajamarca. Cajamarca - Peru.
24. INEI. (2023). *Indicador de la Actividad Productiva departamental*. Lima.
25. INIAF . (2015). Manual de produccion de semilla certificada de arveja. In (. N. Forestal). La paz - Bolivia.
26. INTAGRI. (2017). *INTAGRI*. Retrieved from Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal: [https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal?utm_source=chatgpt.com)
27. Jorge, R. P. (2020). Dosis y frecuencia de fertilizante mineral para el establecimiento de plantaciones de pinares en suelos ácidos. *Ediciones INCA*.
28. Khamis, e. a. (2021). *Advances in Drip Irrigation Systems: Efficiency and Water Management in Agriculture*.
29. Liotta, M. (2015). *Sistema de riego por goteo*. San Juan.

30. Maocho, F. (2013, 12 31). Retrieved from <https://www.aapresid.org.ar/blog/el-abc-de-la-arveja/#:~:text=La%20arveja%20es%20muy%20sensible,temperaturas%20de%200%C2%B0C>
31. Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. (3rd ed.). Academic Press.
32. Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. United States of America: Third Edition.
33. Martínez, F., & Cordone, G. (2008). *Fertilización de la Secuencia de cultivos invernales alternativos al trigo/soja de segunda campaña 2004-05*. Retrieved from EEA INTA Oliveros: <http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/>
34. MIDAGRI. (2018). *Anuario de la Producción Agrícola*. Lima.
35. MIDAGRI. (2022). Compendio anual de "PRODUCCIÓN AGRÍCOLA".
36. MINAGRI. (2016). *Leguminosas de grano*. Lima: Primera edicion, GALU GRAF S.A.C.
37. Monge, M. (2018). *Diseño agronomico e hidraulico de riegos agricolas a presion*. Madrid: ©Editorial Agrícola Española, S.A.
38. Moya. (2009). *Riego localizado y fertirigacion*. madrid, barcelonsa, mexico: ediciones mundi-prensa.
39. Moya, J. (2009). *Riego localizado y fertirigacion*. Madrid - España: Mundi - Prensa.
40. Ojeda, W. y. (2008, diciembre 15). Manual para diseño de zonas de riego pequeñas. *requerimiento de riego de los cultivos*. mexico.
41. Pizarro. (1990). *Riego localizado de alta frecuencia: goteo- microaspersión- exudación*. España: 2 da. edicion. Editorial Mundi-Prensa.
42. Pizarro. (1996). *Riegos localizados de alta frecuecia (RLAF)*. Barcelona, España: Ediciones mundi prensa.

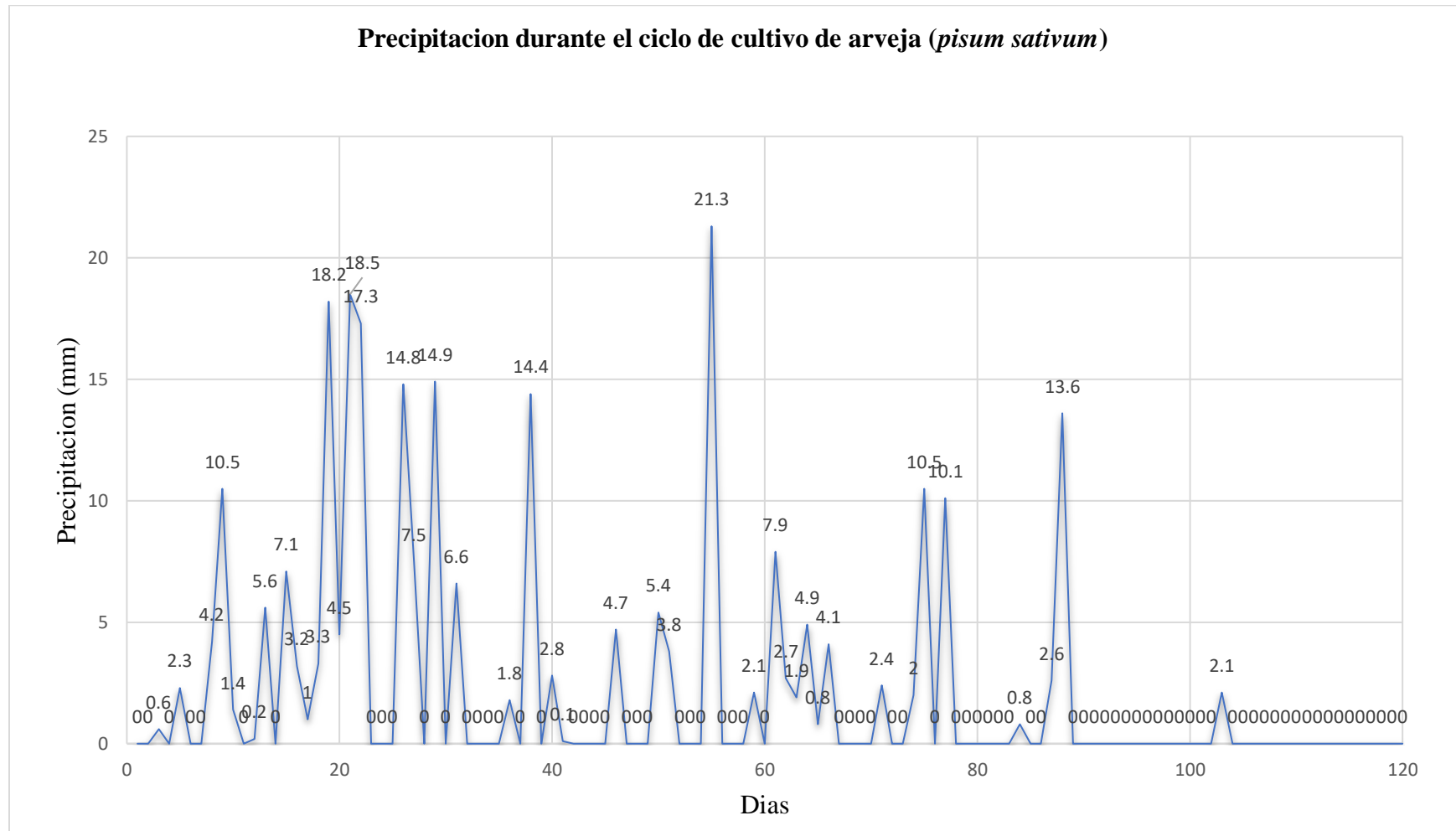
43. Quillahuaman, L. (2022). *COMPARATIVO DE TRES NIVELES DE FERTIRRIGACION POTASICA EN EL RENDIMIENTO DE ZANAHORIA (Daucus carota L.), BAJO RIEGO LOCALIZADO EN EL CENTRO AGRONOMICO KAYRA*". Cusco.
44. Quispe, I. E. (2023). "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE FERTIRRIEGO EN EL RENDIMIENTO DE FRESA (*Fragaria x ananassa*) BAJO CONDICIONES DE FITOTOLDO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE SIHUAYPAMPA – PAUCARTAMBO – CUSCO". cusco.
45. Rodríguez, e. a. (2020). *Recent Advances in Fertigation Techniques: A Sustainable Approach for Improved Crop Production*.
46. ROJAS HUACOTO, C. (2007). *PRODUCCIÓN DE ARVEJA VERDE "QUANTUM" (Pisum sativum L.) CON APLICACIONES DE HUMUS DE LOMBRIZ, GUANO DE ISLAS Y BIOL EN CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE TIABAYA - AREQUIPA*. Arequipa, Peru .
47. SENASA. (2017). *GUÍA PARA LA BUENA PRACTICA AGRICOLA DEL CULTIVO DE ARVEJA (Pisum Sativum)*. Retrieved from <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2020/07/Guia-BPA-ARVEJA.pdf>
48. Sharma V, e. a. (2023). Growth and Yield Response of Pea (*Pisum sativum* L.) Crop to Classical and Regulated Deficit Irrigation along with Nitrogen Fertilization under Drip Irrigation. *Investigación en leguminosas.*, p. 8p.
49. Strasburger, E. (1986). *Tratado de botánica*. España: Ed. Marín. 7ª. Edición.
50. Suasnabar, c. (2021). *Cultivo de arveja*. Huancayo - Peru: Universidad Nacional del centro del Peru.
51. Sunil G, A. S. (2018, Mayo). Effect of drip irrigation and fertigation on growth and yield of garden pea. *Vegetable Science*, p. 5p.
52. Tamayo, P. (2000). *Enfermedades en el cultivo de arveja en Colombia: Guia de reconocimiento y control*. Rionegro, Antioquia, Colombia.

53. Universidad de Nariño, Fenalce, Agrosavia. (2020). *FERTILIZACIÓN Y RIEGO EN EL CULTIVO DE ARVEJA VOLUBLE EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO*. Pasto, Chile: TIPOGRAFÍA CABRERA.
54. Urzua, H. (2005). *Beneficios de la Fijación Simbiótica de Nitrógeno en Chile*. Revista Ciencia e Investigación .
55. Vasquez, A. y. (2017). *FUNDAMENTOS DE LA INGENIERÍA DE RIEGOS*. Lima: Q&P Impresores S.R.L., 442 p.



## **IX. ANEXOS**

## ANEXO 01: PRECIPITACIÓN DURANTE EL CICLO DE CULTIVO DE ARVEJA



## ANEXO 02: ANÁLISIS DE AGUA



### 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

Nº0017-23-LAQ

SOLICITANTE : YOVANA JUAREZ HUAMAN  
INSTITUCION : Fc. AGRONOMIA UNSAAC  
MUESTRA : AGUA  
FUENTE : MANANTE INTIPATA  
UBICACIÓN : GRANJA KAYRA  
DISTRITO : SAN JERONIMO  
PROVINCIA : CUSCO CUSCO  
REGION :  
FECHA : C/18/01/2023

#### RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

pH	7,70
C.E. uS/cm.	628,00
Dureza ppm CaCO <sub>3</sub>	312,00
Calcio ppm	106,40
Magnesio ppm	9,20
Sodio ppm	5,00
Potasio ppm	1,80
Cloruros ppm	8,75
Sulfatos ppm	186,20
Bicarbonatos ppm	136,00
Carbonatos ppm	0
Hierro ppm	0,14
Boro ppm	0,04
Sales solubles total ppm	592,70

ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9ª EDICION

NOTA: Agua apto para riego.

Cusco, 23 de Enero 2023

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco  
Unidad de Prestación de Servicios de Análisis Químico  
  
Melquides Herrera Arístides  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO

## ANEXO 03: ANALISIS DE SUELO



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS**  
**LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES**



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : YOVANA JUAREZ HUAMAN

Departamento : CUSCO

Distrito : SAN JERONIMO

Referencia : H.R. 78503-205C-22

Bolt.: 5517

Provincia : CUSCO

Predio : POTRERO C-2 GRANJA KAYRA

Fecha : 23/12/2022

Número de Muestra		pH ( 1:1 )	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. D Bases
Lab	Claves							Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
								%	%	%			meq/100g							
16383		7.53	2.48	2.59	1.08	63.3	172	40	33	27	Fr.	17.92	16.67	0.81	0.53	0.11	0.00	17.92	17.92	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



*Dr. Constantino Calderón Mendoza*  
**Jefe del Laboratorio**

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 Celular: 946-505-254  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

**ANEXO 04: PRESUPUESTO: “EVALUACIÓN DE TRES FRECUENCIAS DE FERTIRRIGACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE ARVEJA (*Pisum sativum*), BAJO SISTEMA DE RIEGO LOCALIZADO POR GOTEO EN EL CENTRO AGRONÓMICO KAYRA – CUSCO”**

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO S/.	TOTAL, S/.
<b>A. Materiales de escritorio</b>				
Papel bond 75gr. A - 4	millar	1	15	15
Folder plastificado	unidad	1	6.5	6.5
Folder de manila A-4	unidad	4	1	4
Lapiceros	unidad	4	1	4
Tinta Impresión color EPSON	unidad	1	15	15
Tinta Impresión negro EPSON	unidad	2	15	30
Resaltador	unidad	2	3.5	7
Grapas	caja	1	4	4
Tablero de plástico	unidad	2	8	16
Cuaderno tño oficio de 100 hojas	unidad	1	6	6
Cartulina	unidad	6	0.5	3
Calculadora científica	unidad	1	85	85
Plumones de colores gruesos	unidad	6	3	18
Tijeras Pequeñas	unidad	1	1.5	1.5
Libreta de campo	unidad	1	3	3
laptop Lenovo	unidad	1	2700	2700
USB	unidad	1	20	20
impresora	unidad	1	700	700
Chinchas	caja	2	2.5	5
<b>B. Herramientas de campo</b>				
Cinta métrica 3m	unidad	1	16	16
Wincha 30m	unidad	1	50	50
Tijeras de podar	unidad	3	35	105
Alicate	unidad	1	23	23
Martillo	unidad	1	40	40
Pala	unidad	1	40	40
Barreta	unidad	1	82	82
Azada pequeña	unidad	3	20	60
Pico	unidad	4	30	120
Lampa	unidad	4	40	160

Sacabocado	unidad	1	50	50
Navaja	unidad	1	40	40
<b>C. Equipos de campo</b>				0
Balanza de precisión	unidad	1	80	80
Termómetro de ambiente	unidad	1	60	60
Higrómetro	unidad	1	80	80
Anemómetro	unidad	1	120	120
tanque de clase A	unidad	1	510	510
Balanza granera	unidad	1	20	20
vernier electrónico	unidad	1	70	70
<b>D. Materiales de campo</b>				0
Rafia	unidad	4	9.5	38
Encendedor	unidad	1	1	1
Cintas de goteo para riego 2.3 l/h	Metros	500	0.6	300
Manguera para riego de 1 pulgada	Metros	100	0.8	80
Accesorios de cinta a manguera	Unidad	16	4	64
Inicial de manguera a cinta	Unidad	16	1.5	24
Llaves de paso	Unidad	16	5	80
Abrazaderas para manguera	Unidad	4	0.5	2
Inyector Venturi	Unidad	1	120	120
Transición (accesorio de PVC)	Unidad	8	1	8
Saca bocado	Unidad	1	35	35
Hoja de sierra	Unidad	2	5	10
Válvula reductora de presión	Unidad	1	100	100
Válvula de aire	Unidad	2	35	70
Manómetro	Unidad	1	25	25
Pintura color negro	Unidad	1	12	12
Pintura color blanco	Unidad	1	12	12
pancarta de madera	Unidad	4	10	40
<b>E. Material vegetativo</b>				
Arveja var. Quantum	kg	3	18	54
<b>F. OTROS</b>				
Impresiones	unidad	600	0.2	120
Anillados	unidad	10	4	40
Internet	mensual	80	5	400
Análisis de agua	Unidad	1	130	130
Análisis de suelo	Unidad	1	60	60
mano de obra	jornal	20	20	400
Alquiler del tractor	horas	1	50	50
<b>SUBTOTAL</b>				<b>7,644.00</b>
<b>IMPREVISTOS (5%)</b>				<b>382.2</b>
<b>TOTAL</b>				<b>8,026.20</b>

# ANEXO 05: PLANILLA DE MANEJO DE RIEGO

MANEJO DE AGUA PARA RIEGO EN EL CULTIVO DE ARVEJA - 2023																
Provincia:			Cusco			Ln para llegar a CC:		44.12				Área del terreno		333.5 m2		
Distrito:			San Jerónimo			Ln (mínimo en suelo):		28.68				Cultivo:		Arveja (Variedad Quantum)		
Sector:			K'ayra			Eficiencia (%):		0.95				Responsable:		Yovana Juarez Huaman		
Fecha siembra:			18/01/2023			Phr		5.36				Asesor:		Carlos Baca García		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10.0	11	12	13	14	15	16	
FECHA	DDS	V (m/s)	HR %	Kp	Evapor. (mm)	ETo	Kc	ETc (mm)	Reposición de agua de riego			Consumo de agua		Frec. de fertiriego (1 días)	Frec. de fertiriego (2 días)	Frec. de fertiriego (3 días)
									Pp (mm)	Nec. Netas (mm)	Nec. Totales (mm)	C.C.	Descenso tolerable			
														Tiempo de riego (min)		
1/18/2023	1	0	70.3	0.75	4.6	3.45	0.50	1.73	0.0	1.73	1.82	44.12	42.39	0.00		
1/19/2023	2	0	77.2	0.85	4.8	4.08	0.50	2.04	0.6	1.44	1.52	44.12	42.08	20.3		
1/20/2023	3	0	67.1	0.75	6.2	4.65	0.50	2.33	0.0	2.33	2.45	44.12	41.79	17.0		
1/21/2023	4	1.3	74.4	0.85	4.3	3.66	0.50	1.83	2.3	0.00	0.00	44.12	42.29	27.4		
1/22/2023	5	0	69.9	0.85	3.0	2.55	0.50	1.28	0.0	1.28	1.34	44.12	42.84	0.0		
1/23/2023	6	1.3	70.9	0.85	7.5	6.38	0.50	3.19	0.0	3.19	3.36	44.12	40.93	15.0		
1/24/2023	7	0	70.3	0.85	2.5	2.13	0.50	1.06	4.2	0.00	0.00	44.12	43.06	37.6		
1/25/2023	8	2.5	78.9	0.75	4.1	3.08	0.50	1.54	10.5	0.00	0.00	44.12	42.58	0.0		
1/26/2023	9	0	70.7	0.75	9.1	6.83	0.50	3.41	1.4	2.01	2.12	44.12	40.71	0.0		
1/27/2023	10	3.3	78.9	0.75	2.6	1.95	0.50	0.98	0.0	0.98	1.03	44.12	43.14	23.7		

1/28/2023	11	1.3	76.1	0.75	4.0	3.00	0.50	1.50	0.2	1.30	1.37	44.12	42.62	11.5	11.5	11.5
1/29/2023	12	0	74	0.75	1.2	0.90	0.50	0.45	5.6	0.00	0.00	44.12	43.67	7.66	13.40	
1/30/2023	13	0	77	0.75	6.2	4.65	0.50	2.33	0.0	2.33	2.45	44.12	41.79	5.00		5.00
1/31/2023	14	2.7	69.1	0.70	3.2	2.24	0.50	1.12	7.1	0.00	0.00	44.12	43.00	13.70	5.00	
2/1/2023	15	0	78.4	0.85	1.0	0.85	0.50	0.43	3.2	0.00	0.00	44.12	43.69	5.00		
2/2/2023	16	0.7	73.6	0.85	6.0	5.10	0.50	2.55	1.0	1.55	1.63	44.12	41.57	5.00	5.00	5.00
2/3/2023	17	0	74.8	0.85	0.5	0.43	0.50	0.21	3.3	0.00	0.00	44.12	43.91	9.13		
2/4/2023	18	1.3	83	0.85	3.3	2.81	0.50	1.40	18.2	0.00	0.00	44.12	42.72	5.00	5.00	
2/5/2023	19	0.7	81.2	0.85	1.0	0.85	0.50	0.43	4.5	0.00	0.00	44.12	43.69	5.00		5.00
2/6/2023	20	0.7	74.3	0.85	4.0	3.40	0.50	1.70	18.5	0.00	0.00	44.12	42.42	5.00	5.00	
2/7/2023	21	0	83.1	0.85	2.4	2.04	0.50	1.02	17.3	0.00	0.00	44.12	43.10	5.00		
2/8/2023	22	2.7	69.8	0.70	2.2	1.54	0.50	0.77	0.0	0.77	0.81	44.12	43.35	5.00	5.00	5.00
2/9/2023	23	0	79.1	0.85	1.4	1.19	0.50	0.60	0.0	0.60	0.63	44.12	43.52	4.54		
2/10/2023	24	1.3	71.2	0.85	3.6	3.06	0.50	1.53	0.0	1.53	1.61	44.12	42.59	5.00	8.04	
2/11/2023	25	0	80.1	0.85	3.0	2.55	0.52	1.32	14.8	0.00	0.00	44.12	42.79	9.03		17.08
2/12/2023	26	0.7	74.4	0.85	2.5	2.13	0.54	1.14	7.5	0.00	0.00	44.12	42.98	5.00	5.00	
2/13/2023	27	1.3	78.5	0.85	3.3	2.81	0.56	1.56	0.0	1.56	1.64	44.12	42.56	5.00		
2/14/2023	28	0	85.4	0.85	2.3	1.96	0.57	1.12	14.9	0.00	0.00	44.12	43.00	9.18	5.00	5.00
2/15/2023	29	1.3	78.5	0.85	2.8	2.38	0.59	1.41	0.0	1.41	1.48	44.12	42.71	5.00		
2/16/2023	30	2	83.1	0.75	3.7	2.78	0.61	1.69	6.6	0.00	0.00	44.12	42.43	8.30	5.00	
2/17/2023	31	3.3	74.2	0.75	2.7	2.03	0.63	1.27	0.0	1.27	1.34	44.12	42.85	5.00		5.00
2/18/2023	32	0	78.4	0.85	1.8	1.53	0.65	0.99	0.0	0.99	1.04	44.12	43.13	7.49	5.00	



2/19/2023	33	0	67.1	0.75	3.7	2.78	0.66	1.84	0.0	1.84	1.94	44.12	42.28	5.82		
2/20/2023	34	0	70.1	0.85	3.8	3.23	0.68	2.20	0.0	2.20	2.32	44.12	41.92	10.86	16.68	24.17
2/21/2023	35	1.3	70.5	0.85	2.9	2.47	0.70	1.73	1.8	0.00	0.00	44.12	42.39	12.98		
2/22/2023	36	0	67.2	0.75	4.4	3.30	0.72	2.37	0.0	2.37	2.50	44.12	41.75	5.00	12.98	
2/23/2023	37	0	72.8	0.85	7.7	6.55	0.74	4.82	14.4	0.00	0.00	44.12	39.30	13.97		26.95
2/24/2023	38	1.3	79.7	0.85	2.5	2.13	0.75	1.60	0.0	1.60	1.69	44.12	42.52	5.00	5.00	
2/25/2023	39	4	82.1	0.75	4.0	3.00	0.77	2.32	2.8	0.00	0.00	44.12	41.80	9.45		
2/26/2023	40	0	74.1	0.85	4.0	3.40	0.79	2.69	0.1	2.59	2.72	44.12	41.43	5.00	9.45	5.00
2/27/2023	41	2	77.3	0.75	2.9	2.18	0.81	1.76	0.0	1.76	1.85	44.12	42.36	15.25		
2/28/2023	42	1.3	68.2	0.75	2.9	2.18	0.83	1.80	0.0	1.80	1.89	44.12	42.32	10.36	25.61	
3/1/2023	43	0.7	69.3	0.75	2.5	1.88	0.85	1.58	0.0	1.58	1.67	44.12	42.53	10.60		36.21
3/2/2023	44	1.3	77.5	0.85	6.7	5.70	0.86	4.92	0.0	4.92	5.17	44.12	39.20	9.33	19.93	
3/3/2023	45	1.3	77.7	0.85	2.0	1.70	0.88	1.50	4.7	0.00	0.00	44.12	42.62	28.96		
3/4/2023	46	0	76	0.85	3.5	2.98	0.90	2.68	0.0	2.68	2.82	44.12	41.44	5.00	28.96	38.29
3/5/2023	47	0	78.4	0.85	2.0	1.70	0.92	1.56	0.0	1.56	1.64	44.12	42.56	15.76		
3/6/2023	48	2	70.5	0.75	2.4	1.80	0.94	1.68	0.0	1.68	1.77	44.12	42.44	9.19	24.95	
3/7/2023	49	2	73.8	0.75	6.0	4.50	0.95	4.29	5.4	0.00	0.00	44.12	39.83	9.92		34.87
3/8/2023	50	1.3	74.7	0.85	3.9	3.32	0.97	3.22	3.8	0.00	0.00	44.12	40.90	5.00	9.92	
3/9/2023	51	4.7	84.1	0.75	3.4	2.55	0.99	2.52	0.0	2.52	2.66	44.12	41.59	5.00		
3/10/2023	52	2	77.7	0.75	2.0	1.50	1.01	1.51	0.0	1.51	1.59	44.12	42.61	14.87	14.87	14.87
3/11/2023	53	0	77.9	0.85	2.5	2.13	1.03	2.18	0.0	2.18	2.30	44.12	41.94	8.91		
3/12/2023	54	0	77.2	0.85	3.4	2.89	1.04	3.02	21.3	0.00	0.00	44.12	41.10	12.85	21.75	
3/13/2023	55	2.7	72.7	0.75	4.8	3.60	1.06	3.82	0.0	3.82	4.03	44.12	40.29	5.00		5.00
3/14/2023	56	2	79.8	0.75	3.5	2.63	1.08	2.84	0.0	2.84	2.99	44.12	41.28	22.53	5.00	
3/15/2023	57	2	74.9	0.75	2.1	1.58	1.10	1.73	0.0	1.73	1.82	44.12	42.39	16.71		

3/16/2023	58	2	80.5	0.75	1.2	0.90	1.12	1.00	2.1	0.00	0.00	44.12	43.11	10.19	26.90	49.43
3/17/2023	59	1.3	75.8	0.85	3.2	2.72	1.13	3.09	0.0	3.09	3.25	44.12	41.03	5.00		
3/18/2023	60	0	78.8	0.85	3.5	2.98	1.15	3.43	7.9	0.00	0.00	44.12	40.69	18.18	18.18	
3/19/2023	61	0	88.1	0.85	1.0	0.85	1.15	0.98	2.7	0.00	0.00	44.12	43.14	5.00		5.00
3/20/2023	62	0	77.1	0.85	2.2	1.87	1.15	2.15	1.9	0.25	0.26	44.12	41.97	5.00	5.00	
3/21/2023	63	0	81	0.85	0.7	0.60	1.15	0.68	4.9	0.00	0.00	44.12	43.43	1.48		
3/22/2023	64	0	90.6	0.85	0.4	0.34	1.15	0.39	0.8	0.00	0.00	44.12	43.73	5.00	5.00	5.00
3/23/2023	65	2	73.1	0.75	2.5	1.88	1.15	2.16	4.1	0.00	0.00	44.12	41.96	5.00		
3/24/2023	66	0	80.8	0.85	0.3	0.26	1.15	0.29	0.0	0.29	0.31	44.12	43.83	5.00	5.00	
3/25/2023	67	0	86.8	0.85	1.0	0.85	1.15	0.98	0.0	0.98	1.03	44.12	43.14	5.00		5.00
3/26/2023	68	2	80.7	0.75	0.9	0.68	1.15	0.78	0.0	0.78	0.82	44.12	43.34	5.76	7.49	
3/27/2023	69	1.3	73.8	0.85	2.5	2.13	1.15	2.44	0.0	2.44	2.57	44.12	41.68	4.57		
3/28/2023	70	1.3	72.3	0.85	3.9	3.32	1.15	3.81	2.4	1.41	1.49	44.12	40.31	14.40	18.97	24.73
3/29/2023	71	2	79	0.75	3.0	2.25	1.15	2.59	0.0	2.59	2.72	44.12	41.53	8.32		
3/30/2023	72	0.7	71	0.85	2.0	1.70	1.15	1.96	0.0	1.96	2.06	44.12	42.16	15.24	23.56	
3/31/2023	73	1.3	73.7	0.85	4.4	3.74	1.15	4.30	2.0	2.30	2.42	44.12	39.82	11.52		35.08
4/1/2023	74	0	75.2	0.85	1.0	0.85	1.15	0.98	10.5	0.00	0.00	44.12	43.14	13.56	25.07	
4/2/2023	75	2	69	0.70	4.7	3.29	1.15	3.78	0.0	3.78	3.98	44.12	40.34	5.00		
4/3/2023	76	0.7	76.1	0.85	2.4	2.04	1.15	2.35	10.1	0.00	0.00	44.12	41.77	22.29	5.00	5.00
4/4/2023	77	0	77.2	0.85	2.2	1.87	1.15	2.15	0.0	2.15	2.26	44.12	41.97	5.00		
4/5/2023	78	0	71.5	0.85	5.5	4.68	1.15	5.38	0.0	5.38	5.66	44.12	38.74	12.67	5.00	
4/6/2023	79	0	73	0.85	2.4	2.04	1.15	2.35	0.0	2.35	2.47	44.12	41.77	31.67		5.00
4/7/2023	80	0.7	76.2	0.85	3.8	3.23	1.15	3.71	0.0	3.71	3.91	44.12	40.40	13.82	45.50	
4/8/2023	81	1.3	75.8	0.85	2.2	1.87	1.15	2.15	0.0	2.15	2.26	44.12	41.97	21.88		
4/9/2023	82	0	69.2	0.75	2.0	1.50	1.15	1.73	0.0	1.73	1.82	44.12	42.39	12.67	34.55	48.38

4/10/2023	83	0.7	72.9	0.85	1.0	0.85	1.15	0.98	0.8	0.18	0.19	44.12	43.14	10.16		
4/11/2023	84	1.3	68.3	0.75	2.8	2.10	1.15	2.42	0.0	2.42	2.54	44.12	41.70	5.00	11.21	
4/12/2023	85	0.7	79.1	0.85	2.2	1.87	1.15	2.15	0.0	2.15	2.26	44.12	41.97	14.23		25.44
4/13/2023	86	1.3	75.7	0.85	3.0	2.55	1.15	2.93	2.6	0.33	0.35	44.12	41.19	12.67	26.90	
4/14/2023	87	1.3	70.4	0.85	1.4	1.19	1.15	1.37	13.6	0.00	0.00	44.12	42.75	5.00		
4/15/2023	88	0	77.6	0.85	3.2	2.72	1.15	3.13	0.0	3.13	3.29	44.12	40.99	5.00	5.00	5.00
4/16/2023	89	0.7	86.6	0.85	3.1	2.64	1.15	3.03	0.0	3.03	3.19	44.12	41.09	18.43		
4/17/2023	90	0	80.3	0.85	2.2	1.87	1.15	2.15	0.0	2.15	2.26	44.12	41.97	17.85	36.28	
4/18/2023	91	1.3	78.2	0.85	1.8	1.53	1.15	1.76	0.0	1.76	1.85	44.12	42.36	12.67		48.95
4/19/2023	92	1.3	74.3	0.85	4.0	3.40	1.15	3.91	0.0	3.91	4.12	44.12	40.21	10.37	23.04	
4/20/2023	93	2	81.9	0.75	1.1	0.83	1.15	0.95	0.0	0.95	1.00	44.12	43.17	23.04		
4/21/2023	94	2	77	0.75	4.2	3.15	1.15	3.62	0.0	3.62	3.81	44.12	40.50	5.59	28.63	38.99
4/22/2023	95	0	79.8	0.85	2.1	1.79	1.15	2.05	0.0	2.05	2.16	44.12	42.07	21.34		
4/23/2023	96	1.3	76.1	0.85	3.1	2.64	1.15	3.03	0.0	3.03	3.19	44.12	41.09	12.09	33.44	
4/24/2023	97	2.7	76.4	0.75	1.1	0.83	1.15	0.95	0.0	0.95	1.00	44.12	43.17	17.85		51.29
4/25/2023	98	0.7	68.8	0.75	4.1	3.08	1.15	3.54	0.0	3.54	3.72	44.12	40.58	5.59	23.44	
4/26/2023	99	0	64.1	0.75	3.1	2.33	1.15	2.67	0.0	2.67	2.81	44.12	41.45	20.83		
4/27/2023	100	2	72	0.75	3.0	2.25	1.15	2.59	0.0	2.59	2.72	44.12	41.53	15.75	36.59	42.18
4/28/2023	101	0.7	68.4	0.75	2.1	1.58	1.15	1.81	0.0	1.81	1.91	44.12	42.31	15.24		
4/29/2023	102	0	74.3	0.85	5.3	4.51	1.15	5.18	2.1	3.08	3.24	44.12	38.94	10.67	25.92	
4/30/2023	103	0	74.9	0.85	6.2	5.27	1.14	6.03	0.0	6.03	6.35	44.12	38.09	18.15		44.07
5/1/2023	104	0	72.5	0.85	3.2	2.72	1.14	3.11	0.0	3.11	3.27	44.12	41.01	35.55	53.70	
5/2/2023	105	2	68	0.70	2.6	1.82	1.14	2.07	0.0	2.07	2.18	44.12	42.05	18.30		
5/3/2023	106	0	80.1	0.85	2.6	2.21	1.14	2.51	0.0	2.51	2.64	44.12	41.61	12.22	30.52	66.07
5/4/2023	107	2	83.5	0.75	2.7	2.03	1.13	2.30	0.0	2.30	2.42	44.12	41.82	14.80		

5/5/2023	108	0	83.3	0.85	0.3	0.26	1.13	0.29	0.0	0.29	0.30	44.12	43.83	13.53	28.32	
5/6/2023	109	0	71.2	0.85	2.4	2.04	1.13	2.30	0.0	2.30	2.42	44.12	41.82	5.00		30.02
5/7/2023	110	0	85.8	0.85	0.1	0.09	1.13	0.10	0.0	0.10	0.10	44.12	44.02	13.56	15.26	
5/8/2023	111	0	91.2	0.85	1.8	1.53	1.12	1.72	0.0	1.72	1.81	44.12	42.40	5.00		
5/9/2023	112	2.7	84.7	0.75	0.9	0.68	1.12	0.76	0.0	0.76	0.80	44.12	43.36	10.12	10.68	24.24
5/10/2023	113	0	75.7	0.85	1.3	1.11	1.12	1.23	0.0	1.23	1.30	44.12	42.88	5.00		
5/11/2023	114	0	70.9	0.85	2.1	1.79	1.11	1.99	0.0	1.99	2.09	44.12	42.13	7.27	11.72	
5/12/2023	115	1.3	74.5	0.85	1.7	1.45	1.11	1.61	0.0	1.61	1.69	44.12	42.51	11.72		23.44
5/13/2023	116	0.7	75.3	0.85	3.3	2.81	1.11	3.11	0.0	3.11	3.27	44.12	41.01	9.46	21.18	
5/14/2023	117	0	71.8	0.85	2.4	2.04	1.11	2.26	0.0	2.26	2.37	44.12	41.86	18.32		
5/15/2023	118	0	68.2	0.85	2.3	1.96	1.10	2.16	0.0	2.16	2.27	44.12	41.96	13.29	31.61	41.07
5/16/2023	119	0	70.7	0.85	3.8	3.23	1.10	3.55	0.0	3.55	3.74	44.12	40.57	12.70		
5/17/2023	120	1.3	71.9	0.85	3.9	3.32	1.10	3.64	0.0	3.64	3.83	44.12	40.48	20.93	33.64	

## ANEXO 06: FICHA TÉCNICA DEL CULTIVO

FICHA TÉCNICA  
SEMILLAS



### ARVEJA QUANTUM HORTUS

#### DESCRIPCIÓN VARIETAL

Origen:	Nueva Zelanda
Madurez:	Media Estación
Color:	Verde
Primera Flor:	75 días
Cosecha:	100 días
1er Nudo Fértil:	13 – 15
Altura de planta:	media – 60cm
Largo de vaina:	80 – 90mm
Forma de vaina:	Recta y roma
Granos por vaina:	7 – 9
Vainas por Nudo:	Dobles, triples y cuádruples
Vainas por planta:	8 – 10
Tamaño de grano:	Medio

#### Uso

Cultivar de alto rendimiento, de media estación, con resistencia a *Fusarium* raza 1 y al mildiú pulverulento.

La Arveja Quantum Hortus, es una variedad de vaina corta, de muy alta productividad, que se adapta muy bien a las condiciones de clima y suelo de las principales zonas de cultivo de arveja en la Sierra Peruana.

Calle Sucre 290  
Ab. / Lima / Perú  
Tel 317 - 9040 / 9179041  
E-mail: ventas@hortus.com.pe / [www.hortus.com.pe](http://www.hortus.com.pe)



## ANEXO 07: PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 29:** Preparación del suelo



**Figura 30:** Surcado y marcado





**Figura 31:** Instalación de sistema de riego por goteo



**Figura 32:** Evaluación del coeficiente de uniformidad





**Figura 33:** Siembra



**Figura 34:** Germinación de cultivo





**Figura 35:** Aplicación de fertirriego





**Figura 36:** tutorado





**Figura 37:** Colocación de rafias y pancartas



**Figura 38:** Evaluación de altura de planta





**Figura 39:** Prevención de plagas y enfermedades aplicación de fungicida





**Figura 40:** Floración de cultivo



**Figura 41:** Cosecha





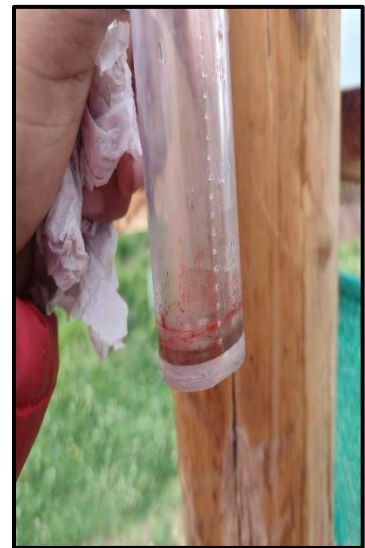
**Figura 42:** Evaluación de Número vainas



**Figura 43:** Evaluación de peso de vainas



**Figura 44:** Evaluación con los instrumentos meteorológicos



**Figura 45:** Evaluación del tanque clase A

