

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN QUIMICA,
MEDIANTE RIEGO POR GOTEIO EN EL RENDIMIENTO DEL
CULTIVO DE AJO (*Allium sativum* L. Var. Napurí) EN K'AYRA - SAN
JERONIMO - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. RUSSBEL POCCOHUANCA QUISPE

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

ASESOR

Dr. CARLOS JESÚS BACA GARCÍA

CUSCO – PERÚ

2026



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 GARCIA
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: EFFECTO DE TRES NIVELES DE
FERTILIZACIÓN QUÍMICA, MEDIANTE RIEGO POR GOTEO EN
EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AJO (Allium sativum L. Var
Napuri) EN K'AYRA - SAN JERONIMO - CUSCO

Presentado por: RUSSEL POCCOHUANCA QUISPE DNI N° 72654190;
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 2 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, 16 de AGOSTO de 20..26..

Firma

Post firma CARLOS JESÚS BACA GARCIA

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: 27259:614826529

russbel Poccohuanca Quispe

EFFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA MEDIANTE RIEGO LOCALIZADO POR GOTEIO EN EL RENDIMI...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:614826529

Fecha de entrega

16 ago 2026, 10:32 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

16 ago 2026, 10:38 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

EFFECTO DE TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA MEDIANTE RIEGO LOCALIZADO POR GOTEIO....pdf

Tamaño del archivo

9.7 MB

163 páginas

32.944 palabras

149.597 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 20 palabras)

Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 4%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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 Dios, por permitirme llegar a este momento de mi vida, con su permanente guía y protección infinita.

A mis queridos padres; Ignacio Poccohuanca Champi y Luz Marina Quispe Vilcahuaman, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de mi formación profesional.

Con mucho cariño a Erica Ovalle Cervantes, por acompañarme y motivarme a seguir adelante a conseguir mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad San Antonio Abad del Cusco, por impartir formación académica de calidad necesaria para el crecimiento profesional.

A la Facultad de Agronomía y Zootecnia, en particular a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía quienes comparten sus conocimientos y fomentan valores.

A mi asesor el Dr. Carlos Jesús Baca García, por su orientación, apoyo y guía al momento de la elaboración del presente trabajo de tesis.

A mis compañeros Yerwin Salinas, Thalía Luchita Mosqueira Onofrio, Jeibel Cecibel Cárdenas Ccollana, Luis Ángel Quillahuaman Gonzales y Víctor Sigfredo Quispe, por compartir sus amplios conocimientos en el área.

Al Grupo de Estudios en Ingeniería del Riego & Hidrología (GEIR), por su contribución durante la ejecución de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación del problema	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	3
2.1. Objetivos.....	3
2.1.1. Objetivo general.....	3
2.1.2. Objetivos específicos	3
2.2. Justificación	4
III. HIPÓTESIS	5
3.1. Hipótesis general	5
3.2. Hipótesis específicas.....	5
IV. MARCO TEÓRICO	6
4.1. Antecedentes.....	6
4.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
4.1.2. Antecedentes nacionales	7
4.1.3. Antecedentes locales	8

4.2.	Bases teóricas	9
4.2.1.	Origen	9
4.2.2.	Clasificación taxonómica.....	9
4.2.3.	Importancia del cultivo	10
4.2.4.	Morfología de la planta.....	10
4.2.5.	Fenología del ajo.....	12
4.2.6.	Variedades de ajo en el Perú.....	14
4.2.7.	Propiedades nutritivas.....	15
4.2.8.	Requerimientos edafoclimáticos.....	16
4.2.9.	Fertilización	18
4.3.	Manejo del cultivo	18
4.3.1.	Preparación del terreno	18
4.3.2.	Elección de la semilla	18
4.3.3.	Siembra	19
4.3.4.	Deshierbe	19
4.3.5.	Riego del cultivo.....	20
4.3.6.	Cosecha	20
4.4.	Macronutrientes primarios.....	20
4.4.1.	Nitrógeno	21
4.4.2.	Fósforo	21

4.4.3.	Potasio.....	21
4.5.	Riego.....	22
4.5.1.	Concepto de riego	22
4.5.2.	Aspectos claves de un estudio de riego.....	22
4.5.3.	Riego localizado.....	23
4.5.4.	Sistemas de riego localizado.....	23
4.5.5.	Riego por goteo.....	23
4.5.6.	Ventajas y desventajas del riego por goteo.....	24
4.5.7.	Componentes de un sistema de riego.....	25
4.6.	Fertiirrigación	30
4.6.1.	Conceptos de fertiirrigación.....	30
4.6.2.	Ventajas y desventajas de la fertiirrigación	30
4.6.3.	Equipos de fertiirrigación	32
4.6.4.	Fertilizantes para fertirriego.....	33
4.7.	Diseño agronómico.....	35
4.7.1.	Evapotranspiración del cultivo (ETc)	35
4.7.2.	Evapotranspiración de referencia (ETo)	35
4.7.3.	Coeficiente del cultivo (Kc).....	36
4.7.4.	Coeficiente de uniformidad (CU)	36
4.7.5.	Dosis de riego	37

4.7.6.	Consumo diario.....	37
4.7.7.	Lamina neta (Ln).....	38
4.7.8.	Lamina bruta (Lb).....	38
4.7.9.	Capacidad de Campo (CC)	39
4.7.10.	Frecuencia de riego (Fr).....	39
4.7.11.	Tiempo de riego (Tr).....	40
4.7.12.	Eficiencia de riego	40
V.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
5.1.	Tipo de investigación.....	42
5.2.	Nivel de la investigación	42
5.3.	Ubicación espacial de la investigación.....	42
5.3.1.	Ubicación temporal.....	44
5.4.	Materiales	44
5.4.1.	Material biológico.....	44
5.4.2.	Insumos	44
5.4.3.	Materiales de campo	45
5.4.4.	Equipos	46
5.5.	Metodología.....	46
5.5.1.	Diseño experimental	46
5.5.2.	Factor en estudio	47
5.5.3.	Procesamiento y análisis estadístico de datos.....	48

5.6.	Características del campo experimental	48
5.6.1.	Bloques	48
5.6.2.	Número y distanciamiento de plantas	48
5.6.3.	Croquis del campo experimental	49
5.6.4.	Croquis por unidad experimental.....	50
5.6.5.	Cálculo para fertirrigar.....	51
5.6.6.	Procedimientos complementarios	67
5.7.	Conducción del campo experimental	76
5.7.1.	Análisis de suelo	76
5.7.2.	Análisis de agua	77
5.7.3.	Preparación del terreno	77
5.7.4.	Replanteo	77
5.7.5.	Trazado de surcos	78
5.7.6.	Selección de bulbos como semillas.....	78
5.7.7.	Tratamiento de las semillas.....	78
5.7.8.	Siembra	78
5.7.9.	Control de plagas y enfermedades	78
5.7.10.	Desmalezado y aporques.....	79
5.7.11.	Riego	79
5.7.12.	El fertirriego.....	79

5.7.13. Cosecha	79
5.8. Parámetros de evaluación	80
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
6.1. Características agronómicas	82
6.1.1. Altura de planta.....	82
6.1.2. Número de hojas	88
6.1.3. Diámetro del bulbo	93
6.1.4. Tamaño del bulbo	96
6.1.5. Diámetro del cuello del pseudotallo	99
6.2. Rendimiento del cultivo de ajo.....	101
6.2.1. Peso fresco del bulbo	101
6.2.2. Peso fresco de los dientes	105
6.2.3. Número de dientes	108
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
7.1. Conclusiones.....	111
7.2. Recomendaciones	113
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	114
ANEXOS	120

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición nutricional de 100 g de una porción fresca comestible de ajo.....	15
Tabla 2	Eficiencia de riego	41
Tabla 3	Nuevos niveles de nutrientes para la fertilización del ajo.....	54
Tabla 4	Dosificación de nutrientes por fecha para el nivel 220-100-200 de NPK (INIA)	63
Tabla 5	Dosificación de nutrientes por fecha para el nivel 200-120-250 de NPK (LAOS)	64
Tabla 6	Dosificación de nutrientes por fecha para el nivel 240-162-250 de NPK (TORRES) ..	65
Tabla 7	Fases del desarrollo del cultivo de ajo	70
Tabla 8	Análisis de suelo	76
Tabla 9	Análisis de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente	77
Tabla 10	Primera evaluación de la altura de planta (cm).....	82
Tabla 11	ANVA para la primera evaluación de la altura de planta (cm).....	82
Tabla 12	Prueba de Tukey para la primera evaluación de altura de planta (cm).....	83
Tabla 13	Segunda evaluación de la altura de planta (cm).....	85
Tabla 14	ANVA para la segunda evaluación de la altura de planta (cm).....	85
Tabla 15	Prueba de Tukey para la segunda evaluación de altura de planta (cm)	86
Tabla 16	Primera evaluación del número de hojas	88
Tabla 17	ANVA para la primera evaluación del número de hojas	88
Tabla 18	Prueba de Tukey para la primera evaluación del número de hojas.....	89
Tabla 19	Segunda evaluación del número de hojas	90
Tabla 20	ANVA para la segunda evaluación del número de hojas	91
Tabla 21	Prueba de Tukey para la segunda evaluación del número de hojas.....	91
Tabla 22	Diámetro del bulbo (cm).....	93
Tabla 23	ANVA para el diámetro del bulbo (cm)	93

Tabla 24	Prueba de Tukey para el diámetro del bulbo (cm)	94
Tabla 25	Tamaño del bulbo (cm)	96
Tabla 26	ANVA para el tamaño de bulbo (cm)	97
Tabla 27	Prueba de Tukey para el tamaño del bulbo (cm)	97
Tabla 28	Diámetro de cuello del pseudotallo (cm)	99
Tabla 29	ANVA para el diámetro de cuello del pseudotallo (cm)	99
Tabla 30	Prueba de Tukey de diámetro del cuello del pseudotallo (cm)	100
Tabla 31	Peso fresco del bulbo (t/ha)	101
Tabla 32	ANVA para el peso fresco del bulbo (t/ha)	102
Tabla 33	Prueba de Tukey para el peso fresco del bulbo (t/ha)	102
Tabla 34	Peso fresco de los dientes (g/diente)	105
Tabla 35	ANVA para peso fresco de los dientes (g/diente)	105
Tabla 36	Prueba de Tukey del peso fresco de los dientes (g/diente)	106
Tabla 37	Número de dientes	108
Tabla 38	ANVA para el número de dientes	108
Tabla 39	Prueba de Tukey para el número de dientes	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Morfología de la planta de ajo.....	12
Figura 2	Fases fenológicas del ajo.....	13
Figura 3	Cabezal de riego por goteo.....	25
Figura 4	Filtros de malla.....	26
Figura 5	Filtros de anillos.....	27
Figura 6	Diferentes clases de goteros.....	28
Figura 7	Manómetro tipo Bourdon.....	29
Figura 8	Esquema de funcionamiento inyector Venturi.....	32
Figura 9	Dosificación por días con nivel 220-100-200 de NPK (INIA).....	66
Figura 10	Dosificación por días con nivel 200-120-250 de NPK (LAOS).....	66
Figura 11	Dosificación por días con nivel 240-162-250 de NPK (TORRES).....	67
Figura 12	Determinación del Coeficiente del Tanque Clase A.....	69
Figura 13	Curva del Kc del cultivo de ajo.....	71
Figura 14	Media de altura de planta (cm).....	84
Figura 15	Media final de altura de planta (cm).....	86
Figura 16	Media del número de hojas.....	89
Figura 17	Media final del número de hojas.....	92
Figura 18	Diámetro del bulbo (cm).....	95
Figura 19	Tamaño del bulbo (cm).....	98
Figura 20	Diámetro del cuello del pseudotallo (cm).....	100
Figura 21	Peso fresco del bulbo (t/ha).....	103
Figura 22	Peso fresco de los dientes (g/diente).....	106
Figura 23	Número de dientes por bulbo.....	109

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego por goteo en el rendimiento del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var. Napurí) en K’ayra – San Jerónimo – Cusco, el que se realizó los meses de noviembre de 2022 hasta abril de 2023 en un área neta de 159.6 m². Se utilizó el Diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Respecto al plan de dosificación de nutrientes se efectuó mediante tres diferentes propuestas a las que se denominó: tratamiento T1 con una dosis de (220-100-200) de NPK, tratamiento T2 con (200–120-250), tratamiento T3 con (240-162-250) y el tratamiento T4 (testigo) al que no se aplicó ninguna formulación de fertilizantes. En cuanto a los resultados obtenidos en las características agronómicas el tratamiento T3 logró los mejores promedios en las siguientes variables: altura de plantas, 71.48 cm; número de hojas, 10.92 hojas; diámetro del bulbo, 5.90 cm y diámetro del cuello del pseudotallo, 1.05 cm, a diferencia de los anteriores resultados el tratamiento T2 alcanzó el valor más alto en el carácter tamaño de bulbo con 4.60 cm. Referente al rendimiento el tratamiento T3 consiguió los mejores resultados en los siguientes parámetros: peso fresco del bulbo, 17.25 t/ha; peso fresco de los dientes, 38.88 g/diente y número de dientes con 18.55 dientes por bulbo. Además, indicar que la aplicación de los fertilizantes vía riego por goteo se ejecutó en el momento preciso de acuerdo al estado fenológico del cultivo.

Palabras clave: Rendimiento, Ajo, Fertilizantes, Riego por goteo.

INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) es una hortaliza que tiene una gran cantidad de propiedades, como la de ser un estimulante y expectorante. A lo largo de la historia este alimento ha sido utilizado tradicionalmente como un antiséptico. El consumo del ajo a menudo es para tratar enfermedades respiratorias como el asma, la tos, tuberculosis y la bronquitis (**Ministerio de Agricultura y Riego**) [MINAGRI], 2010).

El Perú llega a ser uno de los 20 principales países productores de ajos a nivel mundial, llegando a considerarse un insumo importante dentro la gastronomía peruana, integrándose como parte de las tradiciones culinarias y medicinales (**Ministerio de Agricultura y Riego**) [MINAGRI], 2020).

En relación al requerimiento nutricional del cultivo es una actividad importante la cual determinara el aumento o disminución del rendimiento, ya que es una planta sensible al desequilibrio de nutrientes.

Asimismo, la aplicación de fertilizantes mediante el riego localizado es una alternativa favorable al ambiente y eficiente en cuanto al aprovechamiento responsable y equilibrado del agua y nutrientes.

La implementación de la tecnificación del cultivo está basada a su alta rentabilidad, donde la técnica más usada es el riego por goteo y la fertirrigación que han logrado incrementos en la producción y la calidad del producto. Esta tecnología permite aplicar la dosis exacta de los nutrientes requeridos durante el ciclo del cultivo. Además, ayuda a reducir los costos de producción y disminuye el uso excesivo de insumos químicos.

Es por esto que es necesario que los productores de nuestra zona conozcan este método el cual les permitirá tener un mayor rendimiento del cultivo. Por este motivo, es esencial realizar estudios que permitan que el agricultor conozca esta técnica, por consiguiente, se plantea la

presente investigación con el objetivo principal de “Evaluar el efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en la producción del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K’ayra - San Jerónimo – Cusco”.

El autor

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema

El ajo es una fuente fundamental en la alimentación del poblador, ya que tiene una gran demanda en el mercado. Sin embargo, se observa que existe una limitada producción debido al uso inadecuado de fertilizantes y agua. La forma tradicional de la fertilización provoca pérdidas de nutrientes por volatilización, lixiviación y fijación el suelo, lo cual afecta de manera negativa en el rendimiento del cultivo generando pérdidas económicas al productor.

El cultivo requiere una cantidad específica de nutrientes, lo cual hace necesario determinar los niveles adecuados de fertilizantes aplicados durante el desarrollo del cultivo, con el objetivo de obtener rendimientos superiores al promedio de 12 t/ha. La fertiirrigación en la actualidad es una alternativa tecnológica que ayuda a aplicar los nutrientes y el agua de forma simultánea y controlada, la cual muchos agricultores locales desconocen.

En consecuencia, existe deficiencias en la aplicación de fertilizantes y el agua en el cultivo, la que influye en los bajos rendimientos, rentabilidad y sostenibilidad. Por lo tanto, surge la necesidad de realizar la presente investigación para determinar el nivel de fertilización más adecuado en la producción del ajo aplicados mediante el riego localizado por goteo, con el fin de generar información que pueda ser útil y aplicable para agricultor.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cuál es el efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en la producción del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en las características agronómicas como: altura de planta, número de hojas por planta, diámetro del bulbo, tamaño del bulbo y el diámetro del cuello del pseudotallo en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo - Cusco?
- ¿Cuál es el efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en el rendimiento: peso fresco del bulbo, peso fresco de los dientes y el número de dientes del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo - Cusco?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en la producción del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo – Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en las características agronómicas como: altura de planta, número de hojas por planta, diámetro del bulbo, tamaño del bulbo y el diámetro del cuello del pseudotallo en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo – Cusco.
- Determinar el efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en el rendimiento: peso fresco del bulbo, peso fresco de los dientes y el número de dientes del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo – Cusco.

2.2. Justificación

El cultivo de ajo es una hortaliza muy importante por sus diversas propiedades culinarias y medicinales donde también es muy rentable para el agricultor por la demanda que esta tiene en el mercado local y nacional, es por ello que es necesario conocer y determinar el nivel adecuado de fertilización para obtener mejores rendimientos con características idóneas del producto, de esta manera lograr que el cultivo sea más rentable para productores locales.

La aplicación de fertilizantes mediante el riego por goteo es una técnica que facilita la distribución de correcta de la mezcla nutrientes y el agua administrando de manera directa a las raíces de la planta. De ahí que, la determinación adecuada de una dosificación exacta y ajustada de fertilizantes reducirá la erosión del suelo, evitará la contaminación de aguas subterráneas por lixiviación excesiva de fertilizantes, contribuyendo a un menor impacto ambiental.

La presente investigación busca identificar el nivel óptimo de fertilización que incrementen el rendimiento y la calidad del ajo, por ello es de suma importancia realizar la comparación de la dosificación de nutrientes y saber cuál es la más adecuada aplicada por medio del riego localizado por goteo.

Finalmente, con los resultados obtenidos se podrá favorecer al agricultor contando información científica necesaria en el uso de fertilizantes y agua de forma equilibrada y adecuada, de esta manera permitirá establecer recomendaciones técnicas que se puedan adaptar a las condiciones locales. Además, servirá de base para otros trabajos de investigación de ciencias agrarias.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

- El efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en la producción del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo – Cusco, será diferente frente a la fertilización convencional.

3.2. Hipótesis específicas

- La evaluación del efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo en las características agronómicas como: altura de planta, número de hojas por planta, diámetro del bulbo, tamaño del bulbo y el diámetro del cuello del pseudotallo en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo – Cusco, tendrán diferencias significativas.
- Al determinar el rendimiento: peso fresco del bulbo, peso fresco de los dientes y el número de dientes, del efecto de tres niveles de fertilización química mediante riego localizado por goteo del cultivo de ajo (*Allium sativum* L. Var Napurí) en K'ayra - San Jerónimo – Cusco, serán diferentes.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

4.1.1. Antecedentes internacionales

Huez et al. (2010), en la investigación titulada *Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la Costa de Hermosillo*, realizado en el Campo Experimental de la Universidad de Sonora, México, con el objetivo de evaluar el rendimiento y calidad de ajo cv. Tocumbo con cinco diferentes dosis de nitrógeno (30, 120, 180, 140 y 300 kg N/ha), en esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar repetido 3 veces e irrigado bajo riego por goteo, donde cada variable fue sometido a un análisis de varianza (ANOVA). El mayor rendimiento se obtuvo con una dosis de 180 kg N/ha, alcanzando 22 t/ha, en comparación de las dosis de 30 y 300 kg N/ha que alcanzaron solo 15.8 y 21.8 t/ha respectivamente.

Lipinski & Gaviola (2006), en su estudio *Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados con nitrógeno*, la investigación se realizó en la Región de Cuyo, Mendoza, Argentina, con el objetivo de diferenciar los cultivares monoclonales de ajo colorado por sus característica productivas, de calidad y respuesta a la fertirrigación nitrogenada, empleando el diseño experimental de franjas con parcelas fragmentadas en bloques completamente al azar de tres ocasiones con las dosis de nitrógeno (75,150, 225 y 300 kg de N/ha). Donde se obtuvo rendimientos globales que van desde 15.48 t/ha hasta 11.77 t/ha, pero se determinó que los suelos que contienen medios de nitrógeno total (800 mg.kg), la dosis que incrementa los rendimientos es de 150 kg N/ha, donde el clon de ajo Rubí INTA obtuvo un 45% en 17.7 t/ha siendo significativamente superior al resto.

4.1.2. Antecedentes nacionales

Esquivel (2015), desarrollo el estudio *Efecto de tres dosis de fertilización NPK en el rendimiento y calidad de ajo*, Santiago de Chuco, La Libertad, a fin de evaluar el efecto en el rendimiento y calidad del ajo (*Allium sativum* L.) de la variedad: Serrano. En la metodología se usó el diseño estadístico de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, para los análisis estadísticos se empleó la prueba F de análisis de la varianza y las medias con prueba Tukey al 5%. A nivel de resultados se indica que las dosis de fertilización NPK de 120-80-50 y 140-100-70 unidades por hectárea producen el mayor rendimiento y calidad de ajos con promedios (t/ha) 7.97 y 7.85, existiendo una diferencia estadística de las demás dosis, donde la altura y el número de hojas de esta variedad no son afectadas por los tratamientos en estudio.

Laos et al. (2013), el trabajo de investigación denominada *Niveles de fertilización, mezclas de fertilizantes y métodos de aplicación en el cultivo de ajos (Allium sativum L.)*, Cv. Barranquino, realizado en el Distrito de Puerto Supe, Provincia de Barranca, Departamento de Lima, con el objetivo de determinar el método de aplicación, los niveles y las fuentes de fertilización del cultivo de ajo. Para esta investigación se empleó el diseño experimental de Barranca con parcelas subdivididas con 3 repeticiones y 18 tratamientos por bloque. El análisis de varianza utilizado fue el de (ANVA) y la prueba estadística de DLS de los efectos simples de las interacciones. En los resultados se menciona que el nivel 200-120-250 NPK fue la mejor producción a comparación de los demás tratamientos, alcanzando un rendimiento de 11.787 t/ha.

4.1.3. Antecedentes locales

Tunqui (2019), detalla en su trabajo de investigación titulada *Efecto de soluciones nutritivas en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) en el centro agronómico K'ayra – Cusco*, con el fin de determinar el rendimiento, utilizando el análisis estadístico de Diseño de Bloques Completamente al azar (DBCA), arreglo factorial 4Ax2B, 8 tratamientos, 4 repeticiones con un total de 32 unidades experimentales. Donde alcanzó los siguientes resultados: la medicación 5 ml A/1 lt agua * 2 ml B/1 lt agua obtuvo 60 t/ha en la variable de peso fresco del bulbo, la dosis 7 ml Sol. A/litro de agua logró 9 dientes por bulbo de ajo, en el peso fresco de los dientes se consiguió valores desde 33.56 hasta 27.75 g/diente en todos los tratamientos incluyendo al testigo, para finalizar en la variable del peso fresco de las hojas se logró obtener 17.70 (t/ha) en el tratamiento 7 ml A/1 lt agua * 2 ml B/1 lt agua el que resulto siendo el mejor a los demás tratamientos.

Carbajal (2018), en su trabajo de estudio denominada *Efecto de dosis de soluciones en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico – K'ayra – Cusco*, con el objetivo de determinar el rendimiento y el comportamiento agronómico aplicando dosis de soluciones con macro y micronutrientes, empleando el Diseño Completamente al Azar (DBCA), con diseño factorial 4Ax2B de 8 tratamientos, 4 repeticiones con un total 32 unidades experimentales. Como resultado se obtuvo que el tratamiento 7 ml A/1 lt agua * 2 ml B/1 lt agua alcanzó 102.66 t/ha de peso fresco del bulbo, 11 dientes en promedio por bulbo y 34.66 t/ha de peso fresco de las hojas siendo superiores a los otros tratamientos. Además, el tratamiento 5 ml de A*0 ml B/lt de agua fue el mejor con 32.00 g/diente en la variable peso fresco de los dientes, respecto al diámetro del bulbo los tratamientos 5, 7 y 9 ml A/1 lt agua * 2 ml B/1 lt agua alcanzaron 6.13, 5.95 y 5.70 cm fueron los sobresalientes.

Blanco (1998), en la investigación denominada *Niveles de fertilización orgánica e inorgánica en ajo (*Allium sativum* L.) variedad Napurí*, el trabajo se realizó en el Centro Agronómico K'ayra de la Universidad San Antonio Abad del Cusco, con el objetivo de determinar el efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos a diferentes niveles a fin de evaluar el rendimiento y los costos de producción del cultivo. En relación al diseño experimental se utilizó el de Bloques Completos al Azar (BCA) con 15 tratamientos, 4 repeticiones y un testigo, el análisis de varianza resultó ser altamente significativos, para los diferentes parámetros evaluados en la aplicación de humus de lombriz y estiércol de vacuno. En cuanto a los resultados tiene que el mejor tratamiento lo obtuvo el de humus de lombriz más inorgánico al nivel alto con 170-160-120 logrando un rendimiento de bulbo de 12.50 t/ha, acerca del análisis de costo se tiene buena rentabilidad al nivel alto de fertilización.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Origen

Pinzón (2009), indica que el cultivo del ajo (*Allium sativum* L.) apareció como una especie silvestre para posteriormente ser domesticada en Asia Central donde también se encuentra la cuna de la cebolla. Su cultivo se inicia en zonas de Paquistán, Afganistán y Norte de Irán, se extendió a al mediterráneo para más adelante ser introducido por los españoles a América.

4.2.2. Clasificación taxonómica

Cronquist (1993) citado por **Tunqui (2019)**, el ajo se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera:

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Lilidae

Orden: Liliales

Familia: Liliaceae

Género: Allium

Especie: *Allium sativum* L.

4.2.3. Importancia del cultivo

Nicho & Cóndor (2012), como se mencionó anteriormente el cultivo de ajo tiene su origen asiático, siendo constante en la alimentación de la localidad donde se le aprovecha los bulbos. En nuestro país existen una variedad considerable de cultivares y ecotipos de acuerdo a la zona, donde se puede diferenciar en cuanto al color y tamaño de los bulbillos, rendimiento y sanidad, grado de picor. Pero en lo más importante que radica este cultivo es en uso como condimento y por las propiedades medicinales que esta posee.

4.2.4. Morfología de la planta

Nicho & Cóndor (2012), el cultivo es una especie bianual, llegando a crecer hasta una altura de 30 a 60 cm, de hojas alargadas y sentadas, es una planta herbácea, varios son carnosos, superpuestas, planas o cilíndricas.

- **La raíz**

Kehr (2002), las raíces son numerosas, finas y superficiales con pocas ramificaciones secundarias y sin pelos radiculares, las que son formadas a partir del tallo del bulbillito o diente semilla (p. 11).

- **Tallo**

Reveles et al. (2009), el tallo real tiene un diámetro de alrededor de 30 milímetros y una altura de 5 milímetros, presentando una apariencia similar a un plato a partir del cual crecen las hojas y las raíces.

- **Hojas**

Romero (2018), refiere que la forma y divergencia de las hojas son semejantes a las de la cebolla. A diferencia de la cebolla son sólidas y está constituida de dos partes. Vaina foliar, que viene a ser la parte inferior de la hoja, el filodio o limbo foliar el que es sólido acanalado, ceroso, de color verde.

- **Escapo floral**

Nicho & Cóndor (2012), una estructura que generalmente se conoce como tallo se extiende desde el disco y proporciona soporte para las flores que se encuentran en el vértice de la estructura. Esto se producirá como resultado de la diferenciación de la yema terminal del tallo, que normalmente es suculenta y se expande en la región inferior del tallo. Es posible que las raíces sean suculentas o no, sin embargo, son abundantes y agrupadas.

- **Flores**

Japon (1984), las flores se presentan formando una inflorescencia en umbela, de color blanco verdoso (p. 3).

- **Fruto**

Nicho & Cóndor (2012), comprende una cápsula globular con tres lóculos, en la que la dehiscencia transpira a través de los nervios medianos, lo que conduce a la desintegración completa de la estructura. Generalmente dos semillas están alojadas en el interior de los lóculos y su forma es angulosa y de una coloración oscura con una cara plana y la convexa.

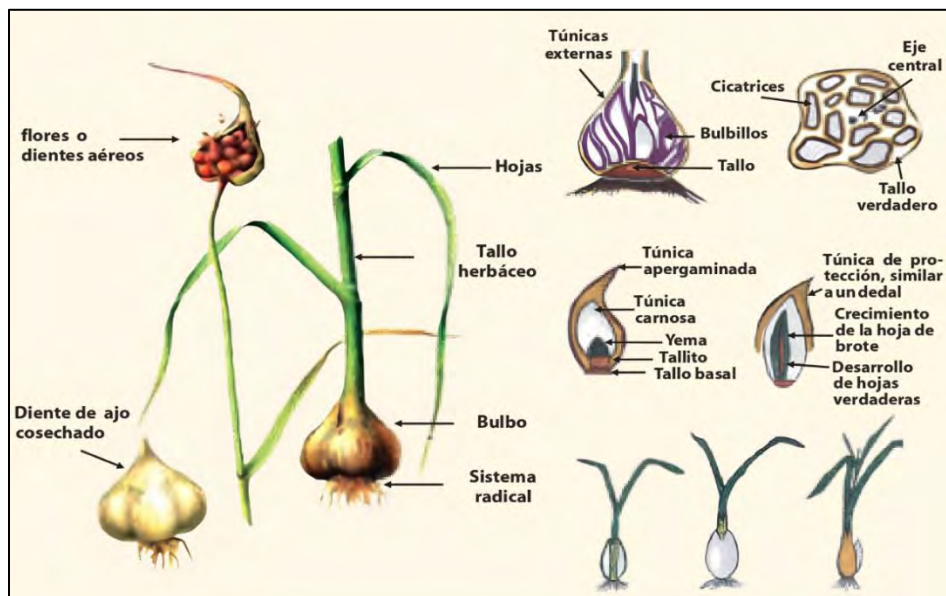
- **Semilla**

Burba (2003) citado por **Tunqui (2019)**, menciona que este cultivo carece en cuanto a la práctica de la semilla verdadera, por ende, se llega a utilizar los dientes de los bulbos como órgano de propagación.

Reveles et. al (2009), manifiestan que la semilla de ajo se puede conservar si se mantiene a una temperatura de 14 a 16°C y una humedad relativa menor al 70%, con luz difusa. Bajo estas condiciones, los bulbillos se pueden almacenar de 3 a 6 meses dependiendo de la variedad.

Figura 1

Morfología de la planta de ajo



Fuente. Nicho & Córdor (2012).

4.2.5. Fenología del ajo

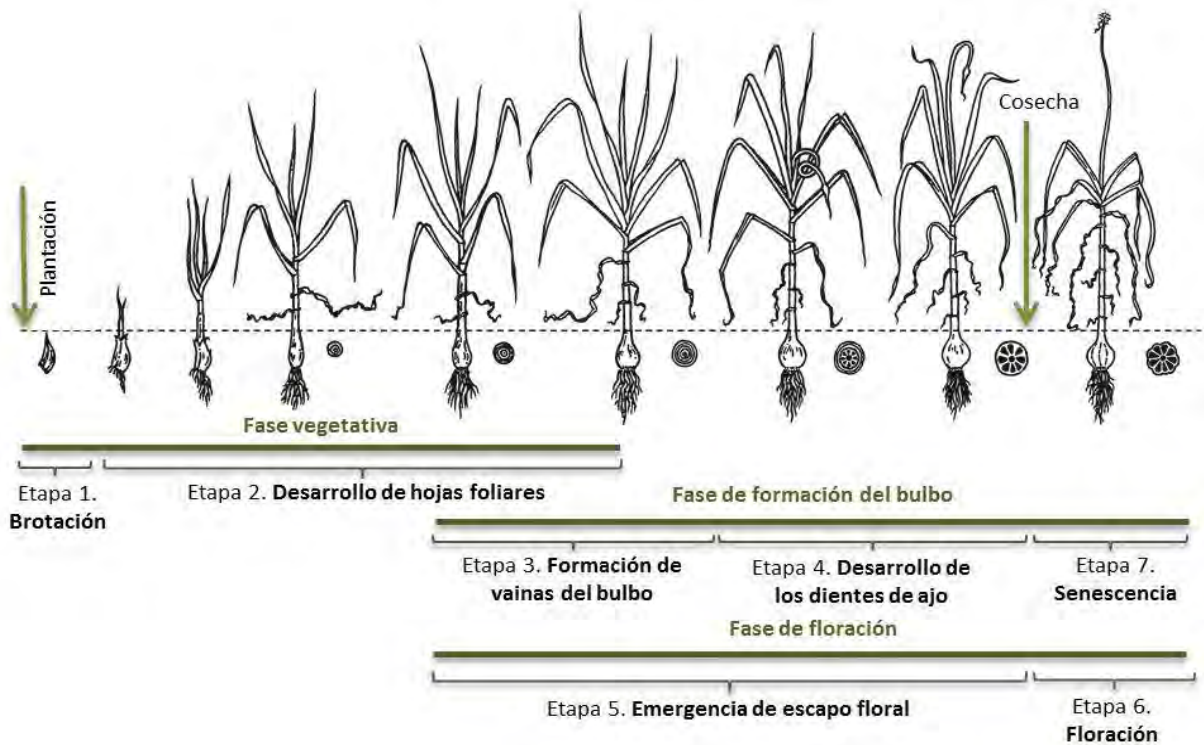
López-Bellido et al. (2016) citado por Gálvez (2017), indica las fases fenológicas del cultivo y las clasifica en siete etapas:

- **Brotación:** Fase inicial, su duración está determinada a los factores ambientales y genéticos; en esta fase el diente rompe su dormancia y comienza a brotar.
- **Emisión y desarrollo de hojas verdaderas (yema apical):** Considerada como la fase más extensa del cultivo, donde se desarrolla en número total de las hojas.
- **Diferenciación y desarrollo de las yemas laterales:** Primera fase de la bulbificación, constituye el desarrollo de las vainas foliares que conforman el bulbo.

- **Desarrollo del bulbo:** Segunda fase de la bulbificación, se produce la formación de los dientes.
- **Emergencia de la inflorescencia:** Etapa que únicamente se presenta en cultivares que producen escapo floral.
- **Floración:** Por lo general las flores son estériles sin producción de semillas.
- **Senescencia de la planta y entrada a dormancia:** La planta empieza a sercarse y los dientes entran en estado de dormancia llegando a completar su ciclo.

Figura 2

Fases fenológicas del ajo



Fuente. Gálvez (2017).

4.2.6. Variedades de ajo en el Perú

MINAGRI (2020), en el Perú entre las variedades que se cultivan, se puede indicar los siguientes: Massone (cáscara blanca) en Lima (Cañete y Barranca) y Arequipa (Majes), Napurí (color violáceo) y Morado (Arequipa, Cajamarca, Ancash y Huánuco).

- **Ajo Massone**

La forma del bulbo de esta variedad es desuniforme, en cuanto al periodo vegetativo de esta variedad es el más largo a diferencia de las otras variedades es de 7 meses y su rendimiento por hectárea es de 16 toneladas por hectárea siendo superior a las demás variedades.

- **Ajo Criollo o Napurí**

El ajo criollo posee un bulbo significativo de color marfil que incluye de 11, 15 y 22 dientes por bulbo. Es la segunda variedad más deseada en el mercado nacional debido a su calidad industrial superior y abundante rendimiento. Tiene una fragancia fuerte y un sabor fuerte y estimulante. La temporada de crecimiento dura seis meses, con rendimientos que alcanzan de 10 a 12 toneladas por hectárea.

- **Ajo Morado**

Esta variedad particular de ajo se encuentra entre el tamaño mediano y el gigante, siendo este el más demandado por el mercado nacional. Además de estar envueltos en una cubierta blanca que se compone de bulbos de ajo, el número de dientes oscila entre diez y quince, lo que resalta el tinte púrpura de la especie. Durante un período de siete meses, se encuentra en estado vegetativo. La cantidad de rendimiento que se obtiene oscila entre 7 y 10 toneladas por hectárea. Asimismo, en comparación con el ajo criollo, tiene una coloración menos intensa.

- **Ajo Barranquino**

Variedad que se caracteriza por presentar un bulbo de forma irregular, que tiene un ciclo vegetativo que dura entre 5,5 y 6 meses y tiene el potencial de rendir entre 8 y 10 toneladas por hectárea.

- **Ajo Chino**

El ajo chino es de menor calidad en relación con el ajo morado; es menos picante y se deteriora más significativamente durante el almacenamiento. Es significativo que su productividad pueda alcanzar las 16 toneladas por hectárea.

4.2.7. Propiedades nutritivas

Zamora (2016), refiere que el ajo es un cultivo beneficioso para la salud, que podría prevenir enfermedades del corazón, refriado común y pudiera disminuir el riesgo de algunos tipos de cánceres. Se detalla que el ajo es rico en calcio, potasio y fósforo. En la siguiente tabla se muestra la composición nutricional de esta hortaliza.

Tabla 1

Composición nutricional de 100 g de una porción fresca comestible de ajo

Nutriente	Valor	Unidad
Agua	59	%
Energía	149	kcal
Fibra	1.5	g
Proteína	6.4	g
Grasa	0.5	g
Carbohidratos	33.1	g
P	153	mg
Ca	181	mg
K	401	mg

Na	17	mg
Fe	1.7	mg
Riboflavina	0.11	mg
Vitamina A	0	UI
Niacina	0.70	mg
Tiamina	0.20	mg
Ácido fosfórico	31.12	mg
Vitamina B6	--	mg

Fuente. (Zamora 2016); (Lorenz & Maynard 1988); (Haytowitz & Mattheews 1984).

4.2.8. Requerimientos edafoclimáticos

4.2.8.1. Clima

Monardes (2009) citado por **Torres (2018)**, afirma que el ajo es una planta adaptada a las regiones frías, que carece de requisitos climáticos especiales, pero observa que adquiere un sabor fuerte en estas condiciones. El desarrollo vegetativo del cultivo inicia desde los 0°C. La planta soporta las condiciones de congelación de manera eficiente hasta que produce 2-3 hojas. Cuando el ajo está en pleno desarrollo vegetativo este tolera las altas temperaturas por encima de los 40 °C, siempre que tenga suficiente humedad en el suelo.

4.2.8.2. Temperatura

Amaya et al. (2007) citado por **Torres (2018)**, el ajo es una planta que prospera en climas moderados y fríos, con temperaturas óptimas de 18 a 24 °C durante la primera fase de crecimiento del tallo, de 13 a 15 °C son las condiciones ideales para la fase de bulbificación crecimiento del bulbo; mientras que por encima de 25 °C favorece a la maduración del bulbo. La precipitación durante la temporada de cosecha disminuye la calidad y el proceso de curado del bulbo y también puede provocar daños relacionados con infecciones.

4.2.8.3. Precipitación

Ruíz (1999) citado por **Torres (2018)**, indica que generalmente se cultiva bajo riego, aunque puede florecer en regiones con precipitaciones anuales entre 450 y 1000 mm. Aunque exhibe una resistencia moderada a la sequía, necesita suficiente agua durante la germinación y la formación de bulbos. Una fase de desecación debe ocurrir durante el período de maduración.

4.2.8.4. Humedad relativa

Nicho & Cóndor (2012), desde el punto de vista hídrico, este cultivo no es especialmente exigente, por lo que se cultiva principalmente en condiciones de secano; sin embargo, es altamente vulnerable a la asfixia radicular. Esta planta, por su susceptibilidad a enfermedades, requiere una humedad relativa de 60% a 70% en promedio y días luminosos; las áreas con nubosidad significativa no facilitan una buena calidad de crecimiento del bulbo.

4.2.8.5. Radiación

Nicho & Cóndor (2012), manifiestan que es una especie que bajo condiciones de poca intensidad lumínica desarrolla un follaje excesivo y bulbifica con dificultad.

4.2.8.6. Suelo

MINAGRI (2010), se considera que el cultivo es más exigente que la cebolla, ya que necesita de suelos profundos y fértiles, el cual no deben ser demasiado húmedos (dependiendo del suelo) ni que retengan la humedad, siendo muy susceptibles a la raíz rosada (*Pyrenochaeta terrestris*) y al trips (*Thrips tabaci*). Previo a la siembra el suelo debe prepararse con materia orgánica y estiércol aplicando de 15 a 30 toneladas por hectárea.

4.2.9. Fertilización

Zamora (2016), indica que el cultivo puede responder de forma favorable o desfavorable a la aplicación de los fertilizantes que es una especie muy sensible en cuanto a los excesos y deficiencias de la dosis de nutrientes aplicados. La cantidad ideal de fertilizantes a emplear dependerá de varios factores, incluido el cultivo anterior, los tipos y cantidades de fertilizantes utilizados previamente y la densidad de población del ajo a cultivar.

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2009), la fertilización de este cultivo debe basarse en análisis de suelo, con una dosis de referencia de 250-100-200 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O. Se recomienda distribuir las dos aplicaciones de nitrógeno en tres intervalos: en la siembra y a los 30 y 60 días posteriores.

4.3. Manejo del cultivo

4.3.1. Preparación del terreno

Pinzón (2009), para esta labor se deberá conseguir un terreno suelto, desmenuzado y uniforme, libre de perennes malezas y rastrojos, que garantice una brotación homogénea. Tales condiciones se logran aplicando pases de arado y rastrillo necesarios según las características de suelo. Además, en base al análisis del suelo deberán incorporarse las enmiendas y la materia orgánica.

4.3.2. Elección de la semilla

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA] (2015), para asegurar un buen resultado en la plantación, es fundamental elegir semillas de alta calidad, tomando en cuenta los siguientes criterios: genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios.

- **Genéticos:** Aspecto relacionado a la pureza e identidad de la semilla. Donde se debe garantizar que las semillas a utilizar correspondan a la variedad requerida, para lo cual es necesario recurrir a semilleros y laboratorios confiables.
- **Físicos:** Este aspecto se refiere a que los bulbos seleccionados deben ser bien desarrollados, sanos, firmes y sin muestra de daños.
- **Fisiológicos:** Asociado al estado de dormancia del brote de la semilla.
- **Sanitarios:** Vinculado a que la semilla esté libre de nematodos (*Ditylenchus dipsaci*), patógenos como la podredumbre blanca interior (*Sclerotium cepivorum*) y eriófidos (*Aceria tulipae*).

4.3.3. Siembra

Pinzón (1996), las distancias de siembra son diferentes de acuerdo a la variedad, con las características físico-químicas del suelo, la topografía, el clima y el tipo de explotación. Los lotes comerciales se pueden sembrar en hileras separadas de 20-30 cm, ubicando los bulbillos cada 5-7 cm y 5 cm de profundidad. Se puede utilizar una misma distancia si se siembra en camas de 1.2 m de ancho y 0.15 m de altura. Otros autores recomiendan 40 - 60 cm entre hileras y 5 – 10 cm entre plantas. Para poder sembrar una hectárea es necesario una cantidad aproximada de 500 y 1000 kg esto va depender del tamaño de dientes.

4.3.4. Deshierbe

Terán (1997), menciona que el control de las malezas es necesario ya que estas ejercen una fuerte competencia al cultivo de ajo en cuanto a nutrientes, luz y agua. Por lo tanto, es indispensable tenerlo libre de éstos durante todo el periodo del cultivo. Por lo general se requiere de 3 a 4 deshierbes después de cada riego, estas se pueden reducir si se utiliza una apropiada

utilización de químicos. El efecto negativo provocado por las malezas puede evaluarse analizando los aspectos perjudiciales ejercidos sobre los rendimientos y/o costos operativos.

4.3.5. *Riego del cultivo*

Pinzón (2009), el cultivo de ajo necesita entre 400 y 600 mm por hectárea de agua durante todo su ciclo de vida para un desarrollo óptimo. El modelo de riego empleado dependerá de las condiciones del suelo (textura, topografía, capacidad de retención de agua, drenaje, salinidad, etc.), factores climáticos, etapas de crecimiento, calidad del agua y otras variables.

INIA (2009), especifica que el riego debe ocurrir después de la siembra, durante la fase de crecimiento vegetativo y al inicio de la formación de los bulbos. Al alcanzar la madurez comercial, se debe detener el riego para permitir que las hojas y los catafilos adyacentes del bulbo sequen adecuadamente.

4.3.6. *Cosecha*

Nicho & Córdor (2012), la cosecha se puede realizar a los 5 meses en cultivares precoces y a los 7 meses de la siembra en cultivares tardíos, cuando los bulbos están bien desarrollados.

4.4. Macronutrientes primarios

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2002), son aquellos nutrientes necesarios en grandes proporciones, si el suelo carece uno o más de ellos. La deficiencia del suelo puede ser de forma natural o por el agotamiento debido a la absorción continua de nutrientes por parte de los cultivos a lo largo del tiempo, especialmente cuando se cultivan variedades de alto rendimiento, que requieren un mayor aporte de fertilizantes que las variedades tradicionales.

Entre los macronutrientes primarios se encuentra el nitrógeno, fósforo y el potasio, considerados de esta manera porque las plantas los requieren en grandes cantidades para su desarrollo.

4.4.1. Nitrógeno

FAO (2002), se considera como el desencadenante del desarrollo vegetativo. Produce del 1% al 4% del extracto seco de la planta. Este nutriente se asimila como nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). En la planta, se integra con elementos generados por el metabolismo de la glucosa para sintetizar aminoácidos y proteínas. Como componente principal de las proteínas, es esencial en todas las etapas críticas del crecimiento de las plantas y la producción agrícola. Un aporte adecuado de nitrógeno es necesario para la absorción de otros nutrientes por parte de la planta.

4.4.2. Fósforo

Reveles et al. (2009), es un elemento crucial en la nutrición vegetal, ya que forma parte de la estructura del ADN y ARN, participa en las actividades químico-fisiológicas como la transferencia de energía, el metabolismo proteico y de varias coenzimas. Además, es fundamental en la formación de las raíces.

4.4.3. Potasio

FAO (2002), este componente constituye del 1% al 4% del extracto seco de la planta y cumple múltiples funciones. Activa alrededor de 60 enzimas, que son moléculas que gobiernan los procesos biológicos. Por lo tanto, es esencial para la producción de carbohidratos y proteínas. El potasio mejora la gestión del agua de la planta y refuerza su resistencia a la sequía, las heladas y la salinidad. Las plantas alimentadas adecuadamente con potasio exhiben una susceptibilidad reducida a las enfermedades.

4.5. Riego

4.5.1. Concepto de riego

Baca et al. (2010), consiste en aplicar agua de manera artificial, planificada y eficiente al suelo agrícola, con la finalidad de satisfacer la demanda hídrica de las plantas; así optimizar la producción y generar una mayor rentabilidad a favor del agricultor.

4.5.2. Aspectos claves de un estudio de riego

Vargas (2019), menciona que las preguntas en un estudio de riego son:

¿Por qué regar?

Es la justificación del riego.

- Proporciona el agua complementaria requerida por las plantas, durante su ciclo vegetativo.
- Facilita las operaciones agrícolas en la etapa de preparación del terreno.
- Soluciona los problemas de salinización de los suelos, en la fase de acondicionamiento del área de riego.

¿Cómo regar?

Es el método con el cual se debe aplicar el agua al suelo.

- Varía según el tipo de cultivo, suelo, clima, disponibilidad y calidad de agua, etc.

¿Cuánto regar?

Es la lámina de agua a aplicar al suelo.

- Varía según el tipo de cultivo, la etapa fenológica de la planta y la capacidad de almacenamiento del suelo.

¿Cuándo regar?

Es la frecuencia con que se debe regar.

- Varía según el tipo de cultivo, la etapa fenológica de la planta, la capacidad de almacenamiento del suelo y las condiciones climatológicas locales.

4.5.3. *Riego localizado*

Fernández (2010), afirma que el riego localizado implica la aplicación de agua ya sea en la superficie del suelo o bajo tierra, empleando tuberías presurizadas y emisores de diferentes formas para regar solo un área específica del suelo, particularmente la adyacente al cultivo. El agua liberada por cada emisor satura un volumen de suelo conocido como bulbo húmedo.

Martínez & Peralta (2000), el riego localizado denota la distribución directa de agua hacia, debajo o cerca de la planta mediante líneas de goteo subsuperficiales, líneas de goteo superficiales, microchorros o emisores de baja presión (burbujeadores). El agua se distribuye por toda la región agrícola mediante un sistema de tuberías y mangueras equipadas con emisores que controlan la presión a través de boquillas, aberturas, goteros y mecanismos análogos.

4.5.4. *Sistemas de riego localizado*

Fernández (2010), expresa que en función del tipo de emisor utilizado y de su colocación se suelen distinguir tres sistemas de aplicación del riego localizado:

- Por microaspersión y micro difusión.
- Por tuberías emisoras
- Por goteo

4.5.5. *Riego por goteo*

Sela (2023), refiere que el riego por goteo se basa en la aplicación continua de agua con bajo volumen y baja presión, el que puede estar debajo o encima de la superficie del suelo. Los emisores o goteros son aquellos dispositivos que regulan la salida del agua, donde el agua que se distribuye por medio de los goteros está instalada en una línea principal de suministro de agua.

Mendoza (2013), indica que es un método de riego donde el agua se aplica directamente al suelo, gota a gota, utilizando unos aparatos llamados goteros, los cuales necesitan presión para que lleguen a funcionar, aun cuando la presión es más baja que la requerida en el riego por aspersión.

4.5.6. Ventajas y desventajas del riego por goteo

Hayashi (2014), menciona las siguientes ventajas y desventajas del riego por goteo:

Ventajas

- Posibilidad de automatización.
- Menor incidencia de enfermedades.
- Permite el uso de agua salina.
- Adaptable a todo tipo de suelos y topografía.
- Utilización óptima y económica de los fertilizantes.
- Requiere poca mano de obra.
- Cultivo en condiciones óptimas de absorción.
- Menores pérdidas de agua.
- No entorpece las labores culturales (poda, cosecha, curas, etc.).

Desventajas

- Obstrucción de los emisores (requieren de un buen equipo de filtración en el cabezal).
- Mayores costos de instalación.
- Salinización del suelo.

4.5.7. Componentes de un sistema de riego

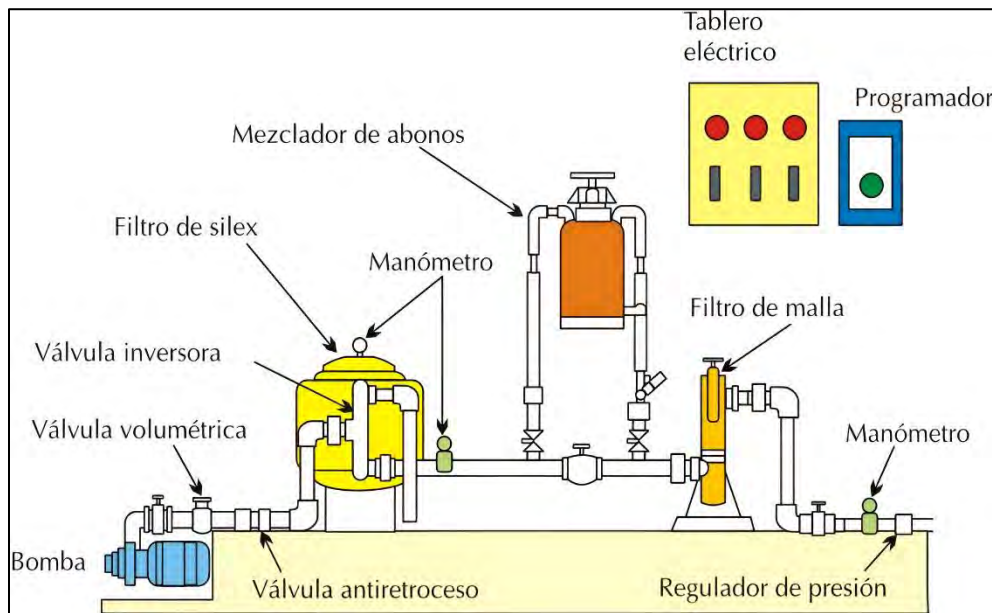
4.5.7.1. Cabezal de riego

Fernández (2010), se entiende por cabezal de riego al conjunto de elementos que realizaran las funciones de filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución.

Fernández de Sousa & García (2014), el cabezal de riego denota el montaje de equipos ubicados al inicio de la instalación o red de riego localizada para controlar su funcionamiento.

Figura 3

Cabezal de riego por goteo



Fuente. Villablanca & Villavicencio (2010).

4.5.7.2. Sistema de filtrado

Mendoza (2013), el sistema de filtración es el elemento principal del cabezal de riego, comprende muchos filtros destinados a eliminar contaminantes y partículas del agua en suspensión que podrían obstaculizar cualquier parte de la red de riego, especialmente los emisores.

Los filtros más utilizados en un equipo de filtrado son:

- **Filtro de malla**

Fernández de Sousa & García (2014), este tipo de filtro es esencial en todo sistema de riego, particularmente durante la fertirrigación. Pueden filtrar partículas de agua relativamente limpia y se colocan posteriormente al sitio de inyección de fertilizante. Si no se ejecutan meticulosamente, las soluciones pueden obstruirse rápidamente, a la vez que son bastante fáciles de limpiar.

Figura 4

Filtros de malla



Fuente. Fernández de Sousa & García (2014).

- **Filtro de anillo**

Fernández de Sousa & García (2014), El elemento filtrante consiste en una secuencia de discos organizados en una formación apilada, formando un cartucho con numerosas aberturas alineadas con ranuras grabadas en las superficies de los discos. Este filtro está situado inmediatamente después del aparato de accionamiento. Las partículas orgánicas transportadas por el agua se depositan en los canales formados por los discos superpuestos.

Figura 5

Filtros de anillos



Fuente. Fernádes de Sousa & García (2014).

4.5.7.3. Red de tuberías o red de distribución

Martínez & Peralta (2000), la red de tuberías tiene como objetivo principal conducir el agua desde el cabezal de riego hasta las cintas de riego (laterales). El diseño de la red debe procurar una distribución de presiones de forma equilibrada dentro del sistema de riego.

Mendoza (2013), comúnmente conocida como red de distribución, comprende tuberías que transportan agua filtrada y tratada desde el colector, junto con diversos componentes o accesorios que adaptan la red de tuberías a la configuración del área de riego asignada.

- **Los emisores**

Fernádes de Sousa & García (2014), los emisores son componentes esenciales y delicados del sistema de riego localizado. Se clasifican en dos categorías; los goteros, empleados en el riego por goteo con caudales máximos hasta los 16 l/h, y los microaspersores y difusores, que trabajan con caudales superiores a 16 l/h.

Figura 6

Diferentes clases de goteros



Fuente. Mendoza (2013).

4.5.7.4. Elementos de control y medida

Fernández (2010), los instrumentos más frecuentes se emplean típicamente para medir el caudal o el volumen de agua en un punto específico de la instalación, o la presión en cualquier ubicación dentro del sistema. La presencia de tales medidores es esencial en la infraestructura de riego localizado.

En una instalación de riego por goteo puede contar con los siguientes elementos de control y medida:

- **Manómetros**

Plana (2008), son los componentes responsables de medir la presión del agua dentro del sistema de riego. Los manómetros son imprescindibles para la monitorización de la instalación, permitiéndonos comprobar si la red funciona a los niveles de presión adecuados. También indican roturas o condiciones de sobrepresión potencialmente peligrosas, su colocación adecuada ayuda a determinar si el equipo de filtración necesita limpieza. Es necesario instalar manómetros en la entrada y salida de cada equipo de filtración, asegurándose de que estén colocados lejos de los

codos o componentes especializados, en su lugar colocados en una sección recta de tubería. El diferencial de presión entre la entrada y la salida del filtro indicará cuándo se requiere limpieza.

Figura 7

Manómetro tipo Bourdon



Fuente. Fernández (2010).

- **Válvulas de aire**

Mendoza (2013), menciona que son dispositivos que se instalan en las conducciones de aguas o partes especiales de sistemas que se encargan de controlar la presencia de burbujas de aire, se clasifican en:

- Purgadores o ventosas monofuncionales
- Ventosas bifuncionales
- Ventosas trifuncionales.

- **Válvulas de retención**

Fernández (2010), expresa que con estas válvulas se evita que el agua provoque un flujo inverso en los filtros e invierta el giro de las bombas, ya que este puede dañar seriamente a estos

elementos, entre estas tenemos: las válvulas de compuerta, válvulas de mariposa, válvulas de bola, válvulas hidráulicas, válvulas volumétricas y electroválvulas.

- **Válvulas reguladoras de presión**

Fernández (2010), utilizados para controlar la alta presión en la red de riego, y prevenir las sobrepresiones que puedan ocasionarse en la instalación y dañar las tuberías y los emisores.

4.6. Fertiirrigación

4.6.1. Conceptos de fertiirrigación

Sela (2023), la fertiirrigación o fertirriego es el proceso de aplicar los nutrientes que requiere el cultivo por medio del agua de riego. Esta técnica se puede emplear en la mayoría de cultivos de regadío. La fertiirrigación permite mejorar el uso de forma eficiente de ambos recursos tanto el agua y los fertilizantes.

Ferreira et al. (2005), comprende por fertiirrigación a la aplicación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego, de una forma continua o intermitente. Esta práctica este asociado por lo general a los sistemas de riego localizados en alta frecuencia (goteo y microaspersión).

4.6.2. Ventajas y desventajas de la fertiirrigación

Vidal (2019), menciona las principales ventajas y desventajas de la fertiirrigación que a continuación se indica:

Ventajas:

- Posibilidad de empleo de aguas y suelos de baja calidad: aguas y suelos salinos, suelos pedregosos, excesivamente permeables, etc.
- Facilidad de adaptar la cantidad y concentración de un nutriente específico respecto a los requerimientos del cultivo.

- Reducida fluctuación de la concentración de nutrientes en el suelo a través de la estación de crecimiento.
- Adecuado uso de mezclas de fertilizantes y/o fertilizantes líquidos balanceados con microelementos que son difíciles de distribuir en el terreno.
- Posibilidad de aplicación de otros productos utilizando la infraestructura, como correctores, desinfectantes del suelo, herbicidas, nematicidas, fungicidas, reguladores del crecimiento, etc.
- Aplicación precisa de nutrientes adaptada a los requisitos del cultivo para evitar la concentración excesiva de fertilizantes en el suelo y la lixiviación de la zona de humedad.
- Disminución del tráfico de maquinaria agrícola en zonas rurales.
- Producción personalizada de fertilizantes concentrados adaptados a cultivos específicos, agua de riego y condiciones climáticas durante todo el ciclo del cultivo.
- Aplicación dirigida de agua y fertilizantes a un volumen definido de suelo donde la actividad radicular es más alta, mejorando la eficiencia de los fertilizantes y minimizando el impacto ambiental.
- Fácil automatización de la fertilización.

Desventajas:

- Costo inicial de la infraestructura. Sistema de inyección de fertilizantes, tanques y agitadores.
- Obturación de goteros y manejos inadecuados de otros elementos de la red de riego.
- Necesidad de manejo del sistema por personal especializado. Un mal manejo de la fertiirrigación puede provocar daños como: acidificación, lavado de nutrientes y/o salinización del suelo.

4.6.3. Equipos de fertirrigación

4.6.3.1. Tanque fertilizante

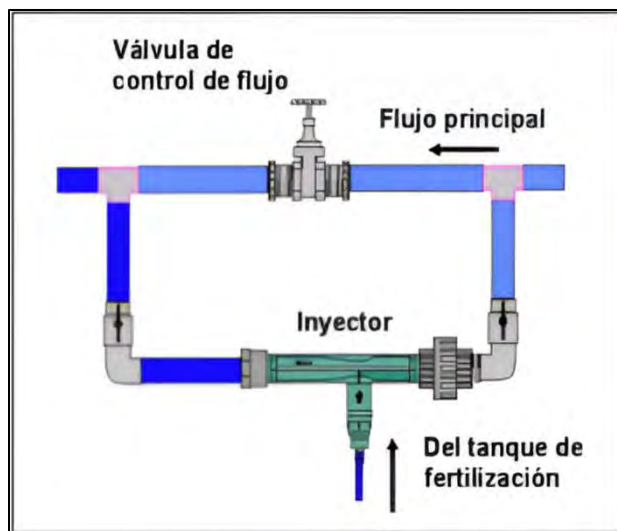
Correa (2004), se refiere a un tanque cilíndrico hecho de metal o poliéster reforzado con fibra de vidrio. Resiliente a las fuerzas internas, asociadas a la red de riego paralela. El depósito consta de dos conexiones (una de entrada y otra de salida), generalmente provistas de conectores rápidos y una tapa para la introducción de fertilizantes en el sistema.

4.6.3.2. Inyectores tipo Venturi

Vidal (2019), los inyectores de tipo Venturi son muy populares y fáciles de instalar. Estos son operados por la presión del agua del sistema, no requieren fuentes externas de energía, a pesar de ello provocan una gran pérdida de carga. La capacidad de succión varía entre 40 y 100 l/h, según la presión de entrada de flujo motriz disponible.

Figura 8

Esquema de funcionamiento inyector Venturi



Fuente. Mendoza (2013).

4.6.3.3. Inyectores

Fernández (2010), los inyectores son dispositivos que introducen la solución fertilizante en un depósito conectando a una bomba eléctrica o hidráulica.

4.6.3.4. Bomba de inyección

Plana (2008), la bomba de inyección puede ser de accionamiento eléctrico o hidráulico. Además, posee un embolo o una membrana que inyecta el fertilizante en solución en la red de riego.

4.6.4. Fertilizantes para fertirriego

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2016), se debe tener en cuenta diversas consideraciones para la elección de los fertilizantes entre ellas tenemos las siguientes: tipo de cultivo, fase fenológica, características edáficas, calidad del agua de riego, disponibilidad, utilidad que genera el cultivo y el precio. Además, menciona que dentro de los fertilizantes mayormente utilizados en fertirriego son: sulfato de amonio, nitrato de calcio, ácido nítrico, nitrato de amonio, urea, fosfato monoamónico, sulfato de potasio, nitrato de potasio, fosfato monopotásico, ácido fosfórico, cloruro de potasio, nitrato de magnesio y sulfato de magnesio.

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI] (2016), manifiesta que existen tres características fundamentales que deben cumplir los fertilizantes a utilizar en fertirriego como son: alta solubilidad ($>100\text{g/L}$), alta pureza ($>95\%$), y debe tener una baja salinidad y toxicidad.

4.6.4.1. Nitrato de amonio

Mata et al. (2010), definen que es el fertilizante más comúnmente utilizado para fertirriego. Donde la concentración máxima a emplear dentro del agua de riego debe ser de 1 g/L

(1 kg/m³), ya que con esta concentración incrementa la conductibilidad eléctrica del agua en 1 mS/cm (dS/m o mmho/cm). Al existir altas concentraciones ocasionaran una conductibilidad eléctrica peligrosa. Otra característica es que no contiene elementos tóxicos, no deja residuos en el suelo y reduce el pH del agua de riego.

4.6.4.2. Fosfato monoamónico

Kafkafi & Tarchitzky (2012), es un fertilizante compuesto por 61% de P₂O₅ y 12 % de N en su forma amoniacal.

Molinos & Cía (2021), por lo general es utilizado en las prácticas de fertiirrigación. Es por su elevada pureza y alta solubilidad en agua que hacen que este fertilizante sea ideal para la fertiirrigación y también de manera foliar.

Mata et al. (2010), este nutriente es compatible con gran parte de fertilizantes, de modo que es muy incluido en las formulaciones balanceadas de fertilización (mezclas físicas) y sólo como fertilizante inicial

4.6.4.3. Sulfato de potasio

Instituto Internacional de Nutrición Vegetal [IPNI] (2019), es un fertilizante potásico que generalmente se usa para optimizar el rendimiento y la calidad de los cultivos que crecen en suelos que carecen de este importante nutriente.

Mata et al. (2010), su aplicación es apropiada para aquellos cultivos sensibles al cloro y en suelos que tengan problemas de salinización.

Kafkafi & Tarchitzky (2012), su uso frecuente es en condiciones salinas a causa de la presencia de SO₄, se emplea cuando el agua utilizable sea baja en Ca.

4.7. Diseño agronómico

4.7.1. Evapotranspiración del cultivo (ETc)

Monge (2018), la evapotranspiración del cultivo (ETc) se calculará en condiciones estándar. Estos parámetros significan que la evapotranspiración de un cultivo, que crece libre de enfermedades, recibe una fertilización adecuada y prospera en un campo espacioso en condiciones óptimas de humedad del suelo.

4.7.2. Evapotranspiración de referencia (ETo)

Monge (2018), la evapotranspiración del cultivo de referencia, denominada ETo (algunas fuentes se refieren a ella como ETr, sin cambios en el significado), es una métrica relacionada con el clima que cuantifica la capacidad atmosférica para evaporar agua.

- **Método del tanque evaporímetro tipo A**

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] (2006), expresa que, a falta de lluvias, el volumen de agua evaporada durante un periodo (mm/día) se observa en la disminución del nivel de la altura de agua en el tanque. Los tanques evaporímetros son instrumentos que nos brindaran una medida del efecto integrado de la radiación, viento, temperatura y humedad indicando el proceso de evaporación de una superficie abierta de agua. No obstante, estos tanques reaccionan de manera similar a los elementos ambientales que influyen en la transpiración de los cultivos; sin embargo, varias circunstancias dan como resultado discrepancias notables en la pérdida de agua entre una superficie libre de evaporación y una superficie cultivada.

- **Para determinar la Evapotranspiración de referencia esta se calcula mediante la siguiente ecuación:**

$$ET_o = E_v * K_p$$

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

E_v = Evaporación del tanque (mm/día)

K_p = Coeficiente del tanque (adimensional)

4.7.3. Coeficiente del cultivo (K_c)

FAO (2006), durante la temporada de crecimiento del cultivo, las fluctuaciones en el coeficiente de cultivo K_c significan cambios en la extensión de la vegetación y el suelo cubierto. La fluctuación del coeficiente K_c a lo largo del desarrollo del cultivo se representa mediante la curva del coeficiente del cultivo. Para delinear y formular la curva de coeficientes de cultivo, solo se necesitan tres valores de K_c : la etapa inicial K_c , la K_c de mitad de temporada y la etapa final K_c . A continuación, se mencionan los K_c por etapas del ajo: K_c inicial = 0,70, K_c med = 1,00, K_c fin = 0,70.

FAO (2006), señala que, de acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo E_{Tc} se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia, E_{To} y el coeficiente del cultivo K_c :

$$E_{Tc} = K_c * E_{To}$$

Donde:

E_{To} = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

E_{Tc} = Evapotranspiración de cultivo (mm/día)

K_c = Coeficiente del cultivo (adimensional)

4.7.4. Coeficiente de uniformidad (CU)

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] (2020), se evalúa la efectividad del sistema de riego en la aplicación de agua a través de difusores o goteros, que también establece los

estándares operativos requeridos para la instalación de un nuevo sistema. En este caso, dentro de una muestra de 16 goteros, el 25% de los goteros que exhiben un caudal menor se correlacionan con la totalidad de la muestra del 100%.

$$CU = q_{25\%} / q_{100\%}$$

$q_{100\%}$ = Caudal promedio de todos los goteros evaluados en la muestra.

$q_{25\%}$ = Caudal promedio del 25% de goteros cuyos caudales son los más bajos.

Utilización

- Diseñar una nueva instalación para determinar un CU deseado, ($CU \geq 0.90$).
- Evaluar una instalación existente para aplicar correctivos.

4.7.5. Dosis de riego

Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura [INTAGRI] (2019), el nivel de agua requerido para sostener la zona radicular requiere constantemente una comprensión de las cualidades fisicoquímicas del suelo. La necesidad de riego de un cultivo a lo largo de su ciclo de crecimiento es altamente variable, influenciada por factores como el tipo de cultivo, la densidad de siembra, la composición del suelo, la salinidad del agua y la salinidad del suelo, entre otros.

4.7.6. Consumo diario

Olarte (1987), menciona que es la cantidad de agua que consume o requiere un cultivo diariamente, se puede expresar en forma m^3/ha o en mm/ha , se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Cd = \frac{Db}{Dm}$$

Donde:

Dm = Número de días del mes

Db = Demanda unitaria bruta en m^3/ha

Cd = Consumo diario en m³/ha o mm/ha

4.7.7. *Lamina neta (Ln)*

Legarda et al. (1999), indica que la lámina neta como la cantidad de agua rápidamente utilizable considerando en nivel de reposición (NR) o porcentaje de disminución del agua disponible.

Baca et al. (2010), mencionan que su unidad de medida es mm, se calcula mediante la siguientes formulas:

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

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

Donde:

f = Factor de secamiento, adimensional

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

CC = Capacidad de campo (%)

Da = Densidad aparente (gr/cm³)

Pr = Profundidad de la raíz (cm)

Ln = Lamina neta (mm)

4.7.8. *Lamina bruta (Lb)*

Castro (2009) citado por **Delgado (2012)**, afirma que el suministro de agua para el cultivo debe incluirse en los requisitos netos de la planta, contabilizando toda el agua perdida por escorrentía, evaporación, deriva del viento y otros factores. La lámina bruta se define como la lámina neta modificada por la eficiencia del riego y se puede calcular usando la siguiente ecuación:

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

Donde:

Ea = Eficiencia de aplicación de riego

Ln = Lamina neta (mm)

Lb = Lamina bruta (mm)

4.7.9. Capacidad de Campo (CC)

Mendoza (2013), cuando los poros del suelo se encuentran llenos de agua, esta empieza a drenar hacia capas más profundas. Ahora bien, en suelos de tipo arenoso pueden drenar hasta en un día, en cambio en suelos arcillosos pueden drenar aproximadamente hasta en tres días. Posterior al drenaje, el agua retenida dentro de los poros del suelo corresponde a la capacidad de campo, estando en esta condición existe un equilibrio adecuado del aire y agua para las plantas.

Para determinar la humedad a capacidad de campo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$CC = 0.48 Ac + 0.162 Li + 0.023 Ar + 2.62$$

Donde:

CC = Humedad gravimétrica a capacidad de campo (%)

Ac = Contenido de arcilla en (%)

Li = Contenido de limo en (%)

Ar = Contenido de arena en (%)

4.7.10. Frecuencia de riego (Fr)

INIA (2020), la frecuencia de riego denota el número de días entre riegos consecutivos, necesarios para compensar las pérdidas diarias de evapotranspiración del agua almacenada o para aplicar una lámina de reemplazo como fracción de agotamiento. Esta frecuencia se determina antes del agotamiento total del agua almacenada y se mide en días:

Si se requiere reponer 12 mm/ha de agua consumida hasta el momento; y si la evapotranspiración diaria es de 3 mm/ha/día, se necesita volver a regar: $12 \text{ (mm/ha)} / 3 \text{ (mm/ha/día)} = 4 \text{ días}$.

4.7.11. Tiempo de riego (*Tr*)

Martínez (1998), indica que es el periodo de aplicación de riego el que se expresa en horas, y se puede hallar con la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{Lb}{PH}$$

Donde:

PH = Precipitación horaria (mm/h)

Lb = Lámina bruta (mm)

Tr = Tiempo de riego

- **Precipitación horaria**

Esta viene a ser la lámina a aplicar en mm/h, la cual se puede hallar de la siguiente manera:

$$PH = \frac{q \frac{1}{h}}{Ee * El}$$

Donde:

q = Caudal de emisor (l/h)

Ee = Espaciamiento entre emisores (m)

El = Espaciamiento entre laterales (m)

4.7.12. Eficiencia de riego

Muñoz (2009), es la correlación entre la necesidad neta de agua determinada para riego y la aplicación bruta de agua, en relación con las condiciones específicas del tipo de sistema de riego.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]
(2008), la eficiencia de riego es la relación que existe entre la cantidad de agua útilmente utilizada por el cultivo y la cantidad total de agua utilizada en la práctica de riego.

Tabla 2

Eficiencia de riego

Método de riego	Eficiencia de riego (%)
Inundación	40 - 50%
Aspersión	80 - 85%
Micro aspersión	85 - 90%
Goteo	90 - 95%

Fuente. FAO (2008).

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

Explicativa, puesto que se quiere demostrar que los cambios en la variable dependiente (características agronómicas y el rendimiento) fueron provocados por la variable independiente (niveles de fertilizantes), instando una relación de causa-efecto.

5.2. Nivel de la investigación

La investigación es aplicada, ya que está enfocado a solucionar problemas prácticos en relación a encontrar en mejor nivel de fertilizantes y optimizar el rendimiento del cultivo.

5.3. Ubicación espacial de la investigación

Ubicación política

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

Ubicación geográfica

Latitud:	13°34'31" S
Longitud:	71°54'29" W
Altitud:	3219 msnm

Ubicación hidrográfica

Cuenca:	Vilcanota
Sub cuenca:	Huatanay
Microcuenca:	Huanacaure

Ubicación satelital del campo experimental



Ubicación ecológica

Holdridge (1987), conforme a su clasificación zonas de vida natural, el Centro Agronómico K'ayra se encuentra en la categoría **Bosque Seco - Montado Bajo Subtropical (bs-MBS)**, donde la biotemperatura promedio anual es 13.46 °C y la precipitación anual es 702.14 mm.

5.3.1. Ubicación temporal

La presente investigación inicio en noviembre del 2022 y culmino en abril de 2023 con una duración de 180 días.

5.4. Materiales

5.4.1. Material biológico

Cultivo de ajo, variedad Napurí

5.4.2. Insumos

- Nitrato de amonio: 33 % N
- Fosfato monoamónico: 61% P₂O₅
- Sulfato de potasio: 50% K₂O
- Fungicida agrícola VITAVAX-300 de 200 g
- Insecticida agrícola CIGARAL 70 WP de 50 g

5.4.2.1. Materiales de riego

Accesorios para el arco de riego

- Filtro de discos 120 mesh
- Válvula de aire ¾"
- Válvula reductora de presión a 1 bar
- Electrobomba de 1.5 hp

- Manómetro de glicerina 6 bar
- Válvula PVC esférica $\frac{3}{4}$ "

Accesorios para la instalación de riego

- Manguera para riego de $\frac{3}{4}$
- Cintas de riego con caudal de 1.36 l/h
- Llaves de paso de $\frac{3}{4}$
- Válvula ramal 16 x 16 mm
- Conector cinta a manguera de 16 mm
- Unión universal de $\frac{3}{4}$
- Tee polietileno de 25 mm x 25 mm
- Tapones para cinta de goteo

5.4.3. *Materiales de campo*

Herramientas

- Cinta métrica de 5 m
- Pico
- Rastrillo
- Lampa
- Pala
- Tijera
- Alicata
- Wincha de 50 m
- Kituchi
- Sacabocado

5.4.4. Equipos

- Anemómetro
- Balanza de precisión
- Higrómetro digital
- Inyector Venturi 1/2"
- Tanque clase A
- Cronometro
- Vernier de 152.4 mm
- Mochila pulverizadora 15 l
- Cámara digital

5.5. Metodología

5.5.1. Diseño experimental

El diseño estadístico utilizado fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), donde se realizó cuatro tratamientos incluyendo al testigo, los cuales fueron aplicados por diferentes niveles de fertilizantes por medio del riego localizado en goteo cada una de ellas con 4 repeticiones, presentando un total de 16 unidades experimentales.

El modelo lineal: Este define a un diseño de bloques completos al azar (BDCA), se representa mediante la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}; \quad \left\{ \begin{array}{l} i=1, 2, \dots, t \\ j=1, 2, \dots, r \end{array} \right\}$$

Donde:

Y_{ij} = Respuesta observada con el tratamiento i en el bloque j

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento i ; $i=1, 2, \dots, t$

β_j = Efecto del bloque j ; $j=1, 2, \dots, r$

ε_{ij} = Terminio de error asociado al tratamiento i en el bloque j

A continuación, se detalla cómo se asignó las parcelas T1, T2, T3, Testigo:

- T1: Parcela con riego por goteo y fertiirrigación con nivel 220-100-200 propuesto por (Nicho & Córdor, 2012).
- T2: Parcela con riego por goteo y fertiirrigación con nivel 200-120-250 propuesto por (Laos et. al, 2013).
- T3: Parcela con riego por goteo y fertiirrigación con nivel 240-162-250 propuesto por (Torres, 2018).
- T4: Parcela con riego por goteo sin fertiirrigación (Testigo).

5.5.2. Factor en estudio

Factor: Niveles de fertilización

- T1: Tratamiento 1, Nivel de NPK (220 - 100 - 200)
- T2: Tratamiento 2, Nivel de NPK (200 - 120 - 250)
- T3: Tratamiento 3, Nivel de NPK (240 - 162 - 250)
- T4: Testigo (Sin fertilizar solo riego por goteo)

5.5.3. *Procesamiento y análisis estadístico de datos*

Para la interpretación de los resultados obtenidos se utilizó el software estadístico INFOSTAT versión 2020, empleando el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de comparaciones medias de Tukey al 95% y 99%.

5.6. Características del campo experimental

- Área total con calles: 218.4 m²
- Superficie neta: 159.6 m²

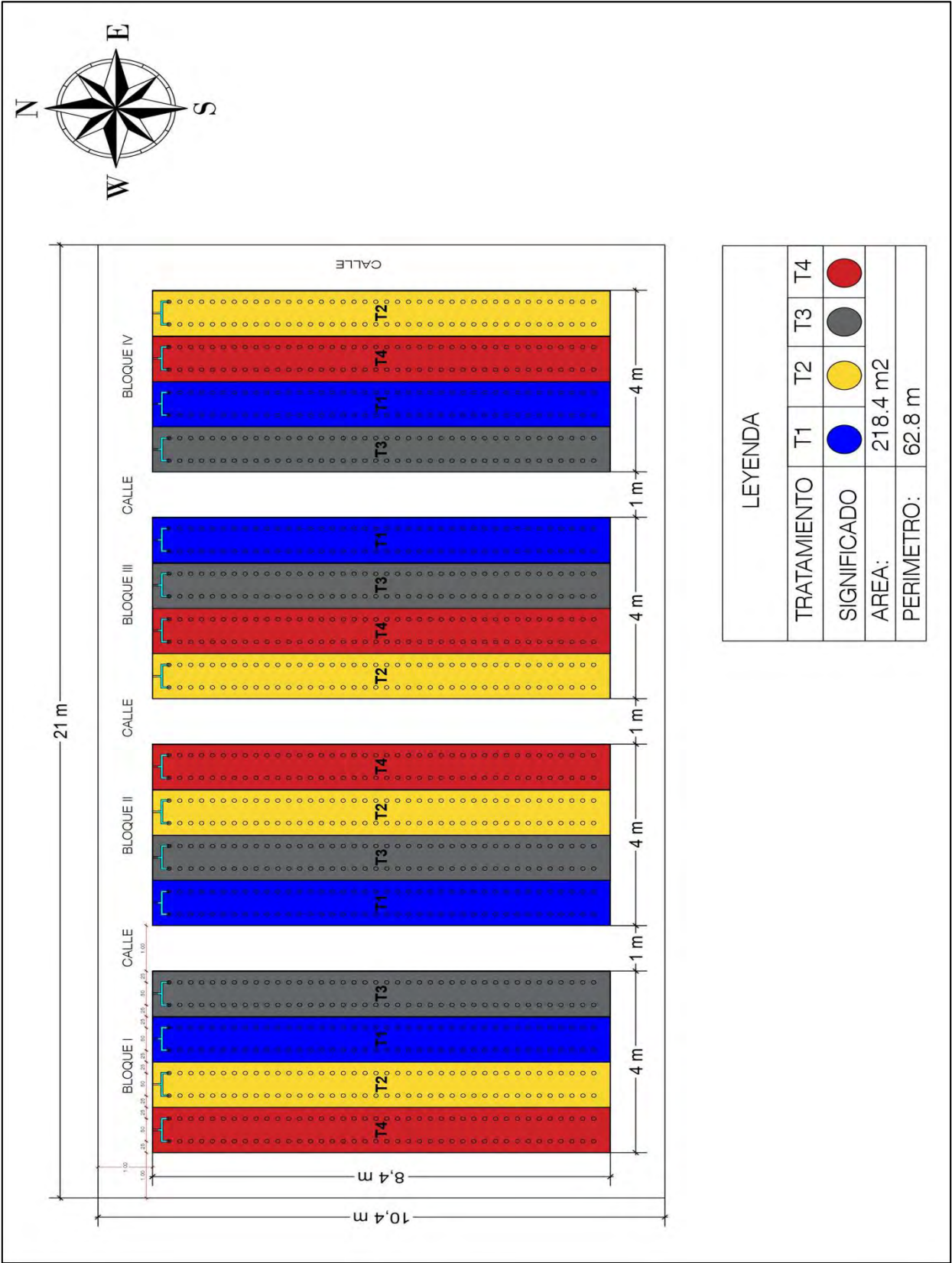
5.6.1. *Bloques*

- Número de bloques: 4
- Ancho: 4 m
- Largo: 8.4 m
- Área de cada bloque: 33.6 m²

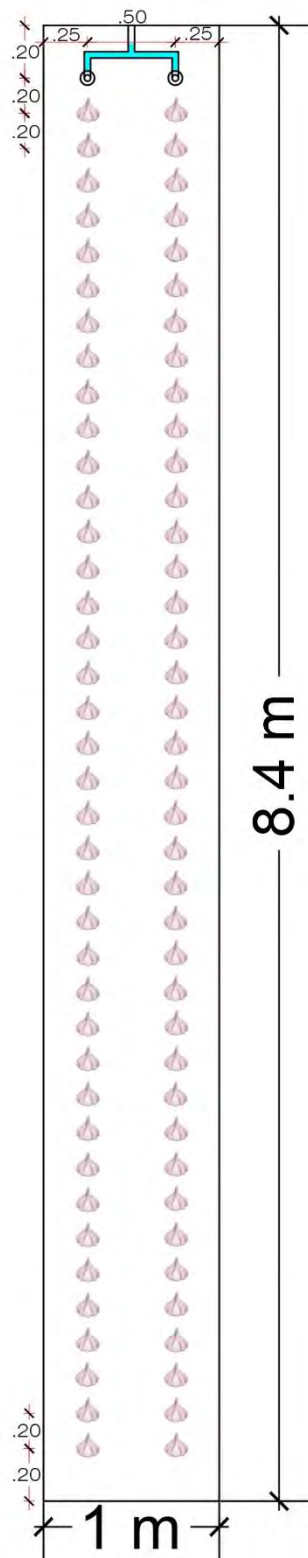
5.6.2. *Número y distanciamiento de plantas*

- Distanciamiento entre plantas: 0.20 m
- Distanciamiento entre hileras: 0.50 m
- Número de tratamientos: 4
- Número de plantas por tratamiento: 80
- Número de plantas por bloque: 320
- Número de bloques: 4
- Número total de plantas: 1280
- Número de plantas a evaluar por tratamiento: 16
- Número total de plantas a evaluar: 256

5.6.3. Croquis del campo experimental



5.6.4. Croquis por unidad experimental



5.6.5. Cálculo para fertirrigar

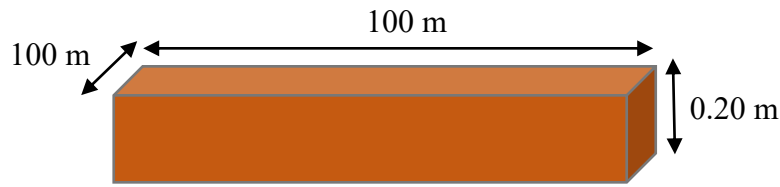
5.6.5.1. Disponibilidad de nutrientes presentes en el Suelo

- **Datos obtenidos según análisis de suelos:**

Materia orgánica:	1.93 %
Fosforo:	17.30 ppm
Potasio:	133.80 ppm
Densidad aparente:	1.26 g/cm ³

5.6.5.2. Cálculo de nutrientes del suelo

- **Cálculo del volumen del suelo**



$$V_s = \text{Área} \times h$$

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

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

- **Cálculo de la masa de suelo**

$$M_s = D_a \times V_s$$

$$M_s = 2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 1.26 \text{ tn}/\text{m}^3$$

$$M_s = 2520 \text{ tn}/\text{ha} = 2520000 \text{ kg}/\text{ha}$$

NITRÓGENO

- **Cálculo de la materia orgánica del suelo**

100 kg de suelo $\longrightarrow$ 1.93 kg de M.O

2520000 kg de suelo $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{2520000 \text{ kg de suelo} \times 1.93 \text{ kg de M.O}}{100 \text{ kg de suelo}}$$

$$X = 48636 \text{ kg de M.O}$$

- **Cálculo del Nitrógeno asimilable a partir de la Materia Orgánica al 5%:**

48636 kg de M.O $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 5%

$$X = \frac{48636 \text{ kg de M.O de suelo} \times 5\%}{100 \%}$$

$$X = 2431.8 \text{ kg de nitrógeno}$$

- **Porcentaje de mineralización de nitrógeno CRU (2%)**

2431.8 kg de Nitrógeno $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 2%

$$X = \frac{2 \% \times 2431.8 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \%}$$

$$X = 48.636 \text{ kg de Nitrógeno}$$

- **Nitrógeno Asimilable (80 %)**

48.636 kg de Nitrógeno $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 80%

$$X = \frac{48.636 \text{ kg de Nitrógeno} \times 80\%}{100 \%}$$

$$X = 38.690 \text{ kg de Nitrógeno}$$

FOSFORO

- **Cálculo del Fosforo asimilable en el suelo:**

1000000 kg del suelo $\longrightarrow$ 17.3 kg de Fosforo

2520000 kg de suelo $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{2520000 \text{ kg de suelo} \times 17.3 \text{ kg de Fosforo}}{1000000 \text{ kg de suelo}}$$

$$X = 43.596 \text{ kg de Fosforo}$$

- **Cálculo del porcentaje de asimilación CRU (15%)**

43.596 kg de Fosforo $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 15%

$$X = \frac{15\% \times 43.596 \text{ kg de Fosforo}}{100\%}$$

$$X = 6.539 \text{ kg de Fosforo}$$

POTASIO

- **Cálculo del Potasio asimilable en el suelo:**

1000000 kg de suelo $\longrightarrow$ 133.8 kg de Potasio

2520000 kg de suelo $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{2520000 \text{ kg de suelo} \times 133.8 \text{ kg de Potasio}}{1000000 \text{ kg de suelo}}$$

$$X = 337.176 \text{ kg de Potasio}$$

- **Cálculo del porcentaje de asimilación CRU (70%)**

337.176 kg de Potasio $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 70%

$$X = \frac{70\% \times 337.176 \text{ kg de Potasio}}{100\%}$$

$$X = 168.588 \text{ kg de Potasio}$$

Tabla 3

Nuevos niveles de nutrientes para la fertilización del ajo

	INIA			LAOS			TORRES		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Requerimiento del cultivo	220	100	200	200	120	250	240	162	250
Nutrientes en el suelo	38.69	6.54	168.58	38.69	6.54	168.58	38.69	6.54	168.58
Diferencia	181.31	93.46	31.42	161.31	113.46	81.42	201.31	155.46	81.42

Fuente. Elaboración propia

En la **Tabla 3** se puede apreciar el requerimiento de nutrientes del cultivo y los nutrientes disponibles en el suelo, al realizar la diferencia en ellos se tiene los nuevos niveles. A continuación, se procedió a realizar los cálculos de fertilización para suplir las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio requeridos.

NIVEL INIA: T1 (220-100-200 de NPK)

- Cálculo de Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P₂O₅ para el nivel 220 (INIA) a requerir:

100 kg de Nitrato de amonio	→	33 kg de Nitrógeno
X	→	181.31 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{181.31 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 549.42 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

10000 m ²	→	549.42 kg de Nitrato de amonio
33.6 m ²	→	X

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 549.42 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 1.846 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

$$100 \text{ kg de Nitrato de amonio} \longrightarrow 3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$1.846 \text{ kg de Nitrato de amonio} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{1.846 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

$$X = 0.055 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

- Se realizó el cálculo de Fosfato monoamónico con 61 kg de P_2O_5 y 12 kg de N para el nivel 100 (INIA) a requerir es:

$$100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \longrightarrow 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$X \longrightarrow 93.46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 93.46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}$$

$$X = 153.21 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

$$10000 \text{ m}^2 \longrightarrow 153.21 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

$$33.6 \text{ m}^2 \longrightarrow X$$

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 153.21 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.514 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

$$100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \longrightarrow 12 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$0.514 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{0.514 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.06 \text{ kg de Nitrógeno}$$

- Se realizó el cálculo del Sulfato de Potasio con 50 kg de K₂O para el nivel de 200 (INIA)
a requerir es:

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kg de Sulfato de potasio} & \longrightarrow & 50 \text{ kg de K}_2\text{O} \\
 X & \longrightarrow & 31.42 \text{ kg de K}_2\text{O} \\
 X = \frac{31.42 \text{ kg de K}_2\text{O} \times 100 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{50 \text{ kg de K}_2\text{O}}
 \end{array}$$

$$X = 62.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

$$10000 \text{ m}^2 \longrightarrow 62.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

$$33.6 \text{ m}^2 \longrightarrow X$$

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 62.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.211 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

Para el cálculo de Nitrato de amonio del Nivel T1 (INIA) se procedió a reducir el nitrógeno del fosfato monoamónico y así conseguir el nitrato de amonio requerido:

$$100 \text{ kg de Nitrato de amonio} \longrightarrow 33 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$1.846 \text{ kg de Nitrato de amonio} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{1.846 \text{ kg de Nitrato de Amonio} \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Nitrato de Amonio}}$$

$$X = 0.61 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.61 \text{ kg de Nitrógeno} - 0.06 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.55 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$100 \text{ kg de Nitrato de amonio} \longrightarrow 33 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X \longrightarrow 0.55 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = \frac{0.55 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 1.66 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

Para el cálculo del Fosfato monoamónico del Nivel T1(INIA) se procedió a reducir el Óxido de fosforo y así conseguir el Fosfato monoamónico requerido:

100 kg de Fosfato monoamónico → 61 kg de P_2O_5

0.514 kg de Fosfato monoamónico → X

$$X = \frac{0.514 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de } P_2O_5}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.313 \text{ kg de } P_2O_5 - 0.055 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$X = 0.258 \text{ kg de } P_2O_5$$

100 kg de Fosfato monoamónico → 61 kg de P_2O_5

X → 0.258 kg de P_2O_5

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 0.258 \text{ kg de } P_2O_5}{61 \text{ kg de } P_2O_5}$$

$$X = 0.423 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

NIVEL LAOS: T2 (200-120-250 de NPK)

- Se realizó el cálculo de Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P_2O_5 para el nivel 200 (LAOS) a requerir:

100 kg de Nitrato de amonio → 33 kg de Nitrógeno

X → 161.31 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{161.31 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 488.82 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

10000 m² → 488.82 kg de Nitrato de amonio

33.6 m² → X

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 488.82 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 1.642 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

100 kg de Nitrato de amonio $\longrightarrow$ 3 kg de P_2O_5

1.642 kg de Nitrato de amonio $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{1.642 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 3 \text{ kg de } P_2O_5}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

$$X = 0.049 \text{ kg de } P_2O_5$$

- Se realizó el cálculo de Fosfato monoamónico con 61 kg de P_2O_5 y para 12 kg de N nivel

120 (LAOS) a requerir es:

100 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ 61 kg de P_2O_5

X $\longrightarrow$ 113.46 kg de P_2O_5

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 113.46 \text{ kg de } P_2O_5}{61 \text{ kg de } P_2O_5}$$

$$X = 186 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

10000 m^2 $\longrightarrow$ 186 kg de Fosfato monoamónico

33.6 m^2 $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 186 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.625 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

100 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ 12 kg de Nitrógeno

0.625 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{0.625 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.075 \text{ kg de Nitrógeno}$$

- Se realizo el cálculo del Sulfato de Potasio con 50 kg de K_2O para el nivel de 250

(LAOS) a requerir:

100 kg de Sulfato de potasio	—————→	50 kg de K ₂ O
X	—————→	81.42 kg de K ₂ O

$$X = \frac{81.42 \text{ kg de K}_2\text{O} \times 100 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{50 \text{ kg de K}_2\text{O}}$$

X = 162.84 kg de Sulfato de potasio

10000 m ²	—————→	162.84 kg de Sulfato de potasio
----------------------	--------	---------------------------------

33.6 m ²	—————→	X
---------------------	--------	---

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 162.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

X = 0.547 kg de Sulfato de potasio

Para el cálculo de Nitrato de amonio del Nivel T2 (LAOS) se procedió a reducir el nitrógeno del fosfato monoamónico y así conseguir el nitrato de amonio requerido:

100 kg de Nitrato de amonio	—————→	33 kg de Nitrógeno
-----------------------------	--------	--------------------

1.642 kg de Nitrato de amonio	—————→	X
-------------------------------	--------	---

$$X = \frac{1.642 \text{ kg de Nitrato de Amonio} \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Nitrato de Amonio}}$$

X = 0.542 kg de Nitrógeno

X = 0.542 kg de Nitrógeno – 0.075 kg de Nitrógeno

X = 0.467 kg de Nitrógeno

100 kg de Nitrato de amonio	—————→	33 kg de Nitrógeno
-----------------------------	--------	--------------------

X	—————→	0.467 kg de Nitrógeno
---	--------	-----------------------

$$X = \frac{0.467 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

X = 1.415 kg de Nitrato de amonio

Para el cálculo del Fosfato monoamónico del Nivel T2 (LAOS) se procedió a reducir el Óxido de fosforo y así conseguir el Fosfato monoamónico requerido:

100 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ 61 kg de P_2O_5

0.625 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{0.625 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de } P_2O_5}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.381 \text{ kg de } P_2O_5 - 0.049 \text{ kg de } P_2O_5$$

$$X = 0.332 \text{ kg de } P_2O_5$$

100 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ 61 kg de P_2O_5

X $\longrightarrow$ 0.332 kg de P_2O_5

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 0.332 \text{ kg de } P_2O_5}{61 \text{ kg de } P_2O_5}$$

$$X = 0.544 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

NIVEL TORRES: T3 (240-162-250 de NPK)

- Se realizó el cálculo de Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P_2O_5 para el nivel 240 (TORRES) a requerir:

100 kg de Nitrato de amonio $\longrightarrow$ 33 kg de Nitrógeno

X $\longrightarrow$ 201.31 Kg de Nitrógeno

$$X = \frac{201.31 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 610.03 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

10000 m² $\longrightarrow$ 610.03 kg de Nitrato de amonio

33.6 m² $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 610.03 \text{ kg de } NH_4NO_3}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 2.049 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

100 kg de Nitrato de amonio $\longrightarrow$ 3 kg de P_2O_5

2.049 kg de Nitrato de amonio $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{2.049 \text{ kg de Nitrato de amonio} \times 3 \text{ kg de } P_2O_5}{100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}$$

$$X = 0.061 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

- Se realizó el cálculo de Fosfato monoamónico con 61 kg de P_2O_5 y 12 kg de N para el nivel 162 (TORRES) a requerir:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \\ X & \longrightarrow & 155.46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \end{array}$$

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 155.46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}$$

$$X = 254.85 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

$$\begin{array}{ccc} 10000 \text{ m}^2 & \longrightarrow & 254.85 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \\ 33.6 \text{ m}^2 & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{33.6 \text{ m}^2 \times 254.85 \text{ de kg Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.856 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 12 \text{ kg de Nitrógeno} \\ 0.856 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{0.856 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.103 \text{ kg de Nitrógeno}$$

- SE OBTUVO EL SULFATO DE POTASIO DEL NIVEL DE LAOS YA QUE PROPONE EL MISMO NIVEL DE 250 AL IGUAL QUE TORRES.**

$$X = 0.547 \text{ kg de Sulfato de potasio}$$

Para el cálculo de Nitrato de amonio del Nivel (TORRES) se procedió a reducir el nitrógeno del fosfato monoamónico y así conseguir el nitrato de amonio requerido:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Nitrato de amonio} & \longrightarrow & 33 \text{ kg de Nitrógeno} \\ 2.049 \text{ kg de Nitrato de amonio} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{2.049 \text{ kg de Nitrato de Amonio} \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Nitrato de Amonio}}$$

$$X = 0.676 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.676 \text{ kg de Nitrógeno} - 0.103 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.573 \text{ kg de Nitrógeno}$$

100 kg de Nitrato de amonio	—————→	33 kg de Nitrógeno
X	—————→	0.573 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{0.573 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de Nitrato de amonio}}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 1.736 \text{ kg de Nitrato de amonio}$$

Para el cálculo del Fosfato monoamónico del Nivel (INIA) se procedió a reducir el Óxido de fosforo y así conseguir el Fosfato monoamónico requerido:

100 kg de Fosfato monoamónico	—————→	61 kg de P ₂ O ₅
-------------------------------	--------	--

0.856 kg de Fosfato monoamónico	—————→	X
---------------------------------	--------	---

$$X = \frac{0.856 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.522 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 - 0.061 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$X = 0.461 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

100 kg de Fosfato monoamónico	—————→	61 kg de P ₂ O ₅
-------------------------------	--------	--

X	—————→	0.461 kg de P ₂ O ₅
---	--------	---

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 0.461 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}$$

$$X = 0.755 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

5.6.5.3. Cálculo de la dosificación de fertilizantes para cada autor

Tabla 4*Dosificación de nutrientes por fecha para el nivel 220-100-200 de NPK (INIA)*

Fechas	DDS	Días	Dosis de aplicación (g)			Absorción de nutrientes en (g)			Absorción de nutrientes en %			Dosis aplicada por etapa fenológica (g)			Dosis aplicada cada 5 días (g)		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
01/11/22 al 10/11/22	0-10	10	1660	423	211	1.35	10	0.88	0.67	20.00	0.41	11.13	84.60	0.86	6	42	0
11/11/22 al 20/11/22	10-20	10	1660	423	211	1.65	10	1.09	0.82	20.00	0.51	13.60	84.60	1.07	7	42	1
21/11/22 al 30/11/22	20-30	10	1660	423	211	2.02	10	1.34	1.00	20.00	0.62	16.65	84.60	1.32	8	42	1
01/12/22 al 10/12/22	30-40	10	1660	423	211	2.50	10	1.67	1.24	20.00	0.78	20.61	84.60	1.64	10	42	1
11/12/22 al 20/12/22	40-50	10	1660	423	211	3.11	10	2.09	1.54	20.00	0.97	25.64	84.60	2.05	13	42	1
21/12/22 al 30/12/22	50-60	10	1660	423	211	3.89	...	2.65	1.93	...	1.23	32.07	...	2.60	16	0	1
31/12/22 al 09/01/23	60-70	10	1660	423	211	4.91	...	3.39	2.44	...	1.58	40.48	...	3.33	20	0	2
10/01/23 al 19/01/23	70-80	10	1660	423	211	6.23	...	4.39	3.09	...	2.04	51.36	...	4.31	26	0	2
20/01/23 al 29/01/23	80-90	10	1660	423	211	7.96	...	5.74	3.95	...	2.67	65.63	...	5.63	33	0	3
30/01/23 al 08/02/23	90-100	10	1660	423	211	10.20	...	7.59	5.07	...	3.53	84.09	...	7.45	42	0	4
09/02/23 al 18/02/23	100-110	10	1660	423	211	13.06	...	10.14	6.49	...	4.72	107.67	...	9.95	54	0	5
19/02/23 al 28/02/23	110-120	10	1660	423	211	16.58	...	13.62	8.23	...	6.33	136.69	...	13.37	68	0	7
01/03/23 al 10/03/23	120-130	10	1660	423	211	20.60	...	18.28	10.23	...	8.50	169.83	...	17.94	85	0	9
11/03/23 al 20/03/23	130-140	10	1660	423	211	24.53	...	24.1	12.18	...	11.21	202.23		23.65	101	0	12
21/03/23 al 30/03/23	140-150	10	1660	423	211	27.05	...	30.3	13.43	...	14.09	223.01	...	29.73	112	0	15
31/03/23 al 09/04/23	150-160	10	1660	423	211	26.14	...	34.37	12.98	...	15.99	215.51	...	33.73	108	0	17
10/04/23 al 20/04/23	160-170	10	1660	423	211	20.05	...	31.83	9.96	...	14.80	165.30	...	31.24	83	0	16
21/04/23 al 30/04/23	170-180	10	1660	423	211	9.52	...	21.54	4.73	...	10.02	78.49	...	21.14	39	0	11
Total	...	180	...	...	...	201.35	50	215.01	100%	100%	100%	1660	423	211	...	...	...

Tabla 5*Dosificación de nutrientes por fecha para el nivel 200-120-250 de NPK (LAOS)*

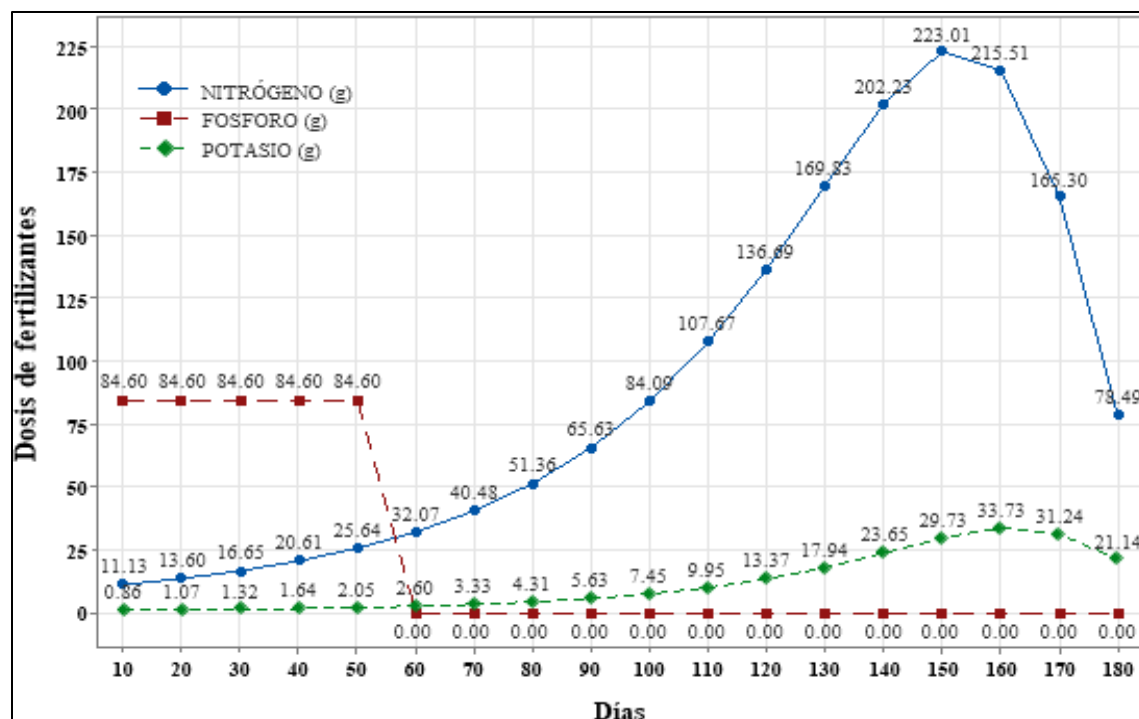
Fechas	DDS	Días	Dosis de aplicación (g)			Absorción de nutrientes en (g)			Absorción de nutrientes en %			Dosis aplicada por etapa fenológica (g)			Dosis aplicada cada 5 días (g)		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
01/11/22 al 10/11/22	0-10	10	1415	544	547	1.35	10	0.88	0.67	20.00	0.41	9.49	108.80	2.24	5	54	1
11/11/22 al 20/11/22	10-20	10	1415	544	547	1.65	10	1.09	0.82	20.00	0.51	11.60	108.80	2.77	6	54	1
21/11/22 al 30/11/22	20-30	10	1415	544	547	2.02	10	1.34	1.00	20.00	0.62	14.20	108.80	3.41	7	54	2
01/12/22 al 10/12/22	30-40	10	1415	544	547	2.50	10	1.67	1.24	20.00	0.78	17.57	108.80	4.25	9	54	2
11/12/22 al 20/12/22	40-50	10	1415	544	547	3.11	10	2.09	1.54	20.00	0.97	21.86	108.80	5.32	11	54	3
21/12/22 al 30/12/22	50-60	10	1415	544	547	3.89	...	2.65	1.93	...	1.23	27.34	0.00	6.74	14	0	3
31/12/22 al 09/01/23	60-70	10	1415	544	547	4.91	...	3.39	2.44	...	1.58	34.51	0.00	8.62	17	0	4
10/01/23 al 19/01/23	70-80	10	1415	544	547	6.23	...	4.39	3.09	...	2.04	43.78	0.00	11.17	22	0	6
20/01/23 al 29/01/23	80-90	10	1415	544	547	7.96	...	5.74	3.95	...	2.67	55.94	0.00	14.60	28	0	7
30/01/23 al 08/02/23	90-100	10	1415	544	547	10.20	...	7.59	5.07	...	3.53	71.68	0.00	19.31	36	0	10
09/02/23 al 18/02/23	100-110	10	1415	544	547	13.06	...	10.14	6.49	...	4.72	91.78	0.00	25.80	46	0	13
19/02/23 al 28/02/23	110-120	10	1415	544	547	16.58	...	13.62	8.23	...	6.33	116.52	0.00	34.65	58	0	17
01/03/23 al 10/03/23	120-130	10	1415	544	547	20.60	...	18.28	10.23	...	8.50	144.77	0.00	46.51	72	0	23
11/03/23 al 20/03/23	130-140	10	1415	544	547	24.53	...	24.1	12.18	...	11.21	172.39	0.00	61.31	86	0	31
21/03/23 al 30/03/23	140-150	10	1415	544	547	27.05	...	30.3	13.43	...	14.09	190.10	0.00	77.09	95	0	39
31/03/23 al 09/04/23	150-160	10	1415	544	547	26.14	...	34.37	12.98	...	15.99	183.70	0.00	87.44	92	0	44
10/04/23 al 20/04/23	160-170	10	1415	544	547	20.05	...	31.83	9.96	...	14.80	140.90	0.00	80.98	70	0	40
21/04/23 al 30/04/23	170-180	10	1415	544	547	9.52	...	21.54	4.73	...	10.02	66.90	0.00	54.80	33	0	27
Total	...	180	...	...	...	201.35	50	215.01	100%	100%	100%	1415	544	547	...	...	...

Tabla 6*Dosificación de nutrientes por fecha para el nivel 240-162-250 de NPK (TORRES)*

Fechas	DDS	Días	Dosis de aplicación (g)			Absorción de nutrientes en (g)			Absorción de nutrientes en %			Dosis aplicada por etapa fenológica (g)			Dosis aplicada cada 5 días (g)		
			N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
01/11/22 al 10/11/22	0-10	10	1736	755	547	1.35	10	0.88	0.67	20.00	0.41	11.639	151.000	2.239	6	76	1
11/11/22 al 20/11/22	10-20	10	1736	755	547	1.65	10	1.09	0.82	20.00	0.51	14.226	151.000	2.773	7	76	1
21/11/22 al 30/11/22	20-30	10	1736	755	547	2.02	10	1.34	1.00	20.00	0.62	17.416	151.000	3.409	9	76	2
01/12/22 al 10/12/22	30-40	10	1736	755	547	2.50	10	1.67	1.24	20.00	0.78	21.555	151.000	4.249	11	76	2
11/12/22 al 20/12/22	40-50	10	1736	755	547	3.11	10	2.09	1.54	20.00	0.97	26.814	151.000	5.317	13	76	3
21/12/22 al 30/12/22	50-60	10	1736	755	547	3.89	...	2.65	1.93	...	1.23	33.539	0.000	6.742	17	0	3
31/12/22 al 09/01/23	60-70	10	1736	755	547	4.91	...	3.39	2.44	...	1.58	42.333	0.000	8.624	21	0	4
10/01/23 al 19/01/23	70-80	10	1736	755	547	6.23	...	4.39	3.09	...	2.04	53.714	0.000	11.168	27	0	6
20/01/23 al 29/01/23	80-90	10	1736	755	547	7.96	...	5.74	3.95	...	2.67	68.630	0.000	14.603	34	0	7
30/01/23 al 08/02/23	90-100	10	1736	755	547	10.20	...	7.59	5.07	...	3.53	87.942	0.000	19.309	44	0	10
09/02/23 al 18/02/23	100-110	10	1736	755	547	13.06	...	10.14	6.49	...	4.72	112.601	0.000	25.797	56	0	13
19/02/23 al 28/02/23	110-120	10	1736	755	547	16.58	...	13.62	8.23	...	6.33	142.949	0.000	34.650	71	0	17
01/03/23 al 10/03/23	120-130	10	1736	755	547	20.60	...	18.28	10.23	...	8.50	177.609	0.000	46.506	89	0	23
11/03/23 al 20/03/23	130-140	10	1736	755	547	24.53	...	24.1	12.18	...	11.21	211.493	0.000	61.312	106	0	31
21/03/23 al 30/03/23	140-150	10	1736	755	547	27.05	...	30.3	13.43	...	14.09	233.220	0.000	77.085	117	0	39
31/03/23 al 09/04/23	150-160	10	1736	755	547	26.14	...	34.37	12.98	...	15.99	225.374	0.000	87.440	113	0	44
10/04/23 al 20/04/23	160-170	10	1736	755	547	20.05	...	31.83	9.96	...	14.80	172.867	0.000	80.978	86	0	40
21/04/23 al 30/04/23	170-180	10	1736	755	547	9.52	...	21.54	4.73	...	10.02	82.080	0.000	54.799	41	0	27
Total	...	180	...	...	...	201.35	50	215.01	100%	100%	100%	1736	755	547	...	...	...

Figura 9

Dosificación por días con nivel 220-100-200 de NPK (INIA)



Fuente. Elaboración propia

Figura 10

Dosificación por días con nivel 200-120-250 de NPK (LAOS)

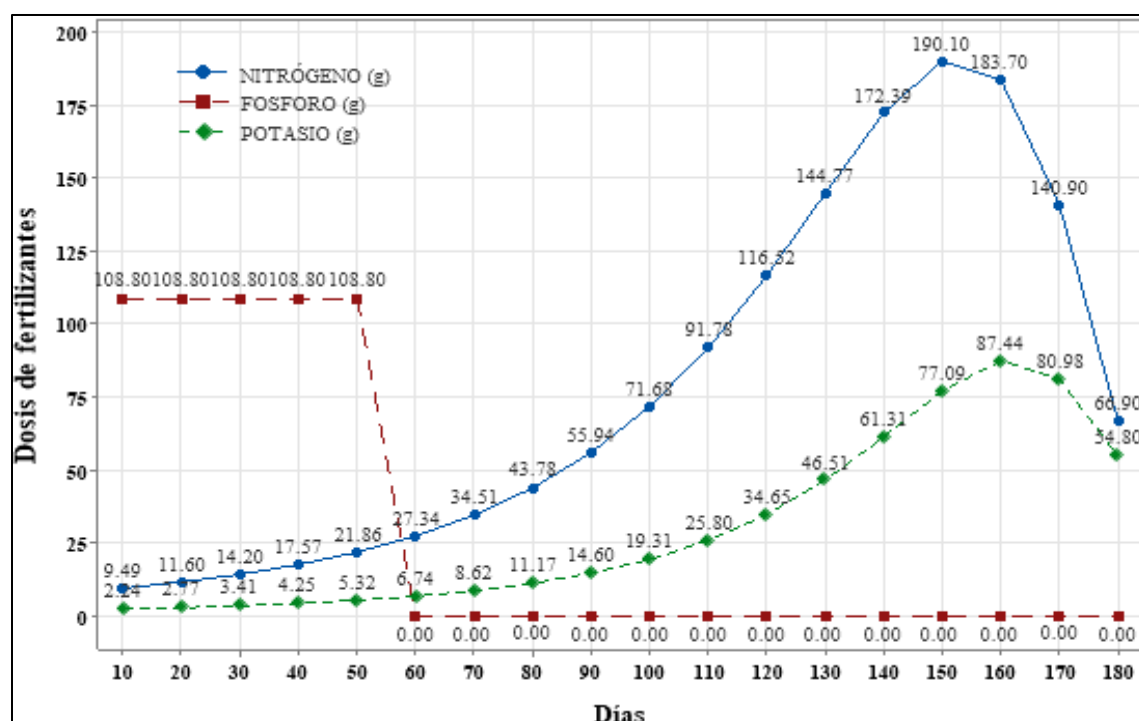
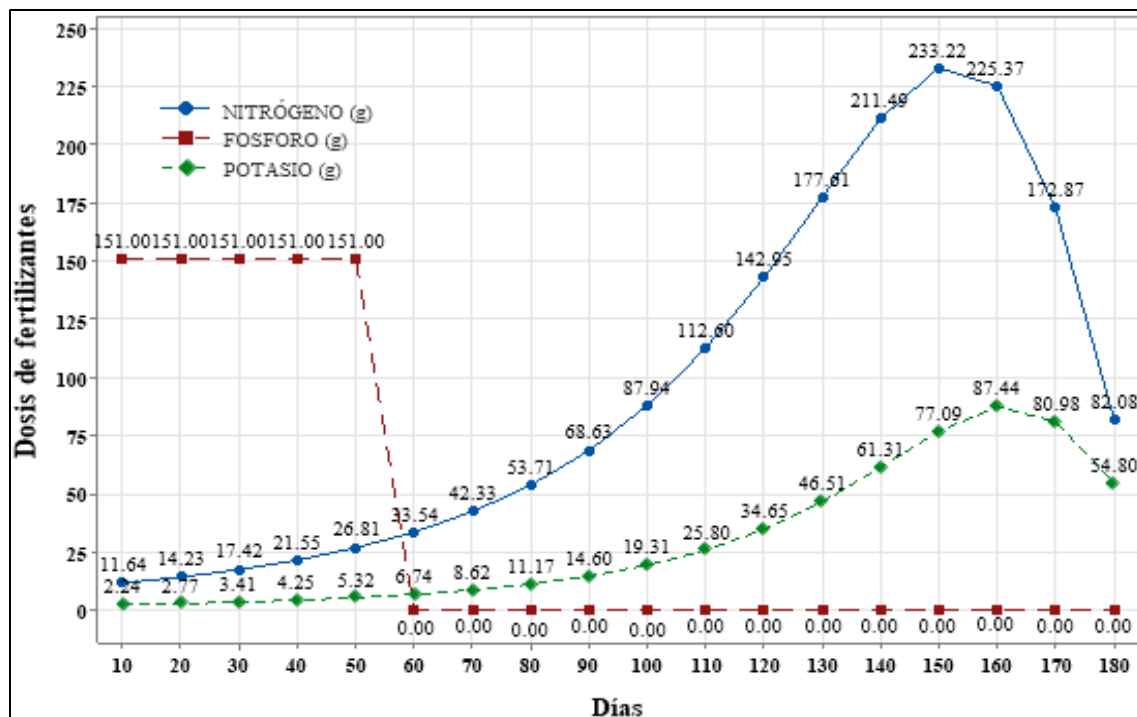


Figura 11

Dosificación por días con nivel 240-162-250 de NPK (TORRES)



En las **Figuras 8, 9 y 10** se puede observar la curva de aplicación de NPK de los diferentes niveles de fertilización propuestos, muestran que el nitrógeno es el nutriente más demandado llegando a su punto más alto de aplicación a los 150 días después de la siembra durante la segunda fase bulbificación del cultivo. Mientras que, el potasio alcanza su pico máximo de aplicación a los 160 días. Por su parte, el fosforo se emplea de manera lineal durante los primeros 50 días en las fases brotación, emisión y desarrollo de hojas verdaderas y parte de la diferenciación y desarrollo de las yemas laterales.

5.6.6. Procedimientos complementarios

5.6.6.1. Cálculo de la planilla de programación de riego

Para la determinación del requerimiento hídrico del cultivo de ajo, se realizó el cálculo de la planilla de programación de riego, que considera las fases fenológicas, las condiciones ambientales

y las propiedades del suelo. Esta herramienta permite lograr un uso eficiente del agua, mejorando la productividad y calidad del cultivo. A continuación, se indica los parámetros requeridos:

- **Tanque evaporímetro clase A (mm)**

Las lecturas de evaporación de agua (mm/día) se realizó a las 7:00 am en forma diaria, para la medición de este dato se utilizó el calibrador digital con fracción.

- **Humedad relativa ($H^{\circ}R^{\circ}$)**

Para las lecturas diarias de la humedad relativa ($H^{\circ}R^{\circ}$) se utilizó el higrómetro digital a horas de las 8:00 a.m.

- **Velocidad del viento(m/s)**

Se realizó las lecturas de la velocidad del viento (m/s) de forma diaria con el anemómetro a horas de las 8:00 a.m.

5.6.6.2. Coeficiente del tanque evaporímetro (K_p)

La humedad relativa (%), la velocidad del viento (m/s) y la distancia al barlovento que existe entre el tanque y la parcela en proceso de experimentación son valores que fueron necesarios para determinar el coeficiente del tanque evaporímetro (K_p), mediante el siguiente cuadro se obtuvo el K_p .

Figura 12

Determinación del Coeficiente del Tanque Clase A

Tanque Clase A	Caso A: Tanque situado en una superficie cultivada				Caso B: Tanque situado en un suelo desnudo			
HR media		baja	media	alta		baja	media	alta
		< 40	40-70	> 70		< 40	40-70	> 70
Velocidad del viento (m s ⁻¹)	Distancia del cultivo a barlovento (m)				Distancia del barbecho a barlovento (m)			
Baja	1	,55	,65	,75	1	,7	,8	,85
< 2	10	,65	,75	,85	10	,6	,7	,8
	100	,7	,8	,85	100	,55	,65	,75
	1 000	,75	,85	,85	1 000	,5	,6	,7
Moderada	1	,5	,6	,65	1	,65	,75	,8
2-5	10	,6	,7	,75	10	,55	,65	,7
	100	,65	,75	,8	100	,5	,6	,65
	1 000	,7	,8	,8	1 000	,45	,55	,6
Alta	1	,45	,5	,6	1	,6	,65	,7
5-8	10	,55	,6	,65	10	,5	,55	,65
	100	,6	,65	,7	100	,45	,5	,6
	1 000	,65	,7	,75	1 000	,4	,45	,55
Muy alta	1	,4	,45	,5	1	,5	,6	,65
> 8	10	,45	,55	,6	10	,45	,5	,55
	100	,5	,6	,65	100	,4	,45	,5
	1 000	,55	,6	,65	1 000	,35	,4	,45

Fuente. FAO (2006).

5.6.6.3. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo)

Para determinar la evapotranspiración de referencia (ETo) a diario del cultivo de ajo se procedió a multiplicar el coeficiente del tanque evaporímetro (Kp) con las lecturas diarias de la evaporación de tanque clase A.

$$E_{to} = E_{va} \times K_p$$

Donde:

E_{to} = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

K_p = Coeficiente del tanque evaporímetro (adimensional).

E_{va} = Evaporación (mm/día).

$$E_{to} = 3.60 \times 0.80$$

$$E_{to} = 2.88 \text{ mm/día}$$

La evapotranspiración de referencia (ET_o) para el 1 de noviembre del 2022 primer día después de la siembra es 2.88 mm, de esta manera se fue determinando diariamente este dato durante el proceso de investigación para así calcular la planilla de riego del cultivo.

5.6.6.4. Determinación del Coeficiente del cultivo (K_c)

El boletín FAO 56 brindó los datos del coeficiente del cultivo del ajo (K_c) de acuerdo al periodo de desarrollo de este, donde se tiene que el: K_c_{ini} = 0.70, K_c_{med} = 1.00 y K_c_{fin} = 0.70, con estos valores se procedió a realizar la curva única del cultivo.

Tabla 7

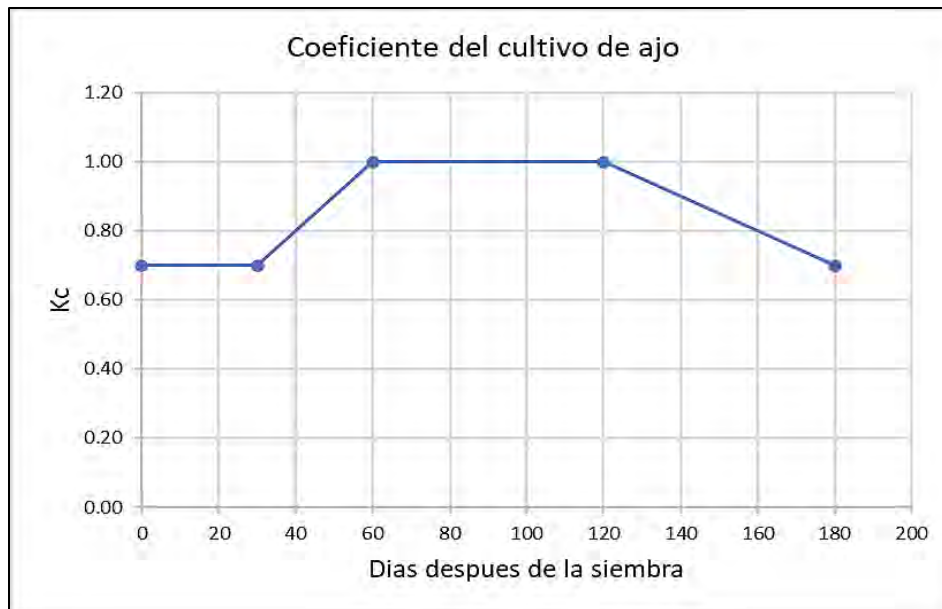
Fases del desarrollo del cultivo de ajo

Fases del cultivo		Días	K _c
Fase inicial	Brotación y emisión y desarrollo de hojas verdaderas	30	0.70
Fase de desarrollo	Crecimiento vegetativo	60	1.00
Fase de media estación	Floración y fructificación	60	
Fase final	Madurez y cosecha	30	0.70

Fuente. Adaptado de (FAO, 2006).

Figura 13

Curva del Kc del cultivo de ajo



Fuente. Adaptado de (FAO, 2006).

5.6.6.5. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc)

Para obtener la evapotranspiración del cultivo (ETc) se multiplica la evapotranspiración de referencia (ETo) por el coeficiente del cultivo (ETc).

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

Kc = Coeficiente del cultivo.

$$ETc = 2.88 \times 0.70$$

$$ETc = 2.02 \text{ mm/día}$$

La evapotranspiración del cultivo (ETc) para el 1 de noviembre del 2022 primer día después de la siembra es 2.02 mm, dato que se fue determinando diariamente para poder calcular la planilla de riego del cultivo.

5.6.6.6. Cálculo de la lámina de riego

- **Lamina neta inicial**

Para determinar la lámina neta de riego inicial de agua se obtuvo a partir de los resultados de análisis de suelo previamente realizados, el que proporcionó los siguientes parámetros: Capacidad de Campo (CC), el Punto de Marchitez Permanente (PMP) y la densidad aparente (Da). Asimismo, se requiere el parámetro de la profundidad efectiva radicular (z), valor que facilitó el boletín FAO 56, una vez teniendo estos datos se procedió a realizar el cálculo de la lámina neta inicial mediante la siguiente ecuación.

Donde:

Ln inicial = Lamina neta inicial (mm/día).

CC = Capacidad de campo (%).

PMP = Punto de marchitez permanente (%).

z = Profundidad de raíz (cm).

Da = Densidad aparente de suelos (gr/cm³).

$$Ln\ inicial = \frac{(CC - PMP) \times Da \times z}{10}$$

$$Ln\ inicial = \frac{(21.64\% - 11.68\%) \times 1.26\ g/cm^3 \times 20\ cm}{10}$$

$$Ln\ inicial = 25.10\ mm$$

La lámina de riego inicial de 25.10 mm indica la cantidad de agua requerida a incorporar al suelo, con fines de preparación del suelo y una vez instalado el cultivo.

- **Lámina neta para riego o de mantenimiento**

Posterior al cálculo de la lámina neta inicial a este resultado se le agrega el factor de secamiento (f) o porcentaje de agotamiento para determinar la lámina neta de riego final, esta muestra la cantidad agua aprovechable que puede perder un cultivo sin que llegue a afectar su crecimiento ni su productividad.

$$Ln \text{ final} = \frac{(CC - PMP) \times Da \times z \times f}{10}$$

Donde:

Ln neta = Lámina neta (mm/día).

CC = Capacidad de campo (%).

PMP = Punto de marchitez permanente (%).

z = Profundidad de raíz (cm).

Da = Densidad aparente de suelos (gr/cm³).

f = Factor de secamiento.

Calculando el factor de secamiento propuesto por la FAO:

$$Ln \text{ inicial} = \frac{(21.64\% - 11.68\%) \times 1.26 \text{ g/cm}^3 \times 20 \text{ cm} \times 0.30}{10}$$

$$Ln \text{ inicial} = 7.53 \text{ mm}$$

- **Lámina neta final**

Esta se consigue entre la diferencia de la lámina de neta de riego por machaco y la lámina neta de mantenimiento.

$$Ln \text{ final} = 25.10 \text{ mm} - 7.53 \text{ mm}$$

$$Ln \text{ final} = 17.57 \text{ mm}$$

- **Lámina bruta**

Para determinar la lámina bruta se consideró la eficiencia de riego, en este caso se empleó el sistema de riego por goteo con una eficiencia del 90%, este dato se divide entre la lámina neta, donde se utilizó la siguiente formula:

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

Donde:

Lb = Lámina bruta (mm)

Ln = Lámina neta (mm)

Ea = Eficiencia de aplicación de riego

$$Lb = \frac{25.10}{0.90}$$

$$Lb = 27.88 \text{ mm}$$

5.6.6.7. Consumo diario de agua

Este cálculo requirió de las lecturas diarias del ETc (2.02 mm), estos datos fueron la cantidad de riego que se necesitó y el que se dividió por el 90% de la eficiencia del sistema de riego, tales valores se muestran en la programación de la planilla de riego

5.6.6.8. Tiempo de riego

- **Precipitación horaria**

Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$PH = \frac{q \frac{l}{h}}{Ee \times El}$$

Donde:

q = Caudal de emisor (l/h)

Ee = Espaciamiento entre emisor (m)

El = Espaciamiento entre laterales (m)

$$PH = \frac{1.36 \text{ l/h}}{0.20 \times 0.50}$$

$$PH = 13.6 \text{ mm/h}$$

Luego de haber calculado la precipitación horaria se procedió a hallar el tiempo de riego.

- **Tiempo de riego**

A partir de la precipitación horaria y la lámina de agua a reponer en el día se calculó el tiempo de riego.

$$Tr = \frac{L}{PH}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (h)

L = Lámina de agua a reponer (mm)

PH = Precipitación horaria (mm/h)

$$Tr = \frac{7.64 \text{ mm}}{13.6 \text{ mm/h}}$$

$$Tr = 0.5617 \text{ horas}$$

$$Tr = 0.5617 \text{ h} \times 60 = 33'7'' = 34 \text{ minutos}$$

Para el 4 de noviembre del 2022 el tiempo de riego requerido fue de 34 minutos.

5.7. Conducción del campo experimental

5.7.1. Análisis de suelo

La recolección de la muestra de suelo del área de experimental se hizo de forma manual, tomando cinco submuestras en zigzag con una profundidad de 20 cm realizando cortes en “V” utilizando una pala, las que luego se mezclaron. Posterior a ello, se tomó una muestra de un kilogramo, la que se depositó en una bolsa hermética correctamente etiquetada y se procedió a llevar al laboratorio de química agrícola de Valle Grande San Vicente – Lima. Además, se llevó otra muestra para su análisis físico-químico de suelo a la Facultad de Ciencias de la UNSAAC, donde se consideró específicamente la Capacidad de Campo (%) y el Punto de Marchitez Permanente (%). Esta información ayudó a plantear la dosis de fertilizantes y determinar la planilla de riego.

Tabla 8

Análisis de suelo

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD
Textura		
Arena	28.67	%
Limo	38.08	%
Arcilla	33.25	%
Clase textural	FRANCO ARCILLOSO	
Carbonato de calcio total	3.49	%
Conductividad eléctrica (e.s) a 25°C	3.50	dS/m
Densidad aparente	1.26	g/cm ³
pH (1/1) A TEMP 27.4 °C	7.66	
Fosforo disponible	17.30	ppm
Materia orgánica	1.93	%
Potasio disponible	133.80	ppm
Cationes cambiables		
Calcio	19.45	mEq/100g
Magnesio	1.06	mEq/100g
Sodio	0.60	mEq/100g
Potasio	0.34	mEq/100g
P.S.I	2.81	%
Cl.C.E	21.45	mEq/100g

MICRONUTRIENTES DISPONIBLES		
Cobre	2.22	ppm
Zinc	0.81	ppm
Magnesio	22.60	ppm
Hierro	14.13	ppm
Boro	0.21	ppm

Fuente. Laboratorio de química agrícola de “Valle Grande” San Vicente – Lima

Tabla 9

Análisis de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD
Capacidad de Campo (CC)	21.64	%
Punto de Marchitez Permanente (PMP)	11.68	%

Fuente. Laboratorio de análisis químico de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNSAAC.

5.7.2. Análisis de agua

Se tomó una muestra de agua de 2 litros de la fuente de captación del manantial de Intipata, la que se almaceno en una botella descartable debidamente etiquetada, posteriormente se procedió a trasladar la muestra al laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas de la UNSAAC, para determinar las características físico-químicas del agua, conocer si el agua utilizada es apta para el riego del cultivo.

5.7.3. Preparación del terreno

Se realizó el 27 de octubre de 2022, la limpieza y remoción completa del área de investigación con herramientas como lampa, pico, rastrillo y otros con la finalidad de quitar las malezas, piedras restos vegetales las cuales puedan contener huevos de plagas que a la posterior ocasionen diversos daños en la planta.

5.7.4. Replanteo

Preparado el terreno fue necesario realizar la actividad del replanteo para delimitar el campo experimental el que se detalla en el diseño experimental, para dicha labor se utilizó; estacas, cordeles, combo, wincha y yeso.

5.7.5. *Trazado de surcos*

Una vez efectuado el marcado del campo experimental se procedió al trazado de los surcos con una profundidad de 10 cm, con la finalidad de favorecer la aireación y drenaje del terreno permitiendo que el cultivo pueda desarrollarse con normalidad.

5.7.6. *Selección de bulbos como semillas*

Los bulbos de ajos fueron adquiridos de una agro-veterinaria confiable de la ciudad del Cusco, luego se procedió a separar los dientes de los bulbos para posterior a ello seleccionar las semillas tomando en cuenta los siguientes aspectos: genéticos, físicos, fisiológicos y sanitarios, con el propósito de lograr un mayor éxito desde al momento de la germinación y desarrollo del cultivo.

5.7.7. *Tratamiento de las semillas*

Se aplicó un fungicida preventivo Vitavax-300 con su ingrediente activo Carboxin/Captan a una dosis de 20 gr en 5 litros de agua, con el objetivo de prevenir a las semillas protegiendo y evitando la presencia de patógenos que atacan a las semillas durante la germinación y el crecimiento vegetativo del cultivo, evitar la muerte y pudrición de las plántulas.

5.7.8. *Siembra*

Esta actividad se realizó el 1 de noviembre del 2022, previo a la siembra se regó el terreno a capacidad de campo, para luego depositar los dientes de ajos en los surcos trazados a 20 centímetros de distancia entre plantas y 50 centímetros entre hileras. Posterior a ello, se cubrió las semillas con una capa de tierra de 4 centímetros.

5.7.9. *Control de plagas y enfermedades*

En cuanto al control de plagas y enfermedades, se hizo un monitoreo constante para la identificación de los mismos, en el momento de la conducción del experimento se identificó la

plaga *Trips tabaci* el que fue controlado de manera oportuna con el producto químico CIGARAL 70 WP en polvo a una dosis de 10 g en una mochila pulverizadora de 15 litros. Acerca de enfermedades no se detectaron ninguno, lo que se debió a la desinfección de las semillas antes de la siembra con el producto VITAVAX-300.

5.7.10. Desmalezado y aporques

El proceso de desmalezado se realizó después de la emergencia de la planta y durante todo el periodo de desarrollo del cultivo. También, se hizo 3 ligeros aporques de manera oportuna, practica agrícola necesaria para el buen desarrollo fisiológico del cultivo, mejorando la estabilidad de la planta y optimiza la absorción de agua y nutrientes.

5.7.11. Riego

El riego se realizó de acuerdo a la programación de la planilla de riego durante todo el periodo de desarrollo de la planta.

5.7.12. El fertirriego

La fertiirrigación se efectuó de acuerdo al resultado del análisis de suelo, una vez realizado este proceso previo a la instalación de las parcelas del cultivo de ajo, se procedió a determinar el cálculo de la dosificación de nutrientes a aplicar bajo el sistema de riego por goteo, la cual fue de manera eficiente y uniforme. El cálculo para fertilizar se realizó en base a los niveles de fertilización que utilizaron los diferentes autores para la conducción del cultivo. La aplicación de nutrientes se realizó de manera periódica, con una frecuencia de cada 5 días durante el desarrollo del cultivo.

5.7.13. Cosecha

Se realizó el 29 de abril de 2023, la cosecha se ejecutó de forma manual a los 180 días después de la siembra, cuando el 30 a 50 % de las hojas se mostraron amarillas dando a entender

que inicio la madurez fisiológica, también se pudo apreciar que el cuello de los bulbos o bulbillos se ablandaron, estos factores indicaron que era momento de cosechar el cultivo. Al final las plantas cosechadas fueron arrancadas y secadas sobre el terreno con todas sus hojas, bulbos y raíces.

5.8. Parámetros de evaluación

- **Altura de planta**

Se procedió a medir la altura de 16 plantas tomadas al azar por cada unidad experimental con la ayuda de una wincha métrica, midiendo desde el ras del suelo hasta el ápice de la hoja más larga, dichas evaluaciones se realizaron en 2 ocasiones a los 90 días en pleno crecimiento foliar, a los 150 días cuando crecimiento del cultivo se detiene, todo esto posterior a la siembra.

- **Número de hojas**

Se contabilizó el número de hojas de 16 plantas por cada unidad experimental, estas evaluaciones se realizaron en 2 oportunidades a los 60 y 120 días después de la siembra, durante el desarrollo fenológico del cultivo.

- **Diámetro del bulbo**

El diámetro del bulbo se midió con la ayuda de un vernier, se tomó en consideración 16 bulbos por unidad experimental, donde la unidad de medida fue en centímetros.

- **Tamaño del bulbo**

Se evaluaron el tamaño de 16 bulbos por cada unidad experimental, con la ayuda de un vernier, se tomó el bulbo en sentido polar y se procedió a medir en centímetros, este procedimiento se hizo después de la cosecha.

- **Diámetro del cuello basal del pseudotallo**

Con un vernier se midió la parte más ancha del pseudotallo, ubicada en la parte inferior de las hojas, considerando 16 plantas por unidad experimental, la evaluación se realizó posterior a la cosecha.

- **Peso fresco de los dientes**

Para la evaluación se tomaron 16 bulbos por unidad experimental, y se pesaron 10 dientes de cada bulbo las que fueron seleccionadas al azar, proceso que se realizó con una balanza digital.

- **Número de dientes**

Para la determinación de este carácter se procedió a separar los dientes de cada bulbo, luego se contabilizó el número de dientes obtenidos de cada unidad experimental.

- **Peso fresco de los bulbos por hectárea**

Para determinar el rendimiento por hectárea se tomó una muestra de 16 bulbos de ajo fresco por unidad experimental y se procedió a pesar cada bulbo fresco en relación al área que ocuparon, las que fueron expresadas en t/ha.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Características agronómicas

6.1.1. Altura de planta

6.1.1.1. Primera evaluación de la altura de planta

Tabla 10

Primera evaluación de la altura de planta (cm)

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	39.63	40.81	40.44	35.38	156.25	39.06
II	42.00	41.81	42.38	34.44	160.63	40.16
III	40.50	40.50	41.63	34.38	157.00	39.25
IV	40.19	40.56	39.94	34.69	155.38	38.84
Sumatoria	162.31	163.69	164.38	138.88		
Promedio	40.58	40.92	41.10	34.72		39.33

Tabla 11

ANVA para la primera evaluación de la altura de planta (cm)

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	3.99	3	1.33	2.64	3.86	6.99	NS.	NS.
Tratamientos	113.87	3	37.96	75.35	3.86	6.99	*	*
Error	4.53	9	0.5037					
Total	122.39	15					CV: 1.80%	

El análisis de varianza (ANVA) de la primera evaluación de la altura de planta, muestra que no se presentaron diferencias significativas entre bloques al 95% y 99% de confianza, lo que indica que existe homogeneidad de condiciones del área de estudio. Sin embargo, se observaron diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos.

El coeficiente de variabilidad es 1.80%, valor que señala que existe una baja de dispersión de la media de los tratamientos y que los datos analizados en relación a la variable son confiables.

Tabla 12

Prueba de Tukey para la primera evaluación de altura de planta (cm)

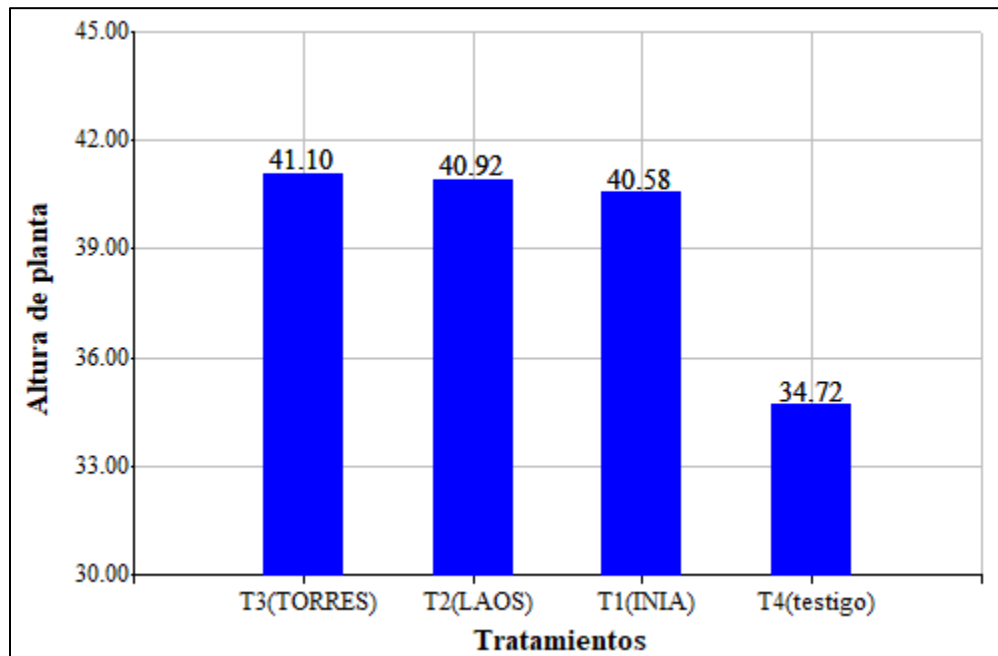
ALS (5%) = 1.49

ALS (1%) = 2.11

Orden de Merito	Tratamientos	Altura de planta (cm)	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	41.10	A	A
II	T2 (Laos)	40.92	A	A
III	T1 (INIA)	40.58	A	A
IV	T4 (Testigo)	34.72	B	B

Figura 14

Media de altura de planta (cm)



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza de la primera evaluación de la altura de planta, muestra que el tratamiento T3 (Torres) obtuvo 41.10 cm, seguido por el T2 (Laos) con 40.92 cm y el T1 (INIA) con 40.58 cm, siendo este grupo estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al tratamiento T4 (Testigo) con 34.72 cm.

En cuanto a los resultados obtenidos mencionar que el cultivo requiere un alta de demanda de nitrógeno ya que este nutriente influye en el desarrollo de la planta.

6.1.1.2. Segunda evaluación de la altura de planta

Tabla 13

Segunda evaluación de la altura de planta (cm)

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	68.38	71.25	71.38	57.69	268.69	67.17
II	71.19	72.94	72.50	54.81	271.44	67.86
III	70.94	68.44	71.56	53.75	264.69	66.17
IV	69.81	70.44	70.50	56.81	267.56	66.89
Sumatoria	280.31	283.06	285.94	223.06		
Promedio	70.08	70.77	71.48	55.77		67.02

Tabla 14

ANVA para la segunda evaluación de la altura de planta (cm)

F. de V.	SC	Gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	5.85	3	1.95	0.82	3.86	6.99	NS.	NS.
Tratamientos	679.89	3	226.63	95.56	3.86	6.99	*	*
Error	21.34	9	2.3716					
Total	707.09	15					CV: 2.30%	

El análisis de varianza (ANVA) de la segunda evaluación de la altura de planta, muestra que entre los bloques no hubo diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, lo que sugiere la distribución de repeticiones es homogénea. Por su parte, a nivel de tratamientos si mostraron diferencias significativas entre sus medias.

El coeficiente de variación es 2.30%, lo que precisa que los datos analizados y los resultados obtenidos manifiestan una alta confiabilidad, también indica que el grado de dispersión es mínimo en relación a la media de los tratamientos. Asimismo, se menciona que existe una influencia de la aplicación controlada de dosis de fertilizantes y agua.

Tabla 15

Prueba de Tukey para la segunda evaluación de altura de planta (cm)

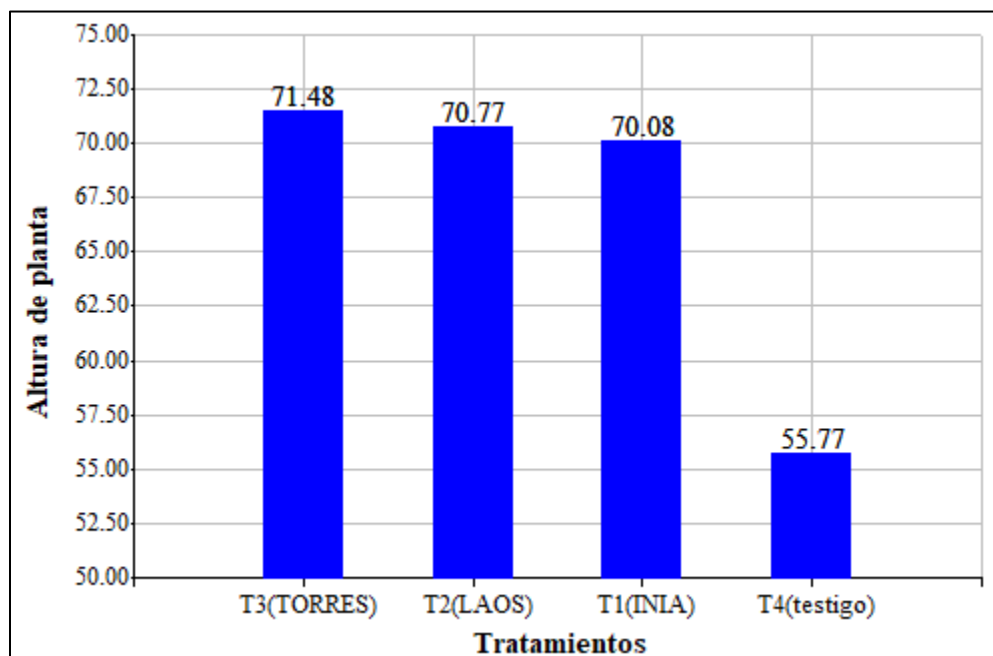
ALS (5%) = 3.25

ALS (1%) = 4.59

Orden de Merito	Tratamientos	Altura de planta (cm)	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	71.48	A	A
II	T2 (Laos)	70.77	A	A
III	T1 (INIA)	70.08	A	A
IV	T4 (Testigo)	55.77	B	B

Figura 15

Media final de altura de planta (cm)



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza de la segunda evaluación de la altura de planta, refiere que el tratamiento T3 (Torres) obtuvo 71.48 cm, seguido por el T2 (Laos) con 70.77 cm y el T1 (INIA) con 70.08 cm, los que resultan ser estadísticamente iguales entre sí, pero a su vez superiores al tratamiento T4 (Testigo) con 55.77 cm.

Laos et al. (2013), indica que alcanzó una altura de plantas promedio de 75.30 cm no mostrando diferencia significativa entre sus tratamientos, en comparación con la presente investigación tienen cierta superioridad en cuanto a los mejores resultados obtenidos, los que se deberían a la diferencia de métodos de aplicación y combinación de fertilizantes. También, **Esquivel (2015)**, manifiesta que obtuvo 59.5 cm de longitud promedio de plantas al aplicar diferentes dosis de fertilizantes de NPK, dicho resultado difiere con los tratamientos propuestos por los autores de las dosis de nutrientes del presente estudio, esta diferencia podría deberse a la forma aplicación de nutrientes en el caso mencionado se aplicó manera tradicional mientras que en esta investigación se hizo mediante el riego por goteo. Por otra parte, **Carbajal (2018)** refiere que, al aplicar dosis de soluciones nutritivas de macronutrientes y micronutrientes, obtuvo 68.95 cm de altura de planta en promedio, resultado que no varía demasiado en cuanto a los hallados en el presente experimento, variación que podría ser a causa de la concentración de aplicación de nutrientes y la técnica de acolchado plástico usado en el experimento.

FAO (2002), menciona de no aplicar nitrógeno en especial en la etapa vegetativa de las plantas estas llegarían a ser pequeñas, poco saludables y con un crecimiento lento. Además, **Pinzón (2009)** manifiesta que a falta de agua en cualquiera de las fases de crecimiento y desarrollo del cultivo serán altamente perjudiciales para la producción de los bulbos de ajos. Por tanto, expresar que la aplicación de fertilizantes mediante el riego localizado por goteo resulta ser favorable para crecimiento del cultivo.

6.1.2. Número de hojas

6.1.2.1. Primera evaluación del número de hojas

Tabla 16

Primera evaluación del número de hojas

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	5.94	6.88	6.81	6.00	25.63	6.41
II	6.31	6.50	6.63	5.69	25.13	6.28
III	6.56	6.25	6.38	5.94	25.13	6.28
IV	6.44	6.81	7.19	6.44	26.88	6.72
Sumatoria	25.25	26.44	27.00	24.06		
Promedio	6.31	6.61	6.75	6.02		6.42

Tabla 17

ANVA para la primera evaluación del número de hojas

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	0.51	3	0.17	2.54	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	1.28	3	0.43	6.36	3.86	6.99	*	NS
Error	0.60	9	0.0671					
Total	2.39	15					CV: 4.03%	

El análisis de varianza (ANVA) de la primera evaluación del número de hojas, muestra que los bloques no existen diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, debido a que las condiciones del experimento fueron uniformes. En el caso de los tratamientos mostraron diferencias significativas solo al 95% de confianza, pero no al 99%.

El coeficiente de variabilidad es 4.03%, lo que indica que existe una baja dispersión respecto a la media de los tratamientos y que los datos analizados en relación a la variable son confiables.

Tabla 18

Prueba de Tukey para la primera evaluación del número de hojas

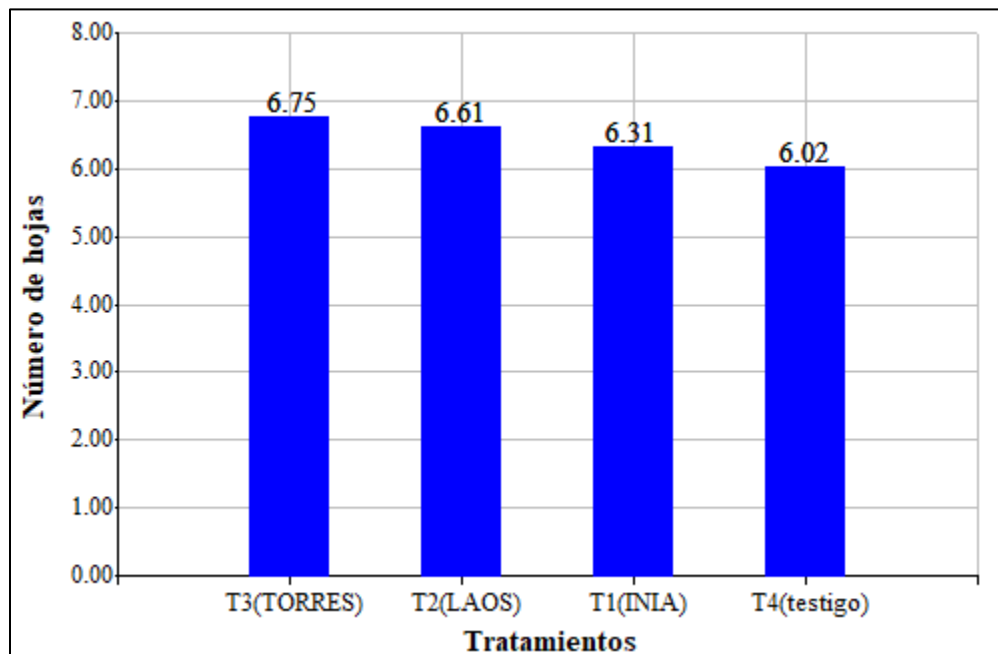
ALS (5%) = 0.55

ALS (1%) = 0.77

Orden de Merito	Tratamientos	Número de hojas	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	6.75	A	A
II	T2 (Laos)	6.61	A	A
III	T1 (INIA)	6.31	A B	A
IV	T4 (Testigo)	6.02	B	A

Figura 16

Media del número de hojas



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza, muestra que el tratamiento T3 (Torres) obtuvo 6.75 hojas que resulta ser aritméticamente superior a los demás tratamientos tras obtener el mayor número hojas en promedio, seguido por el T2 (Laos) con 6.61 hojas, T1 (INIA) con 6.31 hojas y por último el T4 (Testigo) con 6.02 hojas; sin embargo, estadísticamente todos los resultados son estadísticamente iguales entre sí.

6.1.2.2. Segunda evaluación del número de hojas

Tabla 19

Segunda evaluación del número de hojas

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	9.88	10.88	11.06	9.75	41.56	10.39
II	10.50	10.69	10.94	9.63	41.75	10.44
III	10.75	10.19	10.38	9.69	41.00	10.25
IV	10.69	10.81	11.31	10.50	43.31	10.83
Sumatoria	41.81	42.56	43.69	39.56		
Promedio	10.45	10.64	10.92	9.89		10.48

Tabla 20*ANVA para la segunda evaluación del número de hojas*

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	0.74	3	0.25	2.18	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	2.28	3	0.76	6.76	3.86	6.99	*	NS
Error	1.01	9	0.1123					
Total	4.02	15					CV: 3.20%	

El análisis de varianza (ANVA) de la segunda evaluación del número de hojas, se observa que no existe diferencias significativas a nivel de los bloques al 95% y 99% de confianza, puesto que la distribución de repeticiones es homogénea. Referente a los tratamientos se indica que solo al 95% confianza mostraron diferencias significativas, pero no al 99%.

El coeficiente de variabilidad es 3.20%, valor que señala que hubo un buen manejo del experimento y recolección de datos. Además, que el grado de dispersión es bajo entre la media de los tratamientos.

Tabla 21*Prueba de Tukey para la segunda evaluación del número de hojas*

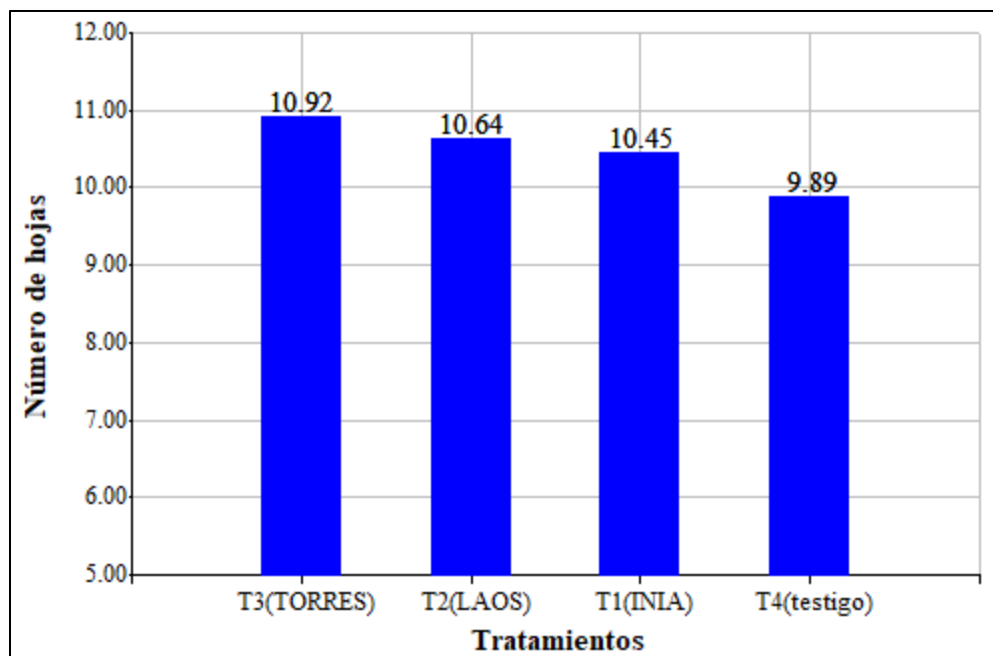
ALS (5%) = 0.71

ALS (1%) = 1.00

Orden de Merito	Tratamientos	Número de hojas	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	10.92	A	A
II	T2 (Laos)	10.64	A	A B
III	T1 (INIA)	10.45	A B	A B
IV	T4 (Testigo)	9.89	B	B

Figura 17

Media final del número de hojas



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza, se tiene que el tratamiento T3 (Torres) obtuvo 10.92 hojas, seguido por el T2 (Laos) con 10.64 hojas y el T1 (INIA) con 10.45 hojas, son estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al tratamiento T2 (Laos) con 10.64 hojas, T1 (INIA) con 10.45 hojas y al T4 (Testigo) con 9.89 hojas.

Esquivel (2015), señala que en su trabajo experimental obtuvo 11.7 hojas por planta al emplear NPK entre sus tratamientos, en comparación con el presente estudio indicar que son diferentes en relación a los resultados obtenidos lo que se debería a la forma de aplicación y a la cantidad de fertilizantes utilizadas en el experimento mencionado.

Trobok & Rodríguez (1979), refieren que los macroelementos como el nitrógeno, fósforo y potasio presentes en el suelo tienen una influencia significativa en la altura de plantas y el peso fresco, asimismo aluden que tienen un efecto importante sobre el número de hojas, diámetro del

bulbo y la cantidad de dientes. En ese sentido, mencionar que existe una influencia favorable en el desarrollo del cultivo a partir de la aplicación controlada de fertilizantes y del manejo adecuado del agua.

6.1.3. Diámetro del bulbo

Tabla 22

Diámetro del bulbo (cm)

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	5.17	5.59	5.73	4.61	21.11	5.28
II	5.21	5.57	5.96	4.23	20.98	5.24
III	5.31	5.50	5.76	4.31	20.89	5.22
IV	5.29	5.64	6.16	4.57	21.66	5.42
Sumatoria	20.99	22.30	23.62	17.73		
Promedio	5.25	5.58	5.90	4.43		5.29

Tabla 23

ANVA para el diámetro del bulbo (cm)

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	0.09	3	0.03	1.72	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	4.79	3	1.60	90.61	3.86	6.99	*	*
Error	0.16	15	0.0176					
Total	5.04						CV: 2.51%	

El análisis de varianza (ANVA) del diámetro del bulbo, indica que no mostraron diferencias significativas al nivel de bloques al 95% y 99% de confianza, lo que implica que las condiciones del área en estudio fueron homogéneas. Por otra parte, en la fuente tratamientos existe diferencias estadísticas significativas entre sus medias.

El coeficiente de variabilidad es 2.51%, valor que indica que la variable en estudio posee una baja dispersión y que los valores procesados expresan una alta confiabilidad.

Tabla 24

Prueba de Tukey para el diámetro del bulbo (cm)

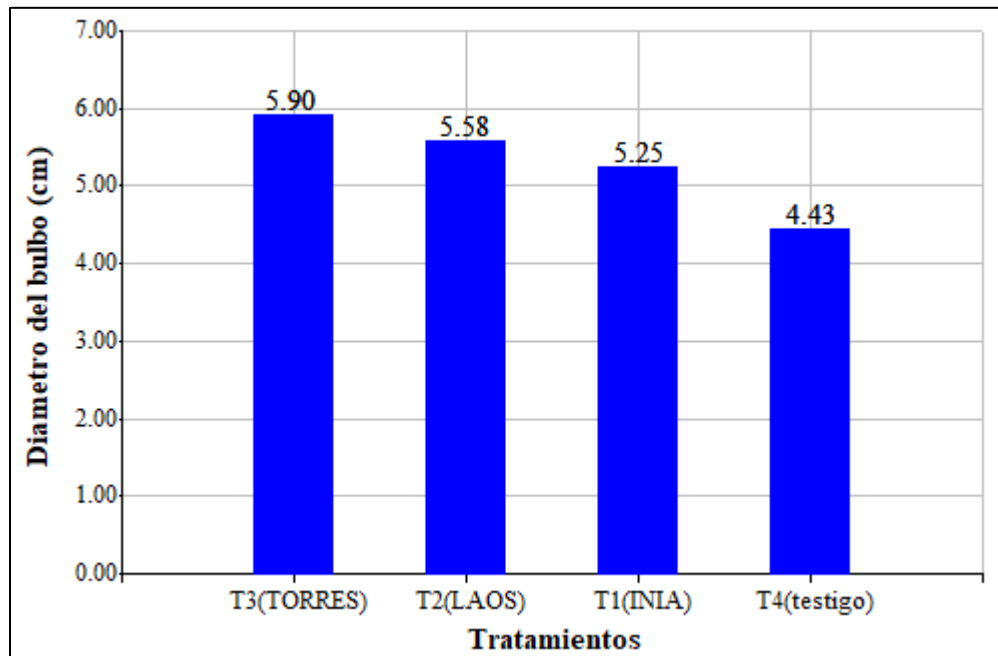
ALS (5%) = 0.28

ALS (1%) = 0.40

Orden de Merito	Tratamientos	Diámetro del bulbo (cm)	Significación		
			5%	1%	
I	T3 (Torres)	5.90	A	A	
II	T2 (Laos)	5.58	B	A	B
III	T1 (INIA)	5.25	C		B
IV	T4 (Testigo)	4.23		D	C

Figura 18

Diámetro del bulbo (cm)



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza, manifiesta que el tratamiento T3 (Torres) y el T2 (Laos) obtuvieron 5.90 cm y 5.58 cm de diámetro de bulbo, los que resultan ser estadísticamente iguales entre sí y superiores a los tratamientos T2 (Laos) con 5.58 cm y al T1 (INIA) con 5.25 cm respectivamente, siendo este grupo estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al tratamiento T4 (testigo) con 4.43 cm ocupando el último lugar.

Huez et al. (2010), reportan que en su investigación obtuvieron 57.7 mm o 5.77 cm de diámetro de bulbo en promedio al aplicar cinco dosis de nitrógeno encontrando que los tratamientos con mayor aplicación de nitrógeno produjeron bulbos de superior diámetro, en comparación al mejor tratamiento alcanzado propuesto por Torres con 5.90 cm de diámetro de bulbo indicar que son semejantes, dichas similitudes es posible que se deban al método de aplicación de fertilizantes y agua, ya que se emplearon cintas de riego en ambos casos lo que aumenta la eficiencia de absorción de nutrientes y agua. Además, **Carbajal (2018)** en su

investigación obtuvo 6.13, 5.95 y 5.70 cm en promedio del diámetro de bulbo de ajo, en relación con los resultados encontrados en esta investigación indicar que existe cierta inferioridad en cuanto al mejor tratamiento obtenido, los que se deberían a la técnica del manejo y cantidad aplicada en la fertilización del cultivo.

Trobok & Rodríguez (1979), mencionan que existe una fuerte respuesta en cuanto al peso y al diámetro total del bulbo al realizar aplicaciones de nitrógeno justo antes del desarrollo de los bulbos. En síntesis, de acuerdo con los resultados conseguidos en la variable diámetro de bulbo se recomienda utilizar la propuesta de Torres con un nivel de fertilizantes de 240-162-250 de NPK.

6.1.4. Tamaño del bulbo

Tabla 25

Tamaño del bulbo (cm)

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	4.39	4.56	4.31	4.09	17.34	4.34
II	4.29	4.61	4.28	3.56	16.74	4.19
III	4.28	4.56	4.23	3.67	16.74	4.18
IV	4.34	4.66	4.25	3.91	17.16	4.29
Sumatoria	17.30	18.39	17.06	15.23		
Promedio	4.33	4.60	4.26	3.81		4.25

Tabla 26*ANVA para el tamaño de bulbo (cm)*

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	0.07	3	0.02	1.79	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	1.29	3	0.43	33.35	3.86	6.99	*	*
Error	0.12	9	0.012904					
Total	1.48	15					CV: 2.67%	

El análisis de varianza (ANVA) de tamaño del bulbo, se observa que no existe diferencias significativas entre bloques al 95% y 99% de confianza, debido a las condiciones del área en estudio las que fueron homogéneas. Por otra parte, al nivel de tratamientos se aprecia que existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza.

El coeficiente de variabilidad es 2.67%, lo que indica que existe una dispersión baja en relación a la media de los datos recopilados y procesados, expresando confiabilidad en los resultados obtenidos.

Tabla 27*Prueba de Tukey para el tamaño del bulbo (cm)*

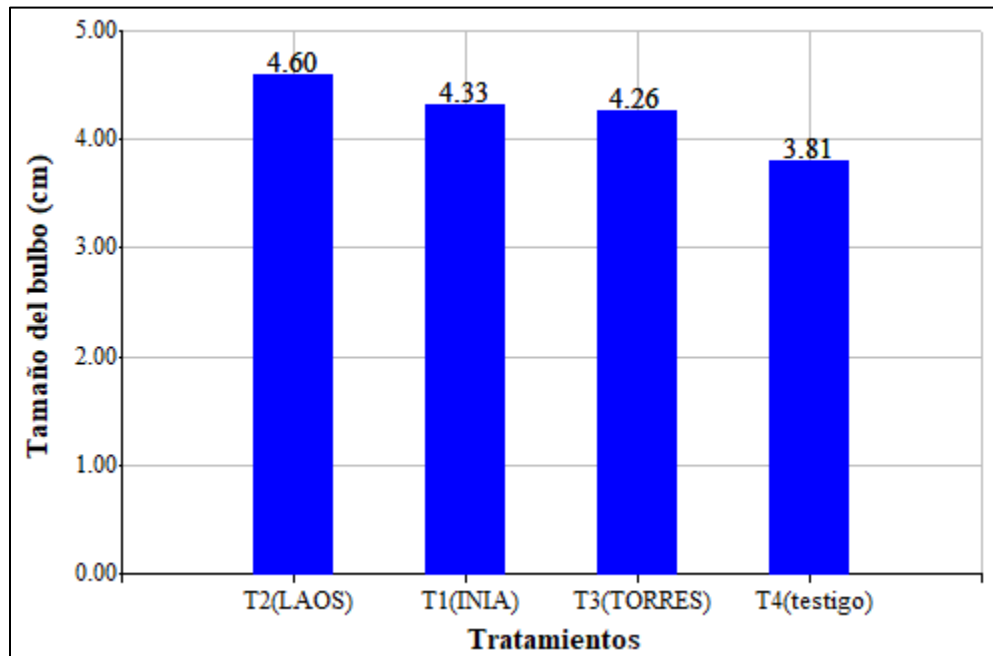
ALS (5%) = 0.24

ALS (1%) = 0.34

Orden de Merito	Tratamientos	Tamaño del bulbo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	T2 (Laos)	4.60	A	A
II	T1 (INIA)	4.33	B	A
III	T3 (Torres)	4.26	B	A
IV	T4 (Testigo)	3.81	C	B

Figura 19

Tamaño del bulbo (cm)



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza, señala que el tratamiento T2 (Laos) con 4.60, T1 (INIA) con 4.33 cm y T3 (Torres) con 4.26 cm de tamaño de bulbo en promedio, son estadísticamente iguales entre sí, a su vez superiores al tratamiento T4 (Testigo) con 3.81 cm.

Zabala & Ojeda (1988) como se citó en **González (2006)**, asegura que la longitud del bulbo de ajo dependerá sobre todo de la etapa vegetativa y de que llegue a alcanzar una cantidad mayor de hojas. En tal sentido, mencionar que la aplicación de fertilizantes mediante el método del riego por goteo favorece positivamente en el tamaño de bulbo, debido a la efectividad de la aplicación oportuna de nutrientes y agua, lo que se efectuó de acuerdo al estado fenológico del cultivo.

6.1.5. Diámetro del cuello del pseudotallo

Tabla 28

Diámetro de cuello del pseudotallo (cm)

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	0.72	0.89	1.07	0.62	3.29	0.82
II	0.77	0.93	1.04	0.53	3.26	0.82
III	0.74	0.92	1.04	0.54	3.24	0.81
IV	0.74	0.88	1.05	0.55	3.23	0.81
Sumatoria	2.98	3.61	4.19	2.24		
Promedio	0.74	0.90	1.05	0.56		0.81

Tabla 29

ANVA para el diámetro de cuello del pseudotallo (cm)

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	6.4E-4	3	2.1E-04	0.26	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	0.53	3	0.18	215.50	3.86	6.99	*	*
Error	0.01	9	0.0008					
Total	0.54	15					CV: 3.51%	

El análisis de varianza (ANVA) de diámetro del cuello del pseudotallo, se contempla que al nivel bloques no se encuentra diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, lo que sugiere homogeneidad de condiciones en el área experimental. Por el contrario, en la fuente de tratamientos manifiesta que existe diferencias significativas entre sus medias en ambos niveles de confianza.

El coeficiente de variación es 3.51%, dato que indica que existe una mínima dispersión entre media de los tratamientos ya que se encuentra dentro del grado de confiabilidad respecto a los valores procesados.

Tabla 30

Prueba de Tukey de diámetro del cuello del pseudotallo (cm)

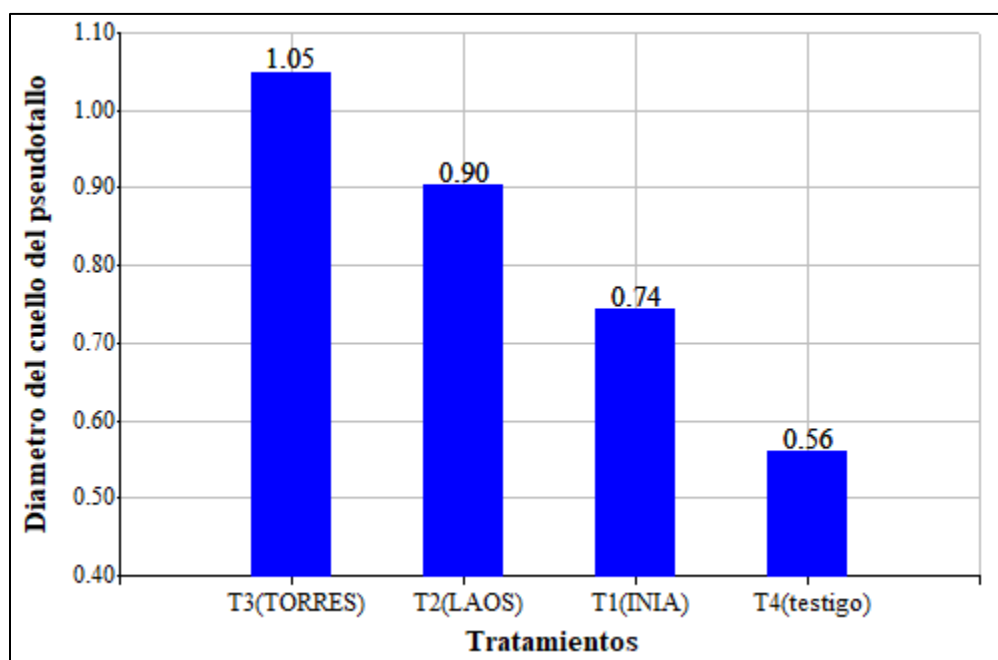
ALS (5%) = 0.06

ALS (1%) = 0.09

Orden de Merito	Tratamientos	Diámetro del pseudotallo (cm)	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	1.05	A	A
II	T2 (Laos)	0.90	B	B
III	T1 (INIA)	0.74	C	C
IV	T4 (Testigo)	0.56	D	D

Figura 20

Diámetro del cuello del pseudotallo (cm)



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza de diámetro del cuello del pseudotallo, se establece que el tratamiento T3 (Torres) obtuvo 1.05 cm, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos en la variable diámetro del cuello del pseudotallo, seguido por el T2 (Laos) con 0.90 cm, T1 (INIA) con 0.74 cm y en último lugar se encuentra el tratamiento T4 (Testigo) con 0.56 cm en promedio.

Rodríguez & Flórez (2004), mencionan que la falta de potasio produce un retraso en el crecimiento de la planta con tallos frágiles y entrenudos cortos, además se ve afectado la producción de frutos ya que la presencia de este elemento asegura el buen contenido de los ácidos, aroma y azúcares de los frutos. De esta manera, manifestar que la aplicación de fertilizantes con un nivel de 240-162-250 de NPK vía riego por goteo tiene una buena influencia sobre el desarrollo de la planta y el diámetro del pseudotallo.

6.2. Rendimiento del cultivo de ajo

6.2.1. Peso fresco del bulbo

Tabla 31

Peso fresco del bulbo (t/ha)

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	13.40	15.81	16.53	10.00	55.74	13.93
II	13.91	15.91	17.93	8.39	56.14	14.03
III	13.78	15.19	16.80	8.31	54.08	13.52
IV	13.58	15.45	17.75	9.29	56.06	14.02
Sumatoria	54.66	62.36	69.00	35.99		
Promedio	13.67	15.59	17.25	9.00		13.88

Tabla 32*ANVA para el peso fresco del bulbo (t/ha)*

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	0.70	3	0.23	0.67	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	152.70	3	50.90	145.49	3.86	6.99	*	*
Error	3.15	9	0.349836					
Total	156.55	15					CV: 4.26%	

El análisis de varianza (ANVA) de peso fresco del bulbo, muestra que no tuvieron diferencias significativas al nivel de los bloques al 95% y 99% de confianza, ya que las condiciones del área en estudio fueron uniformes. Respecto a los tratamientos se observa que existe diferencias estadísticas significativas entre sus medias en ambos niveles de confiabilidad.

El coeficiente de variabilidad es 4.26%, esto indica que se estima una ligera dispersión entre la media de los tratamientos y que los datos procesados son confiables.

Tabla 33*Prueba de Tukey para el peso fresco del bulbo (t/ha)*

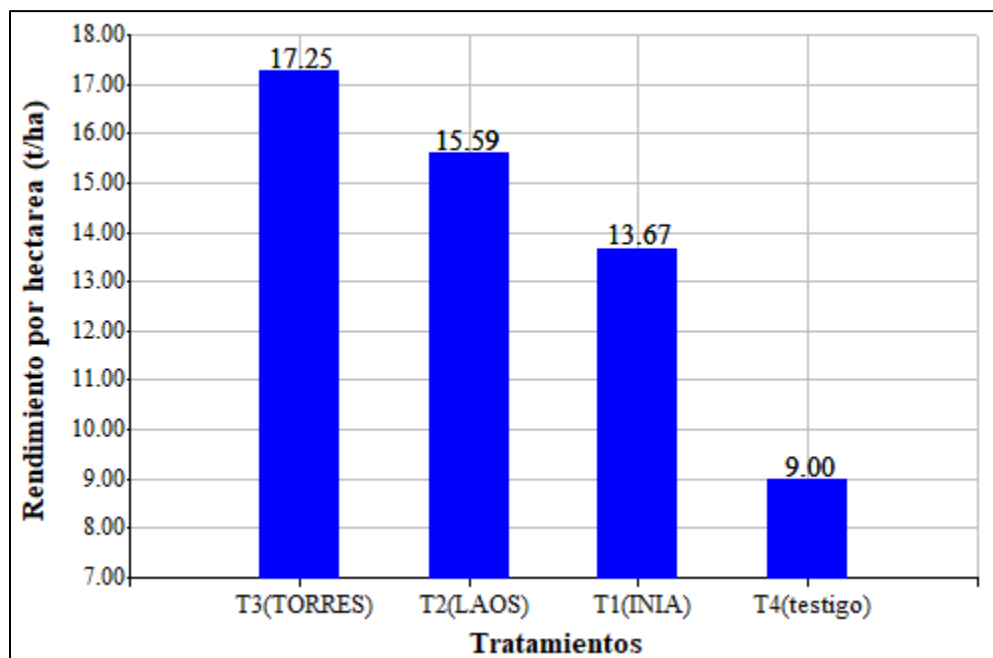
ALS (5%) = 1.25

ALS (1%) = 1.76

Orden de Merito	Tratamientos	Peso fresco del bulbo (t/ha)	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	17.25	A	A
II	T2 (Laos)	15.59	B	A
III	T1 (INIA)	13.67	C	B
IV	T4 (Testigo)	9.00	D	C

Figura 21

Peso fresco del bulbo (t/ha)



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza, se aprecia que el tratamiento T3 (Torres) obtuvo 17.25 t/ha y el T2 (Laos) con 15.59 t/ha, son estadísticamente iguales entre sí, pero a la vez superiores al resto de tratamientos, seguidos por el tratamiento T1 (INIA) con 13.67 t/ha, en último lugar el tratamiento T4 (Testigo) con 9.00 t/ha en rendimiento promedio.

Laos et al. (2013), quienes manifiestan que alcanzó un rendimiento de 11.79 t/ha, mencionan que el mejor nivel de aplicación de fertilizante fue de 200-120-250 de NPK al equiparar con los otros niveles, siendo este resultado inferior en cuanto al mejor tratamiento hallado en el presente estudio, esta desigualdad se debería al método de aplicación y mezcla de nutrientes que provocaron efectos diferentes en el rendimiento del cultivo. Mientras que, **Lipinski & Gaviola (2006)** indican que en su investigación obtuvieron un rendimiento de 15.48 t/ha resultado que fue el más productivo que el resto de cultivares que estudiaron, al comparar con lo obtenido en la investigación mencionada existe diferencias significativas, esto pudo deberse a la variedad del

cultivo y las dosis de concentraciones de nitrógeno aplicadas mediante fertirriego realizadas en el estudio de estos autores. Asimismo, **Blanco (1998)** señala que el tratamiento de humus de lombriz más inorgánico al nivel alto con 170-160-120 logró un superior rendimiento de bulbo con 12.50 t/ha, el cual es inferior a lo obtenido en relación al mejor tratamiento en la investigación, diferencias que podrían deberse al método de aplicación y a los fertilizantes utilizados en el mencionado estudio.

Gaviola & Lipinski (2008), mencionan que se ha detectado que la aplicación de distintas dosis de nitrógeno tiene un efecto relevante en el rendimiento y la coloración de ciertos cultivares de ajo. **Castellanos et al. (2003)**, refiere que el fósforo es un mineral importante para lograr una exitosa producción de ajo y según vaya incrementando el rendimiento del cultivo, también se elevaran la demanda del fósforo y otros nutrientes. (**Alcántar & Trejo-Téllez, 2007**); el descenso de la concentración de potasio causara la perdida de presión de turgencia y disminución en el metabolismo general de la planta lo que provocara un bajo rendimiento del cultivo. Concluyendo que existe un efecto positivo sobre el rendimiento del bulbo fresco por hectárea al aplicar una dosis de nutrientes de (240-162-250) de N-P-K mediante el riego por goteo.

6.2.2. *Peso fresco de los dientes*

Tabla 34

Peso fresco de los dientes (g/diente)

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	32.75	36.75	38.56	29.75	137.81	34.45
II	34.06	37.06	40.06	27.44	138.63	34.66
III	33.69	35.25	37.25	25.44	131.63	32.91
IV	33.19	35.88	39.63	28.06	136.75	34.19
Sumatoria	133.69	144.94	155.50	110.69		
Promedio	33.42	36.23	38.88	27.67		34.05

Tabla 35

ANVA para peso fresco de los dientes (g/diente)

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	7.43	3	2.48	2.27	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	276.51	3	92.17	84.32	3.86	6.99	*	*
Error	9.84	9	1.0931					
Total	293.78						CV: 3.07%	

El análisis de varianza (ANVA) de peso fresco de los dientes, se puede apreciar que al nivel de bloques no existe diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, el cual indica que las condiciones del área en estudio fueron uniformes. Para los tratamientos se muestra que existe diferencias estadísticas significativas en relación de sus medias.

El coeficiente variación es 3.07%, este valor explica una ligera dispersión de los promedios y que los datos analizados son confiables.

Tabla 36

Prueba de Tukey del peso fresco de los dientes (g/diente)

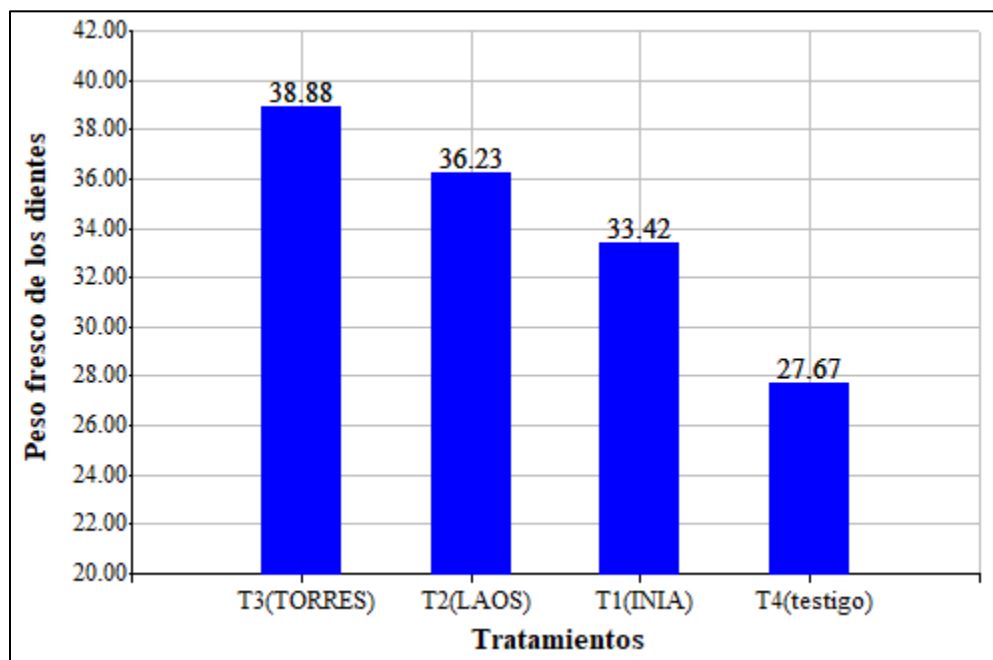
ALS (5%) = 2.21

ALS (1%) = 3.12

Orden de Merito	Tratamientos	Peso fresco de los dientes	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	38.88	A	A
II	T2 (Laos)	36.23	B	A B
III	T1 (INIA)	33.42	C	B
IV	T4 (Testigo)	27.67	D	C

Figura 22

Peso fresco de los dientes (g/diente)



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza, manifiesta que el tratamiento T3 (Torres) y el T2 (Laos) obtuvieron 38.88 g/diente y 36.23 g/diente, resultan ser estadísticamente iguales entre sí y superiores a los tratamientos T2 (Laos) con 36.23 g/diente y al T1 (INIA) con 33.42 g/diente respectivamente, siendo este grupo estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al tratamiento T4 (testigo) con 27.67 cm.

Tunqui (2019), menciona que en su experimento obtuvo de 33.50 g/diente hasta 27.75 g/diente siendo el testigo superior a los otros tratamientos, en la aplicación de soluciones nutritivas en la producción de ajo. Por su parte, **Carbajal (2018)** indica que obtuvo 32.00 g/diente el que fue aritméticamente superior a los demás tratamientos, al emplear diferentes soluciones nutritivas mediante la técnica de acolchado plástico, de tal forma que al comparar con los mejores resultados encontrados en la presente investigación son distintos e inferiores en ambos casos, la razón podría deberse a la técnica empleada en el manejo del cultivo, la aplicación y concentración de nutrientes al momento ejecutarse dichas investigaciones. De esta manera, se concluye que la aplicación de nutrientes con distintas formulaciones de N-P-K vía riego por goteo fomentan el buen peso fresco de los dientes de ajo, ya que existe una mejor precisión al momento de aplicar los fertilizantes.

6.2.3. Número de dientes

Tabla 37

Número de dientes

Bloques	Tratamientos				Sumatoria	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	16.94	17.13	19.19	12.69	65.94	16.48
II	14.75	16.38	17.13	11.75	60.00	15.00
III	15.88	16.75	16.18	10.94	59.74	14.93
IV	16.19	17.00	21.69	12.19	67.06	16.77
Sumatoria	63.75	67.25	74.19	47.56		
Promedio	15.94	16.81	18.55	11.89		15.80

Tabla 38

ANVA para el número de dientes

F. de V.	SC	gl	CM	Fc	Ft		Signif.	
					5%	1%		
Bloques	11.14	3	3.71	2.99	3.86	6.99	NS	NS
Tratamientos	95.49	3	31.83	25.62	3.86	6.99	*	*
Error	11.18	9	1.2422					
Total	117.81	15					CV: 7.06%	

El análisis de varianza (ANVA) del número de dientes, se observa a nivel de bloques que no mostraron diferencias significativas al 95% y 99% de confianza, lo que indica que las condiciones del área de estudio fueron uniformes. Sin embargo, a nivel de tratamientos manifiesta que existe diferencias estadísticas significativas, todo esto al 99% y 95% de confiabilidad.

El coeficiente de variabilidad es 7.06%, este dato expresa que existe una ligera dispersión entre la media de los tratamientos y que los datos analizados son aceptables.

Tabla 39

Prueba de Tukey para el número de dientes

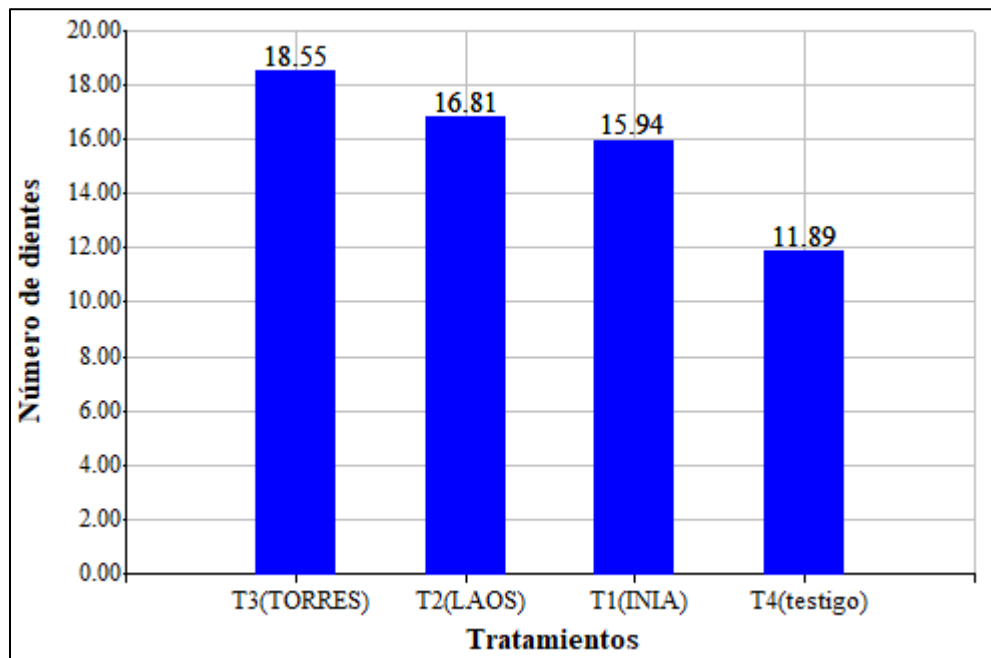
ALS (5%) = 2.35

ALS (1%) = 3.32

Orden de Merito	Tratamientos	Número de dientes por bulbo	Significación	
			5%	1%
I	T3 (Torres)	18.55	A	A
II	T2 (Laos)	16.81	A B	A
III	T1 (INIA)	15.94	B	A
IV	T4 (Testigo)	11.89	C	B

Figura 23

Número de dientes por bulbo



La prueba estadística de Tukey al 99% de confianza, muestra que el tratamiento T3 (Torres), T2 (Laos) y T1 (INIA) obtuvieron 18.55, 16.81 y 15.94 dientes por bulbo en promedio, resultando este grupo ser estadísticamente iguales entre sí y superiores al tratamiento T4 (testigo) con 11.89 dientes por bulbo.

Huez et al. (2010), informan que obtuvieron 14.8 número promedio de dientes por bulbo aplicando fertilización nitrogenada bajo riego por goteo, siendo contradictorio e inferior a los resultados hallados, estas variaciones se deberían a la diferencia de cultivares utilizadas en ambos estudios, ya que el número de dientes por bulbo está determinado por su genética.

MINAGRI (2020), indica que el ajo Criollo o también llamado Napurí presenta de 11, 15 y 22 dientes por bulbo siendo uno de los productos más vendidos del mercado, dado que su producción es abundante y su calidad industrial es excelente. En conclusión, se recomendaría utilizar la variedad trabajada en el presente estudio aplicando las distintas dosis de N-P-K propuestas por medio del riego localizado por goteo, ya que se consiguieron mejores promedios en la variable número de dientes por bulbo.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

Características agronómicas

En cuanto a los resultados obtenidos se concluye que:

- En la altura de plantas se obtuvo valores de 55.77 cm hasta 71.48 cm, donde el tratamiento T3 con el nivel de fertilizantes de NPK con 240-162-250 fue el mejor promedio frente a los demás tratamientos.
- En el número de hojas, el tratamiento T3 con el nivel de fertilizantes de NPK con 240-162-250, alcanzó 10.92 hojas en promedio ocupando el primer lugar a diferencia del tratamiento T4 que solo obtuvo 9.89 hojas quien ocupó el último lugar.
- El mayor diámetro del bulbo lo obtuvo el tratamiento T3 con 5.90 cm en promedio, al aplicar el nivel de fertilizantes de 240-162-250 de NPK.
- En tamaño del bulbo, se tuvo que el tratamiento T2 logró 4.60 cm en promedio, resultando ser superior a los demás tratamientos al utilizar el nivel de nutrientes de 200-120-150 de NPK.
- En diámetro del cuello del pseudotallo, el tratamiento T3 con 1.05 cm fue el que sobresalió en comparación de los otros tratamientos al emplear el nivel de nutrientes de 240-162-250 de NPK.

Rendimiento

- En rendimiento del peso fresco del bulbo (t/ha), el tratamiento T3 obtuvo 17.25 t/ha al aplicar una formulación de fertilizantes de 240-162-250 de NPK siendo el que ocupó el primer lugar y el tratamiento T4 con 9.00 t/ha el último lugar.

- En peso fresco de dientes, el tratamiento T3 logró 38.88 g/diente quien resultó ser superior al resto de tratamientos al emplear el nivel de fertilizantes de 240-162-250 de NPK.
- En número de dientes, el tratamiento T3 obtuvo 18.55 dientes en promedio por bulbo, siendo superior en relación de los demás tratamientos al aplicar el nivel de fertilizantes de 240-162-250 de NPK.

7.2. Recomendaciones

- A la Universidad San Antonio Abad del Cusco, realizar investigaciones comparando el efecto de diferentes niveles de fertilización aplicados mediante el riego por goteo en distintas variedades de ajo.
- A la Municipalidad Distrital del San Jerónimo – Cusco, promover programas de formación y asesoramiento técnico a los agricultores, en el uso adecuado sobre la fertilización y riego en el cultivo del ajo.
- Se recomienda aplicar el fertilizante vía riego por goteo con una frecuencia de 5 días, ya que se obtiene buenos resultados tanto en el rendimiento como en sus características agronómicas.
- Se propone al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI, realizar estudios orientados a la aplicación de nutrientes mediante el riego localizado por goteo, siendo una alternativa favorable que optimiza el uso adecuado del agua e incrementa la producción del cultivo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alcántar González, G., & Trejo-Téllez, L. I. (2007). *Nutrición de cultivos*. México: Mundi prensa México, S.A. de C.V.
- Baca García, C. J., Vivanco Pérez, R., Abarca Paredes, R., Borda Huamán, R., Canal Solís, A., Pareja Pareja, L., . . . Chacon, C. J. (2010). *Manual Técnico de Riego Presurizado*. Cusco.
- Blanco Illanes, F. (1998). *Niveles de fertilización orgánica e inorgánica en ajo (*Allium sativum* L.)*. [Tesis de grado, Universidad Nacional San Antonio Abad del CUSCO].
- Carbajal Choquehuanca, J. P. (2018). *Efecto de dosis de soluciones nutritivas en la producción de ajo (*Allium sativum* L.) mediante la técnica de cultivo acolchado plástico - K'ayra - Cusco*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
- Castellanos, J. Z., Mendez, F., Villalobos-Reyes, S., Badillo, V., Vargas, P., & Lazcano-Ferrat, I. (2003). REQUERIMIENTOS DE FOSFORO EN CULTIVOS DEL AJO BAJO FERTIGACION.
- Correa, B. G. (2004). *Automatización de sistemas de riego e inyección de nutrimentos*. México. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/350/1/Benito%20Gustavo%20Correa%20Gonzalez.pdf>
- Delgado, G. A. (2012). *Determinación de la lámina de riego para el cultivo de la albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* “Genovese”) a partir de la variación del coeficiente multiplicador de la evaporación*. CALI.
- Esquivel Castillo, H. G. (2015). *Efecto de tres dosis de fertilización npk en el rendimiento y calidad de ajo (*allium cepa* L.) var. serrano en santiago de chuco, La Libertad*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo].
- Fernández de Sousa, M. M., & García González de Lena, G. (2014). *El sistema de riego localizado*. Obtenido de <https://alimentacion.conahcyt.mx/glifosato/descargables/alternativas/materiales/El%20sistema%20de%20riego%20localizado.pdf>

- Fernández Gómez, R., Yruela Morillo, M., Milla Milla, M., García Bernal, J., & Oyonarte Gutiérrez, N. (2010). *Manual de riego para agricultores Modulo 4: Riego localizado*. Sevilla: Junta de Andalucía.
- Ferreira, R., Sellés, G., Ahumada, R., Maldonado, P., Gil, P., & Barrera, C. (2005). *Manejo del riego localizado y Fertirrigación*. Chile. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7050>
- Gálvez Patón, L. (2017). *Etiología, epidemiología y estrategias de control de la podredumbre del diente de ajo (Allium sativum L.)*. [Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid], España.
- García Alonso, C. R. (1998). *El ajo: Cultivo y aprovechamiento* (Segunda ed.). España: Mundi-Prensa.
- Gaviola, S., & Lipinski, V. M. (2008). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y el color de cultivares de ajo (*Allium sativum*) colorado. *Ciencia e investigación agraria*, 35(1), 67-75. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202008000100007>
- Gonzalez Fernandez, B. R. (2006). *Evaluación de la producción de variedades de ajo (Allium sativum), bajo el efecto de la fertilización química y orgánica, en la Provincia Ingavi - La Paz*. [Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andres].
- Hayashi, R. (2014). *Riego localizado*. Uruguay. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/342871972/RIEGO-LOCALIZADO-intensivos2014-pdf>
- Huez López, M. A., López E., J., Jiménez L, J., Garza Ortega, S., Preciado F, F. A., Álvarez A, A., . . . Rodríguez C, J. (2010). Fertilización nitrogenada en el cultivo de ajo (*Allium sativum* L.) bajo riego por goteo en la. *Biotechnia*, 12(3), 23-31.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2016). *Manual práctico de fertirrigación*. El Salvador. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6947/BVE18040125.pdf;jsessionid=1A985F0BDF0F29B5725A8F188DB5414B?sequence=1>
- Instituto Internacional de Nutrición Vegetal (IPNI). (2019). *Fuentes de Nutrientes Específicos*. Obtenido de https://www.fertilizer.org/wp-content/uploads/2023/01/IPNI_Fuentes_de_Nutrientes_Especificos_05.pdf

- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2009). *Ajo INIA 104 - Blanco Huaralino*. Donoso - Huaral: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12955/645>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2020). *Diseño agronómico e hidráulico en el sistema de riego tecnificado*. Perú. Obtenido de <https://pgc-aulavirtual.inia.gob.pe/mod/resource/view.php?id=478>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). (2015). *Fichas Técnicas para el cultivo de ajo*. Mendoza, Argentina. Obtenido de <https://informeajo.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/02/5-manejo-de-cultivo.pdf>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). (2016). La compatibilidad de los fertilizantes en fertirrigación. *Serie Nutrición Vegetal*, 1-3. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/la-compatibilidad-de-los-fertilizantes-en-fertirrigacion>
- Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (INTAGRI). (2019). Diseño agronómico del sistema de riego por goteo. *Serie Agua y Riego*(32), 1-5. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/disenio-agronomico-del-sistema-de-riego-por-goteo>
- Japon, J. (1984). *El cultivo del ajo*. Madrid. Obtenido de https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1984_01.pdf
- Kafkafi, U., & Tarchitzky, J. (2012). Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. *Asociación Internacional de la Industria de fertilizantes*.
- Kehr M., E. (2002). *Cultivo del ajo (Allium sativum L.) para la Zona Sur de Chile*. Temuco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6659>
- Laos Ossa, C., Laos T, L., Roman Q, D., Roman Q, M., & Laos T, C. (2013). Niveles de fertilización, mezclas de fertilizantes y métodos de aplicación en el cultivo de ajo *Allium Sativum L* cv. Barranquino, en Distripo de Puerto Supe, Provincia de Barranca. *Revista Aporte Santiaguino*, 6(2), 35-46. Obtenido de

- https://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino/article/view/502/470
- Legarda Burbano, L., Puentes, G., & Benavides Guerrero, H. (1999). Importancia de los parámetros hidrofísicos del suelo y requerimientos hídricos del cultivo en el diseño de un proyecto de riego por aspersión liviana. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 16(1-2), 98-109. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6191459.pdf>
- Lipinski, V., & Gaviola, S. (2006). Evaluación del rendimiento y calidad de cultivares de ajo colorado fertirrigados con nitrógeno. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, XXXVIII(2), 37-48. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382838559005>
- Martínez Barrera, L. (1998). *Manual de Fertirrigación*. La Serena, Chile. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/28631>
- Martínez, L., & Peralta, J. M. (2000). *Conceptos de riego localizado*. Chile. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6974>
- Mata Vázquez, H., Vázquez García, E., Ramírez Meraz, M., & Patishtán Pérez, J. (2010). *Fertirrigación de Chile Serrano con riego por goteo en el sur de Tamaulipas*. México.
- Mendoza, A. E. (2013). *Riego por goteo*. El Salvador.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2010). *Resumen Ejecutivo "AJO" – Perú – Un Campo Fértil para sus Inversiones y el Desarrollo de sus Exportaciones*. Perú: Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de <http://repositorio.minagri.gob.pe:80/jspui/handle/MINAGRI/384>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). El Ajo en el Contexto Mundial y Nacional. *El Covid-19 una oportunidad para las exportaciones de ajo en el Perú*, p. 14. Obtenido de <http://repositorio.midagri.gob.pe:80/jspui/handle/20.500.13036/706>
- Molinos & Cía. (2021). *Catálogo de fertilizantes*. Perú. Obtenido de <https://www.molinosycia.com/wp-content/uploads/2024/01/REVISTA%20MOLINOS%202023%20II.pdf>
- Monge, M. Á. (2018). *Diseño Agronómico e Hidráulico de Riegos Agrícolas a Presión*. España.
- Muñoz, M. (2009). *"Planificación y diseño de módulo demostrativo de riego presurizado (goteo, aspersión, microaspersión) en el centro experimental Canaan, 2,760 m.s.n.m. Ayacucho"*. [Tesis de grado,

- Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Nicho, P., & Cóndor, J. (2012). *Tecnología de Producción de ajo*. Lima. Obtenido de <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/754>
- Olarte Hurtado, W. (1987). Manual de Riego por Gravedad. *Serie Manuales Técnicos, Comisión de Coordinación de Tecnología Andina (CCTA)*.
- Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *Los fertilizantes y su uso una guía de bolsillo para los oficiales de extensión*. Roma. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/d81ae4cf-54e9-421d-8bac-d36719b2eaf0/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). *Evapotranspiración del cultivo Guías para determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: FAO riego y drenaje. Obtenido de <https://www.fao.org/4/x0490s/x0490s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2008). *El desarrollo del microrriego en América Central*. Obtenido de <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/aj470s>
- Pinzón, H. (1996). *El cultivo del ajo y las cebollas en Colombia*. Bogotá.
- Pinzón, H. (2009). *El cultivo del ajo (Allium sativum L.)*. Bogotá.
- Plana, V. (2008). *Manejo y mantenimiento de instalaciones de riego localizado*. España.
- Reveles, M., Velásquez, R., & Bravo, Á. G. (2009). *Tecnología para cultivar ajo en Zacatecas*.
- Rodríguez, M., & Flórez, V. (2004). *Elementos Esenciales y Beneficiosos*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10835/3133>
- Romero Godoy, R. L. (2018). *Evaluación de diferentes dosis de silicio, para el rendimiento del ajo (Allium sativum L.) en la Provincia de Barranca, Región Lima año 2015*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Antúnez de Maloyo].
- Sela, G. (2023). *Fertilización y riego - Teoría y mejores prácticas*.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2017). *Manual de Observaciones*

- Fenológicas*. Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12542/272>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2021). *Boletín Agroclomático Mensual DZ6*. Arequipa, Perú. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/04005SENA-39.pdf>
- Terán, O. (1997). *El cultivo del ajo*. Cotagaita - San Juan del Oro - Potosí, Bolivia.
- Torres, H. M. (2018). *Determinación del uso consuntivo del ajo var.napuri (Allium sativum L.) con riego por goteo en la irrigación Majes - Arequipa*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Trobok, S., & Rodríguez, H. (1979). Efecto de la fertilización mineral y orgánica sobre el crecimiento del ajo (*Allium sativum* L.). *Investigación Agrícola*, p. 13-21. Obtenido de <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/44490>
- Tunqui, L. K. (2019). *Efecto de soluciones nutritivas en la producción de ajo (Allium sativum L.) en centro agrario K'ayra-Cusco*. [Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
- Vargas, R. M. (2019). Aspectos Generales del Riego. *Ingeniería de Riegos I*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/449661562/2-Aspectos-generales-del-riego>
- Vasquez, A., Vasquez, I., Vasquez, C., & Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de la ingeniería de riegos*. Lima.
- Vidal, I. (2019). *Fertirrigación: Desde la Teoría a la práctica*. Chile. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/580868304/Fertirrigacion-de-la-teoria-a-la-practica>
- Zamora, E. (2016). *El cultivo del ajo*. México: Universidad de Sonora. Obtenido de <https://dagus.unison.mx/Zamora/AJO-DAG-HORT-014.pdf>

ANEXOS

Anexo 1 Precipitación pluvial diaria en mm SENAMHI-2022-2023

ESTACIÓN GRANJA KCAYRA

ESTACIÓN: GRANJA KCAYRA
PARAMETRO:

LATITUD: 13°33'24.26" DPTO.: CUSCO
LONGITUD: 71°52'30.62 PROV: CUSCO
ALTITUD: 3 219 m.s.n.m. DIST: SAN JERONIMO

PRECIPITACION TOTAL DIARIA EN (mm)

DÍA	NOVIEMBRE 2022	DICIEMBRE 2022	ENERO 2023	FEBRERO 2023	MARZO 2023	ABRIL 2023
1	0.0	0.0	1.3	3.2	0.0	2.0
2	0.0	1.1	13.1	1.0	0.0	10.5
3	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	2.9
4	0.0	0.0	0.9	1.5	4.7	10.1
5	0.0	0.5	4.6	2.2	0.0	0.0
6	0.0	10.7	0.0	4.5	0.0	0.0
7	0.0	3.6	0.0	18.5	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.4	16.1	5.4	0.0
9	0.0	2.1	11.8	0.0	3.8	0.0
10	0.0	0.0	27.6	0.0	0.0	0.0
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
12	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0	0.0
13	0.0	0.6	0.0	7.5	21.3	0.0
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
15	0.0	2.0	0.0	14.9	1.4	13.6
16	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
17	0.0	5.9	4.6	6.6	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0
19	0.0	0.0	0.6	0.0	7.9	0.0
20	2.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0
21	15.4	0.0	2.3	0.0	1.9	0.0
22	0.0	2.5	0.0	1.8	4.9	0.0
23	0.0	3.9	0.0	0.0	0.8	0.0
24	0.0	0.0	4.2	14.4	4.1	0.0
25	7.6	0.8	10.5	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	1.4	2.8	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
28	2.5	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	5.6		2.4	0.0
30	0.0	2.3	0.0		0.0	0.0
31		0.0	7.1		0.0	

Anexo 2 Análisis de suelo



SOLICITANTE : RUSSBEL POCCHOHUANCA QUISPE

PREDIO : K'AYRA-POTRERO C-2

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 1196-04S-2022

LUGAR : CUZCO

FECHA DE RECEP. : 10/10/2022

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - CARACTERIZACIÓN CON MICRONUTRIENTES DISPONIBLES MUESTRA : POTRERO C-02 KAYRA - UNSAAC

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	28.67	%		
Limo	38.08	%		
Arcilla	33.25	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Carbonato de Calcio Total	3.49	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	3.50	dS / m	MES - 004	Electrométrico
Densidad Aparente	1.26	g / cm ³	MES - 027	Gravimétrico
pH (1/1) a Temp 25 °C	7.66		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	17.30	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.93	%	MES - 007	Walkley y Black
Potasio Disponible	133.80	ppm	MES - 009	Acelato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante: Ac. Amonio
Calcio	19.45	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.06	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.60	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.34	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	2.81	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	21.45	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Micronutrientes Disponibles				Extractante: DTPA
Cobre	2.22	ppm.	MES - 018	FAAS
Zinc	0.81	ppm.	MES - 019	FAAS
Manganeso	22.60	ppm.	MES - 020	FAAS
Hierro	14.13	ppm.	MES - 021	FAAS
				Extractante: CaCl₂·2H₂O
Boro	0.21	ppm.	MES - 022	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
(1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
C.I.C.E : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

% : Masa / Masa.
ppm : mg / Kg.
MES : Método Propio del Laboratorio.
FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



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

Nº0206-22-LAQ

SOLICITANTE: RUSSEL POCCHOUANCA QUISPE
MUESTRA : SUELO
FUENTE : POTRERO C-1, GRANJA KAYRA UNSAAC
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
REGION : CUSCO
FECHA : 06/10/2022

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO HIDRODINAMICO:

pH	7.75
C.E. mmhos/cm	1.30
Materia Orgánica %	4.60
Nitrógeno %	0.22
Fosforo ppm P ₂ O ₅	12.80
Potasio ppm K ₂ O	325.30
C.I.C. meq/100	10.10
C.C. %	21.64
H.E. %	22.24
P.M.P. %	11.68
Carbonatos %	0.82
d.a. g/cc	1.575
d.r. g/cc	2.192
Textura:	
Arena %	71
Limo %	26
Arcilla %	3

QUIMICA AGRICOLA I, Primo Yufera, J.M. Carrasco Dorrien

Cusco, 15 de Julio 2022



Anexo 3 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

Nº0207-22-LAQ

SOLICITANTE: RUSSBEL POCOCHUANCA QUISPE
MUESTRA : AGUA
FUENTE : RIACHUELO HUANACAURE, GRANJA KAYRA UNSAAC
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
REGION : CUSCO
FECHA : 07/10/2022

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO:

pH	7.80
C.E. mmhos/cm	1.05
Dureza ppm CaCO_3	507.00
Calcio ppm	158.08
Magnesio ppm	23.92
Sodio ppm	40.70
Potasio ppm	6.50
Cloruros ppm	67.90
Sulfatos ppm	278.10
Bicarbonatos ppm	291.60
Carbonatos ppm	0.00
Hierro ppm	0.16
Boro ppm	0.047
Sales solubles Totales ppm	871.52

ANALISIS DEL AGUA, JEAN RODIER, 9ª EDICION.

Cusco, 15 de Julio 2022



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

Responsable del Laboratorio
DE ANÁLISIS QUÍMICO

Anexo 4 Fertilizantes solubles



Ficha Técnica Fertilizantes Nitrogenados

Nitrato de Amonio Estabilizado (NAE)

Composición:	NH ₄ NO ₃ estabilizado con fósforo.
Aspecto:	Gránulos blancos opacos.
Solubilidad (aprox. a 20°C):	190 kg en 100 l de agua pura.
Nitrógeno total (N):	33 %
	16.5 % nitrógeno nítrico (NO ₃)
	16.5 % nitrógeno amoniacal (NH ₄ ⁺)
Fósforo disponible (P ₂ O ₅):	3 %
Presentación:	Bolsa de polietileno de 50 kg.
Uso:	Fertilizante para aplicación directa al suelo. Se puede emplear en fertirriego en cuyo caso hay que tomar en cuenta que el fósforo estabilizante y/o la cubierta de cada gránulo pueden ser factores limitantes.



ÁREA TÉCNICA

www.molinoscia.com

ventasmolinos@molicom.com.pe

LIMA: Av. Los Ingenieros 154, Urb. Santa Raquel 2da Etapa, Ate - Lima
Central Telefónica: (01) 512 3370 // Fax: (01) 348 0637 / (01) 348 0615



FICHA TÉCNICA

ANÁLISIS TÍPICO

Nombre Comercial	FOSFATO MONOAMONICO CRISTALIZADO
Fórmula Comercial	12-61-0
Categoría	Fertilizante Fosfatado
Composición Garantizada:	
Elemento	Nominal
Nitrógeno (% N):	12,0 mínimo
Fósforo (% P ₂ O ₅):	61,0 mínimo
Humedad (%):	1,5 máximo
pH:	4,9

PROPIEDADES GENERALES

Características:	Fertilizante agrícola para fertirriego.
Forma:	Cristalizado.
Aplicación:	Fertilizante para uso agrícola. Adecuado para su uso en diversos cultivos.
Empaque:	Bolsa x 25 kg.
Procedencia:	China.

MacroSource Perú SRL - Av. Pardo y Aliaga 699 Of. 601C, San Isidro Lima -
Tfno: (01) 6522323 Fax: (01) 6380290

978 218 848

www.inti.pe





INTI
FERTILIZANTES



SULFATO DE POTASIO SOLUBLE



FICHA TÉCNICA

ANÁLISIS TÍPICO

Nombre Comercial	Sulfato de Potasio Soluble
Fórmula Comercial	0-0-50-0-18(S)
Categoría	Fertilizante Potásico

Composición Garantizada:

Elemento	Nominal
Potasio (%K ₂ O):	50,0 (+/-1)
Azufre (%S):	18,0 (+/-1)
pH:	3
Solubilidad:	110 g/l (20°C)
Color:	Blanco

PROPIEDADES GENERALES

Características: Fertilizante agrícola soluble para fertirriego.

Forma: Polvo.

Aplicación: Fertilizante para uso agrícola. Adecuado para su uso en diversos cultivos.

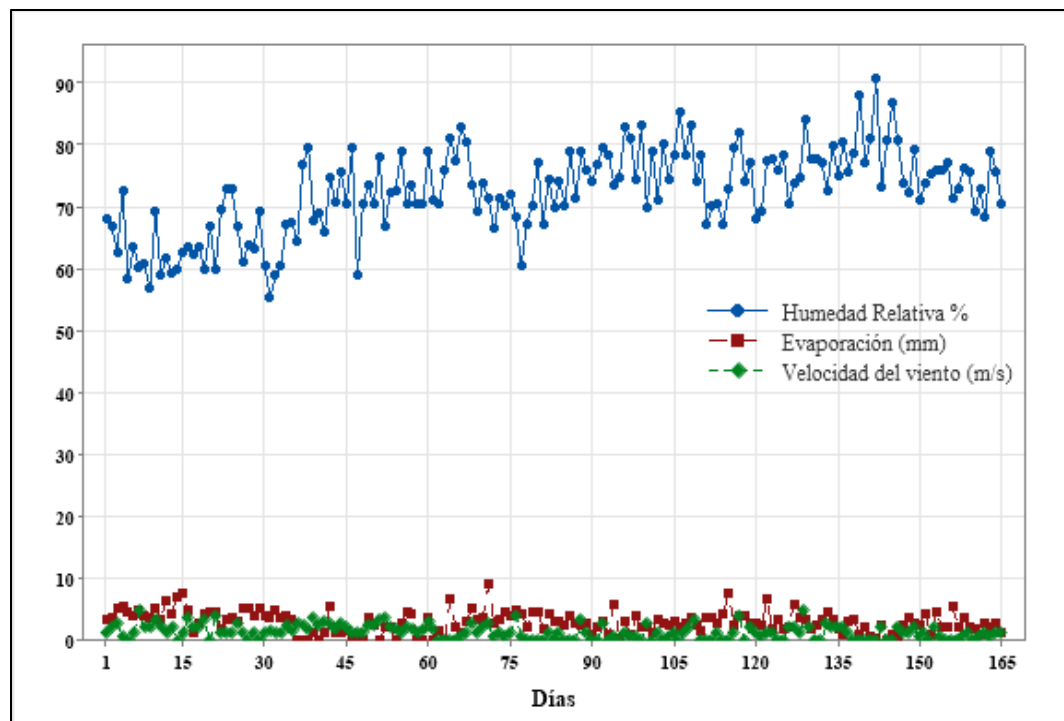
Empaque: Bolsa x25 kg.

Procedencia: China

MacroSource Perú SRL - Av. Pardo y Aliaga 699 Of. 601C, San Isidro Lima -
Tfno: (01) 6522323 Fax: (01) 6380290

978 218 848
www.inti.pe

Anexo 5 Medición diaria de los parámetros meteorológicos para determinar el ETo



Anexo 6 Programación de la planilla de riego

PLANILLAS DE CALCULO - MANEJO DE AGUA PARA RIEGO - 2022 - 2023													
Provincia:			Cusco			Ln para llegar a CC:		25.10		Área del terreno (ha) <td colspan="2" rowspan="4">159.6 m²</td>		159.6 m²	
Distrito:			Cusco			Ln (minimo en suelo):		17.57					
Comunidad C.:			K'ayra			Eficiencia (%):		90.00%					
Sector:			Potrero C			Fecha de siembra:		1/11/2022					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
FECHA	DDS	V (m/s)	HR %	Kp	Evapor. (mm)	ETo	Kc	ETc (mm)	Reposición de agua de riego			Consumo de agua	
									Pp	Nec. Netas (mm)	Nec. Totales (mm)	C.C.	Descenso tolerable
1/11/2022	1	1.30	68.00	0.80	3.60	2.88	0.70	2.02				25.10	23.08
2/11/2022	2	2.00	67.00	0.75	3.83	2.87	0.70	2.01				23.08	21.07
3/11/2022	3	2.70	62.60	0.75	5.43	4.07	0.70	2.85				21.07	18.22
4/11/2022	4	0.70	72.60	0.85	5.70	4.85	0.70	3.39		6.88	7.64	25.10	21.71
5/11/2022	5	0.00	58.30	0.80	4.58	3.66	0.70	2.56				21.71	19.14
6/11/2022	6	1.30	63.70	0.80	4.02	3.22	0.70	2.25		5.96	6.62	25.10	22.85
7/11/2022	7	4.70	60.10	0.75	5.06	3.80	0.70	2.66				22.85	20.19
8/11/2022	8	2.00	60.90	0.75	4.16	3.12	0.70	2.18				20.19	18.01
9/11/2022	9	2.00	56.80	0.75	3.82	2.87	0.70	2.01		7.09	7.88	25.10	23.09
10/11/2022	10	3.30	69.30	0.75	5.36	4.02	0.70	2.81				23.09	20.28
11/11/2022	11	2.00	59.00	0.75	3.52	2.64	0.70	1.85				20.28	18.43
12/11/2022	12	1.30	61.90	0.80	6.56	5.25	0.70	3.67		6.67	7.41	25.10	21.43
13/11/2022	13	2.00	59.30	0.75	4.52	3.39	0.70	2.37				21.43	19.05
14/11/2022	14	0.00	60.00	0.80	7.10	5.68	0.70	3.98		6.05	6.72	25.10	21.12
15/11/2022	15	1.30	62.80	0.80	7.56	6.05	0.70	4.23		3.98	4.42	25.10	20.87
16/11/2022	16	3.70	63.60	0.75	4.86	3.65	0.70	2.55				20.87	18.31
17/11/2022	17	2.00	62.50	0.75	1.40	1.05	0.70	0.74				18.31	17.58
18/11/2022	18	2.00	63.50	0.75	2.84	2.13	0.70	1.49		7.52	8.36	25.10	23.61
19/11/2022	19	3.30	59.90	0.75	4.44	3.33	0.70	2.33				23.61	21.28
20/11/2022	20	0.00	66.90	0.75	4.72	3.54	0.70	2.48	2.00			21.28	18.80
21/11/2022	21	4.00	59.80	0.75	4.74	3.56	0.70	2.49	15.40	6.30	7.00	25.10	22.61
22/11/2022	22	1.30	69.50	0.80	1.90	1.52	0.70	1.06				22.61	21.55
23/11/2022	23	1.30	72.80	0.85	3.34	2.84	0.70	1.99				21.55	19.56
24/11/2022	24	1.30	72.90	0.85	3.88	3.30	0.70	2.31				25.10	22.79
25/11/2022	25	2.70	66.90	0.75	3.14	2.36	0.70	1.65	7.60			22.79	21.14
26/11/2022	26	1.30	61.10	0.80	5.30	4.24	0.70	2.97				21.14	18.17
27/11/2022	27	0.00	63.90	0.80	5.20	4.16	0.70	2.91				25.10	22.19
28/11/2022	28	1.30	63.20	0.80	4.02	3.22	0.70	2.25	2.50			22.19	19.94
29/11/2022	29	0.00	69.20	0.80	5.32	4.26	0.70	2.98		2.66	2.96	25.10	22.12
30/11/2022	30	1.30	60.40	0.80	4.16	3.33	0.70	2.33				22.12	19.79
1/12/2022	31	1.50	55.40	0.80	3.70	2.96	0.71	2.10				19.79	17.69
2/12/2022	32	1.30	58.90	0.80	5.10	4.08	0.72	2.94	1.10	7.41	8.23	25.10	22.16

3/12/2022	33	1.30	60.60	0.80	3.80	3.04	0.73	2.22				22.16	19.94
4/12/2022	34	2.50	67.30	0.75	4.00	3.00	0.74	2.22		4.06	4.51	25.10	22.88
5/12/2022	35	1.50	67.40	0.80	3.50	2.80	0.75	2.10	0.50			22.88	20.78
6/12/2022	36	2.60	64.60	0.75	0.00	0.00	0.76	0.00	10.70			20.78	20.78
7/12/2022	37	2.50	76.80	0.80	0.00	0.00	0.77	0.00	3.60			20.78	20.78
8/12/2022	38	1.80	79.50	0.85	0.00	0.00	0.78	0.00				20.78	20.78
9/12/2022	39	3.50	67.70	0.75	1.50	1.13	0.79	0.89	2.10			20.78	19.89
10/12/2022	40	2.30	69.10	0.75	0.00	0.00	0.80	0.00				19.89	19.89
11/12/2022	41	3.00	65.90	0.75	1.50	1.13	0.81	0.91				19.89	18.98
12/12/2022	42	2.70	74.70	0.80	5.60	4.48	0.82	3.67				25.10	21.43
13/12/2022	43	1.80	70.90	0.85	1.30	1.11	0.83	0.92	0.60			21.43	20.51
14/12/2022	44	2.70	75.50	0.80	1.50	1.20	0.84	1.01				20.51	19.50
15/12/2022	45	2.00	70.60	0.80	1.60	1.28	0.85	1.09	2.00			19.50	18.41
16/12/2022	46	1.30	79.60	0.85	0.00	0.00	0.86	0.00	3.70			18.41	18.41
17/12/2022	47	1.20	58.90	0.80	0.00	0.00	0.87	0.00	5.90			18.41	18.41
18/12/2022	48	1.30	70.40	0.85	0.00	0.00	0.88	0.00				18.41	18.41
19/12/2022	49	2.30	73.40	0.80	3.70	2.96	0.89	2.63				25.10	22.47
20/12/2022	50	2.50	70.40	0.80	2.60	2.08	0.90	1.87				22.47	20.59
21/12/2022	51	3.30	78.10	0.80	0.00	0.00	0.91	0.00				20.59	20.59
22/12/2022	52	3.70	66.80	0.75	2.20	1.65	0.92	1.52	2.50			20.59	19.08
23/12/2022	53	2.00	72.40	0.80	2.40	1.92	0.93	1.79	3.90	3.52	3.92	25.10	23.31
24/12/2022	54	1.70	72.70	0.85	0.00	0.00	0.94	0.00				23.31	23.31
25/12/2022	55	1.30	78.90	0.85	2.80	2.38	0.95	2.26	0.80			23.31	21.05
26/12/2022	56	2.00	70.40	0.80	4.80	3.84	0.96	3.69				25.10	21.41
27/12/2022	57	1.70	73.40	0.85	4.30	3.66	0.97	3.55				21.41	17.87
28/12/2022	58	1.30	70.40	0.85	0.00	0.00	0.98	0.00	1.00	6.58	7.31	25.10	25.10
29/12/2022	59	1.70	70.40	0.85	0.00	0.00	0.99	0.00				25.10	25.10
30/12/2022	60	3.00	79.00	0.80	3.90	3.12	1.00	3.12	2.30			25.10	21.98
31/12/2022	61	1.70	71.10	0.85	0.00	0.00	1.00	0.00				21.98	21.98
1/01/2023	62	0.00	70.40	0.85	1.70	1.45	1.00	1.45	1.30			21.98	20.54
2/01/2023	63	0.00	76.10	0.85	0.30	0.26	1.00	0.26	13.10			20.54	20.28
3/01/2023	64	0.00	81.10	0.85	6.80	5.78	1.00	5.78				25.10	19.32
4/01/2023	65	0.00	77.60	0.85	2.30	1.96	1.00	1.96	0.90	5.78	6.42	25.10	23.15
5/01/2023	66	0.70	82.80	0.85	1.30	1.11	1.00	1.11	4.60			23.15	22.04
6/01/2023	67	1.30	80.50	0.85	3.10	2.64	1.00	2.64				22.04	19.41
7/01/2023	68	2.70	73.50	0.80	5.30	4.24	1.00	4.24				25.10	20.86
8/01/2023	69	1.30	69.40	0.80	3.40	2.72	1.00	2.72	0.40			20.86	18.14
9/01/2023	70	2.00	73.80	0.80	3.80	3.04	1.00	3.04	11.80	6.56	7.29	25.10	22.06
10/01/2023	71	2.70	71.40	0.80	9.10	7.28	1.00	7.28	27.60			25.10	17.82
11/01/2023	72	0.70	66.50	0.80	3.00	2.40	1.00	2.40				25.10	22.70
12/01/2023	73	1.30	71.30	0.85	3.40	2.89	1.00	2.89				22.70	19.81
13/01/2023	74	0.70	70.30	0.85	4.80	4.08	1.00	4.08		5.29	5.88	25.10	21.02
14/01/2023	75	1.30	72.00	0.85	4.00	3.40	1.00	3.40		4.08	4.53	25.10	21.70
15/01/2023	76	4.00	68.40	0.75	5.00	3.75	1.00	3.75		3.40	3.78	25.10	21.35
16/01/2023	77	0.70	60.50	0.80	4.50	3.60	1.00	3.60				25.10	21.50
17/01/2023	78	0.00	67.30	0.80	2.30	1.84	1.00	1.84	4.60			21.50	19.66
18/01/2023	79	0.00	70.30	0.85	4.60	3.91	1.00	3.91				25.10	21.19
19/01/2023	80	0.00	77.20	0.85	4.80	4.08	1.00	4.08	0.60	3.91	4.34	25.10	21.02

20/01/2023	81	0.00	67.10	0.80	2.10	1.68	1.00	1.68				21.02	19.34
21/01/2023	82	1.30	74.4	0.85	4.30	3.66	1.00	3.66	2.30	5.16	5.73	25.10	21.45
22/01/2023	83	0.00	69.9	0.80	3.30	2.64	1.00	2.64				21.45	18.81
23/01/2023	84	1.30	74.24	0.85	3.10	2.64	1.00	2.64		4.00	4.44	25.10	22.47
24/01/2023	85	0.00	70.30	0.85	2.50	2.13	1.00	2.13	4.20			22.47	20.34
25/01/2023	86	0.00	78.90	0.85	4.10	3.49	1.00	3.49	10.50			25.10	21.62
26/01/2023	87	0.00	71.40	0.85	3.00	2.55	1.00	2.55	1.40			21.62	19.07
27/01/2023	88	3.30	78.90	0.80	2.60	2.08	1.00	2.08				25.10	23.02
28/01/2023	89	1.30	76.10	0.85	3.00	2.55	1.00	2.55	0.20			23.02	20.47
29/01/2023	90	0.00	74.00	0.85	1.20	1.02	1.00	1.02	5.60			20.47	19.45
30/01/2023	91	0.00	77.00	0.85	2.20	1.87	1.00	1.87				25.10	23.23
31/01/2023	92	2.70	79.70	0.80	3.20	2.56	1.00	2.56	7.10			23.23	20.67
1/02/2023	93	0.00	78.40	0.85	1.00	0.85	1.00	0.85	3.20			20.67	19.82
2/02/2023	94	0.70	73.60	0.85	6.00	5.10	1.00	5.10	1.00			25.10	20.00
3/02/2023	95	0.00	74.80	0.85	0.50	0.43	1.00	0.43	3.30			20.00	19.58
4/02/2023	96	1.30	83.00	0.85	3.30	2.81	1.00	2.81	1.50	1.23	1.36	25.10	22.30
5/02/2023	97	0.70	81.20	0.85	1.00	0.85	1.00	0.85	2.20			22.30	21.45
6/02/2023	98	0.70	74.30	0.85	4.00	3.40	1.00	3.40	4.50			21.45	18.05
7/02/2023	99	0.00	83.10	0.85	2.40	2.04	1.00	2.04	18.50			25.10	23.06
8/02/2023	100	2.70	69.80	0.75	2.20	1.65	1.00	1.65	16.10			23.06	21.41
9/02/2023	101	0.00	79.10	0.85	1.40	1.19	1.00	1.19				21.41	20.22
10/02/2023	102	1.30	71.20	0.85	3.60	3.06	1.00	3.06				25.10	22.04
11/02/2023	103	0.00	80.10	0.85	3.00	2.55	1.00	2.55				22.04	19.49
12/02/2023	104	0.70	74.40	0.85	2.50	2.13	1.00	2.13	7.80	5.61	6.23	25.10	22.98
13/02/2023	105	1.30	78.50	0.85	3.30	2.81	1.00	2.81	7.50			22.98	20.17
14/02/2023	106	0.00	85.40	0.85	2.30	1.96	1.00	1.96				20.17	18.22
15/02/2023	107	1.30	78.50	0.85	2.80	2.38	1.00	2.38	14.90			25.10	22.72
16/02/2023	108	2.00	83.10	0.80	3.70	2.96	1.00	2.96				22.72	19.76
17/02/2023	109	3.30	74.20	0.80	2.70	2.16	1.00	2.16	6.60			25.10	22.94
18/02/2023	110	0.00	78.40	0.85	1.80	1.53	1.00	1.53				22.94	21.41
19/02/2023	111	0.00	67.10	0.80	3.70	2.96	1.00	2.96				21.41	18.45
20/02/2023	112	0.00	70.10	0.85	3.80	3.23	1.00	3.23				25.10	21.87
21/02/2023	113	1.30	70.50	0.85	2.90	2.47	1.00	2.47				21.87	19.41
22/02/2023	114	0.00	67.20	0.80	4.40	3.52	1.00	3.52	1.80	5.70	6.33	25.10	21.58
23/02/2023	115	0.00	72.80	0.85	7.70	6.55	1.00	6.55		1.72	1.91	25.10	18.56
24/02/2023	116	1.30	79.70	0.85	2.50	2.13	1.00	2.13	14.40	6.55	7.27	25.10	22.98
25/02/2023	117	4.00	82.10	0.80	4.00	3.20	1.00	3.20				22.98	19.78
26/02/2023	118	0.00	74.10	0.85	4.00	3.40	1.00	3.40	2.80			25.10	21.70
27/02/2023	119	2.00	77.30	0.80	2.90	2.32	1.00	2.32	0.10			21.70	19.38
28/02/2023	120	1.30	68.20	0.80	2.90	2.32	1.00	2.32		2.82	3.13	25.10	22.78
1/03/2023	121	0.70	69.30	0.80	2.50	2.00	1.00	1.99				22.78	20.79
2/03/2023	122	1.30	77.50	0.85	6.70	5.70	0.99	5.64		4.31	4.79	25.10	19.46
3/03/2023	123	1.30	77.70	0.85	2.00	1.70	0.99	1.67		5.64	6.26	25.10	23.43
4/03/2023	124	0.00	76.00	0.85	3.50	2.98	0.98	2.92	4.70			23.43	20.51
5/03/2023	125	0.00	78.40	0.85	2.00	1.70	0.98	1.66				20.51	18.85
6/03/2023	126	2.00	70.50	0.85	2.40	2.04	0.97	1.98		1.55	1.72	25.10	23.12
7/03/2023	127	2.00	73.80	0.80	6.00	4.80	0.97	4.63				23.12	18.49
8/03/2023	128	1.30	74.70	0.85	3.90	3.32	0.96	3.18	5.40	6.61	7.35	25.10	21.92

9/03/2023	129	4.70	84.10	0.80	3.40	2.72	0.96	2.60	3.80			21.92	19.32
10/03/2023	130	2.00	77.70	0.80	2.00	1.60	0.95	1.52				25.10	23.58
11/03/2023	131	0.00	77.90	0.85	2.50	2.13	0.95	2.01				23.58	21.57
12/03/2023	132	0.00	77.20	0.85	3.40	2.89	0.94	2.72				21.57	18.86
13/03/2023	133	2.70	72.70	0.80	4.80	3.84	0.94	3.59	21.30	6.24	6.94	25.10	21.51
14/03/2023	134	2.00	79.80	0.80	3.50	2.80	0.93	2.60				21.51	18.91
15/03/2023	135	2.00	74.90	0.80	2.10	1.68	0.93	1.55	1.40			25.10	23.55
16/03/2023	136	2.00	80.50	0.80	1.20	0.96	0.92	0.88				23.55	22.66
17/03/2023	137	1.30	75.80	0.85	3.20	2.72	0.92	2.49				22.66	20.17
18/03/2023	138	0.00	78.80	0.85	3.50	2.98	0.91	2.71	4.80	3.53	3.92	25.10	22.39
19/03/2023	139	0.00	88.10	0.85	1.00	0.85	0.91	0.77	7.90			22.39	21.62
20/03/2023	140	0.00	77.10	0.85	2.20	1.87	0.90	1.68	2.70			21.62	19.94
21/03/2023	141	0.00	81.00	0.85	0.70	0.60	0.90	0.53	1.90			25.10	24.57
22/03/2023	142	0.00	90.60	0.85	0.40	0.34	0.89	0.30	4.90			24.57	24.26
23/03/2023	143	2.00	73.10	0.80	2.50	2.00	0.89	1.77	0.80			24.26	22.49
24/03/2023	144	0.00	80.80	0.85	0.30	0.26	0.88	0.22	4.10			22.49	22.27
25/03/2023	145	0.00	86.90	0.85	1.00	0.85	0.88	0.74				22.27	21.53
26/03/2023	146	2.00	80.70	0.80	0.90	0.72	0.87	0.63				21.53	20.90
27/03/2023	147	1.30	73.80	0.85	2.50	2.13	0.87	1.84				20.90	19.06
28/03/2023	148	1.30	72.30	0.85	3.90	3.32	0.86	2.85				25.10	22.25
29/03/2023	149	2.00	79.30	0.80	3.00	2.40	0.86	2.05	2.40			22.25	20.20
30/03/2023	150	0.70	71.00	0.85	2.70	2.30	0.85	1.95				20.20	18.25
31/03/2023	151	1.30	73.70	0.85	4.40	3.74	0.85	3.16		4.45	4.95	25.10	21.94
1/04/2023	152	0.00	75.20	0.85	1.00	0.85	0.84	0.71	2.00			21.94	21.23
2/04/2023	153	2.00	76.00	0.80	4.70	3.76	0.84	3.14	10.50			21.23	18.09
3/04/2023	154	0.70	76.10	0.85	2.40	2.04	0.83	1.69	2.90			25.10	23.41
4/04/2023	155	0.00	77.20	0.85	2.20	1.87	0.83	1.54	10.10			23.41	21.86
5/04/2023	156	0.00	71.50	0.85	5.50	4.68	0.82	3.83				21.86	18.03
6/04/2023	157	0.00	73.00	0.85	2.40	2.04	0.82	1.66				25.10	23.44
7/04/2023	158	0.70	76.20	0.85	3.80	3.23	0.81	2.62				23.44	20.82
8/04/2023	159	1.30	75.80	0.85	2.20	1.87	0.81	1.51				20.82	19.32
9/04/2023	160	0.00	69.20	0.80	2.00	1.60	0.80	1.28				19.32	18.04
10/04/2023	161	0.70	72.90	0.85	1.00	0.85	0.80	0.68		7.06	7.85	25.10	24.42
11/04/2023	162	1.30	68.30	0.80	2.80	2.24	0.79	1.77	0.80			24.42	22.65
12/04/2023	163	0.70	79.10	0.85	2.20	1.87	0.79	1.47				22.65	21.19
13/04/2023	164	1.30	75.70	0.85	3.00	2.55	0.78	1.99				21.19	19.20
14/04/2023	165	1.30	70.40	0.85	1.40	1.19	0.78	0.92	2.60	5.10	5.67	25.10	24.18
									364.69	365.60	180.96	201.06	

RESPUESTAS:

Lámina neta para llegar a CC:	25.10 mm
Lamina neta mínima:	17.57 mm
Demanda hídrica del cultivo de ajo	364.69 mm
Cuanto he irrigado en los 165 días:	201.06 mm
Cuantos son la necesidad neta en 165 días	180.96 mm
Aportación de lluvia para el cultivo	183.73 mm
Lluvia total	365.60 mm

Anexo 7 Resultados de la prueba de Coeficiente de Uniformidad (CU)

Posición lateral	Primer emisor				Emisor 1/3				Emisor 2/3				Ultimo emisor				Q	Q25	CU(Q25/Q)
Lateral inicial	130	134	129	140	115	119	110	107	125	114	124	114	112	120	110	108	119.44	108.75	0.9105
1/3 lateral	128	131	127	132	124	111	129	108	117	125	110	107	116	123	124	120	120.75	109.00	0.9027
2/3 lateral	129	120	124	123	125	121	130	119	121	127	107	103	124	110	130	111	120.25	107.75	0.8960
Ultimo lateral	132	130	129	125	107	125	110	107	118	114	112	115	130	105	132	114	119.06	107.25	0.9008
																		CU	0.9025

Anexo 8 Evaluaciones realizadas-Primera evaluación de la altura de planta

Altura de planta tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
34	33	35	33
38	33	36	33
37	34	35	32
36	33	34	34
33	34	34	33
34	36	35	35
34	35	35	37
35	32	34	37
35	33	32	33
36	36	36	36
33	36	34	36
37	37	32	34
38	35	35	38
34	32	34	35
37	38	36	33
35	34	33	36

Altura de planta tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
39	42	40	40
41	44	42	41
40	41	41	41
38	40	40	40
39	46	43	41
39	41	39	42
41	43	40	40
40	42	39	39
39	41	41	39
40	40	39	39
40	40	41	39
38	42	40	40
39	41	42	41
40	43	40	41
40	44	40	40
41	42	41	40

Altura de planta tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
40	43	40	39
40	41	40	39
41	41	43	40
41	42	41	40
43	43	40	42
39	42	42	39
39	42	43	43
42	41	41	40
38	42	40	41
43	42	40	41
42	41	41	41
38	42	39	41
44	42	39	39
42	40	39	41
40	43	40	41
41	42	40	42

Altura de planta tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
41	41	43	40
42	46	43	41
40	41	41	38
40	41	42	40
42	42	41	40
42	42	40	41
38	43	40	39
40	43	41	41
39	41	41	41
38	42	42	40
42	41	41	38
42	46	41	42
42	43	41	40
39	42	44	40
40	42	43	38
40	42	42	40

Anexo 9 Evaluaciones realizadas-Segunda evaluación de la altura de planta

Altura de planta tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
53	53	47	59
60	58	56	58
62	54	55	57
60	58	56	54
59	49	55	57
59	55	47	54
52	55	55	58
57	57	47	55
60	51	56	57
55	56	56	58
54	51	52	60
54	61	55	58
61	49	56	58
62	58	56	54
58	52	55	56
57	60	56	56

Altura de planta tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
71	71	70	64
68	69	69	65
72	72	74	68
69	71	71	70
67	74	70	70
66	72	72	74
68	69	72	69
67	69	71	66
70	70	68	74
64	72	72	68
72	71	68	73
66	76	73	70
69	72	69	69
68	70	73	73
69	69	72	74
68	72	71	70

Altura de planta tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
73	72	71	69
76	72	68	69
71	72	69	68
68	76	70	70
73	75	65	70
73	70	72	72
74	70	69	69
70	73	70	73
72	72	69	70
71	74	67	71
73	74	68	68
73	71	68	72
70	72	65	68
67	73	68	74
68	75	69	72
68	76	67	72

Altura de planta tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
73	69	69	67
67	75	72	70
68	72	74	71
74	74	70	74
69	78	72	64
73	75	72	73
69	70	74	69
71	76	74	72
69	70	75	65
75	74	69	69
68	71	70	74
74	71	72	75
72	73	70	75
70	73	70	70
73	69	70	70
77	70	72	70

Anexo 10 Evaluaciones realizadas-Primera evaluación del número de hojas

Número de hojas tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
6	5	6	6
5	7	6	7
7	6	6	6
6	5	7	7
6	6	5	7
6	5	6	7
7	5	6	6
6	5	6	7
7	5	6	6
6	6	6	6
6	7	6	7
6	5	6	6
5	6	6	6
5	5	6	6
6	7	6	6
6	6	5	7

Número de hojas tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
5	7	6	6
6	7	6	6
5	6	6	8
6	7	7	6
6	6	6	7
6	6	6	6
6	6	7	6
6	7	6	6
6	6	8	7
6	6	6	6
7	6	7	7
6	7	6	6
6	6	8	6
6	5	6	7
5	7	7	7
7	6	7	6

Número de hojas tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
6	8	6	7
6	6	7	7
7	7	7	7
6	6	7	6
7	6	6	7
7	7	7	6
7	7	6	6
7	6	6	7
7	7	6	7
7	7	6	7
7	6	6	7
8	6	6	7
7	6	6	6
8	6	6	7
6	6	6	7
7	7	6	8

Número de hojas tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
7	7	6	8
6	8	6	7
6	6	6	7
6	7	7	8
7	6	6	6
8	6	6	8
6	7	6	7
8	8	6	6
8	6	7	8
7	7	7	7
6	6	6	7
7	7	7	8
7	7	6	7
7	6	7	7
6	6	6	6
7	6	7	8

Anexo 11 Evaluaciones realizadas-Segunda evaluación del número de hojas

Número de hojas tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
10	10	10	10
9	10	9	10
10	10	9	11
10	10	10	10
9	10	9	10
10	9	10	10
11	9	10	10
9	10	10	11
10	10	9	11
10	9	10	10
10	9	9	12
9	9	10	10
10	9	10	11
9	10	10	11
10	10	10	10
10	10	10	11

Número de hojas tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
10	10	12	10
9	10	11	10
10	10	11	11
9	11	10	11
9	10	11	10
10	11	10	10
10	10	11	11
10	10	10	11
11	10	10	10
9	12	11	11
11	10	11	11
10	12	11	11
10	10	11	11
10	11	11	11
10	11	10	11
10	10	11	11

Número de hojas tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
10	11	11	11
10	10	10	11
10	11	10	11
11	11	10	11
10	11	10	11
10	10	10	10
10	11	10	11
11	10	11	11
11	11	10	11
12	11	10	10
12	11	11	10
12	10	10	11
12	11	10	10
11	11	10	11
11	11	10	11
11	10	10	12

Número de hojas tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
12	10	11	12
11	11	11	11
11	11	9	11
11	12	11	11
11	10	10	11
11	12	10	11
12	10	10	11
10	11	11	11
11	10	11	12
10	12	10	11
12	12	10	12
11	10	10	11
11	11	10	12
11	11	10	11
11	11	11	11
11	11	11	12

Anexo 12 Evaluaciones realizadas-Diámetro del bulbo

Diámetro del bulbo tratamiento Testigo(T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
4.4	3.8	3.8	4.9
4.6	4.1	3.8	4.5
4.6	4.4	4.9	4.9
4.5	4	3.8	4.4
5.2	4	3.9	3.8
4.5	4.5	4.5	4.9
4.5	4.4	4	4.7
5	4.3	4	4.5
4.8	4	4.9	4.5
4.7	4.5	4	4.3
4.8	3.7	4.5	4.8
3.9	3.4	4.5	4.7
4.3	4.1	5	4.4
4.4	4.6	4.8	4.5
4.8	4.9	3.9	4.7
4.8	5	4.7	4.6

Diámetro del bulbo tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
4.7	5.2	5.2	5.5
4.5	5.2	5.2	5.3
5	4.9	5.4	5.4
5.6	4.8	5.7	5.8
5.5	5	4.5	4.9
5.4	5.2	5.5	5.3
5.5	5	5	5.5
5.2	5.5	5.4	5.2
5	5	4.9	5.1
5	5.5	5.5	5.4
5	5.6	5.5	5.3
5.4	5.5	5.2	4.8
5.3	5	5.8	5
5.8	5.2	5.5	5
4.8	5.1	5.6	5.5
5	5.7	5.1	5.7

Diámetro del bulbo tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
5.4	5.6	5.6	5.7
5.6	5.5	5.5	5.6
5.8	5.1	5.5	5.4
6	6	5.7	5.9
5.5	6.2	5	5.6
5.6	5.2	5.4	5.6
5.4	6.4	5.2	5.5
5.7	5.5	5.7	5.7
5.4	5.2	5.3	5.2
5.7	5.1	5.5	5.7
5.9	5.2	6	5.4
5.3	5.5	5.8	5.5
5.7	5.4	5.6	6.1
5.5	5.5	5.5	6
5.7	5.5	5.2	6
5.3	6.2	5.5	5.3

Diámetro del bulbo tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
5.7	5.7	5.4	6
5.6	5.6	5.5	5.9
5.9	6.4	5.9	6.1
6	6.5	5.1	6.2
5.9	5.5	5.9	6.2
5.7	6.2	5.8	6.2
5.9	5.9	5.5	6.2
5.6	6.4	5.8	6.2
5.8	5.9	6.2	6.2
5.6	6	5.7	6.2
5.3	5.6	6.3	6.2
6	6	6.3	6.2
5.6	6.1	6	6.2
5.6	5.6	5.4	6.2
5.6	6.2	5.9	6.2
5.9	5.8	5.5	6.2

Anexo 13 Evaluaciones realizadas-Tamaño del bulbo

Tamaño del bulbo tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
4.2	3.2	3.5	4.5
3.7	3	3.3	4
4.2	3.6	3.9	3.8
4.4	3.4	3.7	3.5
4.7	3.5	3.5	3.9
4.3	3.9	3.5	4
3.8	3.6	3.3	3.9
4.3	3.7	3.5	4
4.2	3.2	4	4
4	3.8	3.7	3.5
4.4	3.5	3.9	3.7
3.5	3.5	3.5	3.9
3.8	3.5	4	3.7
3.9	3.7	4	4
3.9	3.7	3.5	4
4.1	4.2	3.9	4.2

Tamaño del bulbo tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
4.1	4	4.2	4.5
3.9	4.7	4.5	4.5
4.5	4.4	3.7	4.5
4.7	4.3	4.5	4.9
4.5	4.5	4.1	4.4
4.5	4.6	3.7	4
4.3	4	4.5	4.4
4.2	4	4.6	4.5
4.7	4.8	4	4.2
4.5	3.8	4.3	4.1
4.4	4	4	4
4.5	4.8	4.3	4.3
4	3.8	4.2	4
4.7	4.1	4.6	4.3
4.2	4.3	4.8	4.4
4.5	4.6	4.5	4.4

Tamaño del bulbo tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
4.2	4.7	4.5	5.2
4.5	5	4.9	5.1
4.5	5	4.4	4.5
4.6	4	4.8	4.4
4.5	4.7	4.3	4.6
4.6	5	4.5	4.2
4.3	4.8	5	4.2
4.9	4.5	4.5	4
4.2	4.2	4.3	4.9
5	4.5	5	4.7
5.5	4.7	4.3	4.5
4	4.8	4.7	4.9
4.5	4.5	4.5	5
4.5	4.4	4.4	5
4.8	4.2	4.2	4.9
4.4	4.8	4.7	4.4

Tamaño del bulbo tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
4.5	4.5	4.2	4.2
4.3	4.4	3.8	4.6
4	4.4	4	4.7
4.2	4.5	3.8	4.7
4.1	4.3	4.2	3.8
3.9	4	4	3.9
3.8	4.3	4	4
3.9	4.2	5.2	4
4.8	4.1	4	4.2
4	3.7	4.2	4
4.3	4.1	4	4.1
4.7	4.6	5.3	4.8
4.7	4.7	4.3	3.7
4.2	4.1	4.5	4.4
4.8	4.1	4.2	4.3
4.7	4.4	3.9	4.6

Anexo 14 Evaluaciones realizadas-Diámetro de cuello del pseudotallo

Diámetro del cuello del pseudotallo tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
0.5	0.5	0.5	0.6
0.5	0.5	0.5	0.5
0.5	0.5	0.6	0.7
0.6	0.5	0.5	0.5
0.7	0.5	0.5	0.5
0.7	0.6	0.5	0.8
0.8	0.5	0.5	0.5
0.6	0.5	0.6	0.5
0.8	0.5	0.5	0.7
0.7	0.5	0.5	0.5
0.5	0.5	0.6	0.5
0.5	0.5	0.5	0.5
0.5	0.5	0.7	0.5
0.9	0.7	0.5	0.5
0.5	0.5	0.5	0.5
0.6	0.7	0.7	0.5

Diámetro del cuello del pseudotallo tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
0.7	0.7	0.6	0.7
0.7	1	0.9	0.8
0.8	0.5	0.8	0.6
0.7	1	0.7	0.8
0.6	0.8	0.7	0.7
0.7	0.7	0.7	0.7
0.7	0.6	0.9	0.7
0.7	0.6	0.8	0.9
0.8	0.7	0.6	0.7
0.7	0.7	0.8	1
0.7	0.7	0.6	0.8
0.7	0.9	0.8	0.8
0.7	0.7	0.8	0.7
0.9	0.8	0.7	0.6
0.7	1	0.8	0.7
0.7	0.9	0.7	0.7

Diámetro del cuello del pseudotallo tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
0.7	1	0.8	0.9
0.8	1	0.9	0.8
1	1	0.7	1
1	1	1.3	0.9
0.8	1	0.9	0.8
0.8	0.9	0.8	0.8
0.7	0.8	1.1	0.9
1.2	1	0.9	0.8
0.9	0.8	0.8	0.9
0.8	0.9	1	0.8
1.2	0.8	1	0.8
0.7	1	1	0.8
0.9	1	0.8	1
0.8	0.8	1	1
1	0.8	0.7	1
0.9	1	1	0.9

Diámetro del cuello del pseudotallo tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
1.1	0.9	1	1.2
1	1	1	1.3
1.1	1	1	1.1
1	1.1	1	1.1
1.1	1	1.1	1
1	1	1	1
1.1	1	1.1	1
1.3	1	1.1	1
1.2	0.9	1.1	1
1	1	1.1	1
1	1.1	1	1.1
1	1	1	1
1	1.1	1	1
1	1.2	1.1	1
1	1.1	1	1
1.2	1.2	1	1

Anexo 15 Evaluaciones realizadas-Peso fresco del bulbo

Peso fresco del bulbo tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
44	34	32	55
44	33	32	46
47	42	50	55
56	29	36	35
65	36	31	40
56	41	41	56
50	37	34	43
58	34	37	52
61	40	57	48
51	45	39	39
51	31	45	47
33	47	42	50
43	48	59	39
43	63	48	47
45	51	32	42
53	60	50	49

Peso fresco del bulbo tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
71	60	60	64
55	81	66	65
73	62	63	70
81	69	79	81
63	74	60	60
61	70	78	71
59	66	64	75
63	63	79	66
74	64	62	67
67	66	73	62
70	78	70	72
68	78	67	73
64	61	68	59
74	73	71	63
67	70	80	69
62	78	62	69

Peso fresco del bulbo tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
72	79	78	80
74	86	82	92
82	74	69	66
78	93	86	81
78	90	70	78
84	70	73	73
74	96	78	77
86	86	74	84
71	77	73	72
84	72	78	61
96	68	81	67
68	77	83	76
77	70	76	96
80	73	66	89
84	67	65	75
77	95	83	69

Peso fresco del bulbo tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
85	88	66	84
80	82	76	96
91	98	92	107
90	113	66	98
78	78	90	86
75	94	75	80
77	91	72	84
78	105	89	80
98	86	99	97
80	84	79	81
73	85	108	87
91	77	109	97
81	86	87	79
78	77	78	84
77	110	88	86
90	80	70	94

Anexo 16 Evaluaciones realizadas-Peso fresco de los dientes

Peso fresco de los dientes tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
23	23	20	28
26	22	17	22
29	25	31	37
24	19	22	17
43	25	20	24
36	27	27	32
28	26	19	30
39	21	20	31
32	23	38	28
31	29	23	24
30	23	28	31
19	28	27	34
27	31	33	22
28	41	31	32
31	36	19	29
30	40	32	28

Peso fresco de los dientes tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
28	30	29	31
20	40	31	30
34	35	30	40
37	36	40	41
30	30	25	30
31	32	41	27
33	28	29	41
32	30	42	28
38	32	28	32
35	31	40	29
39	41	33	34
32	38	32	38
31	33	32	29
38	44	35	32
34	31	44	34
32	34	28	35

Peso fresco de los dientes tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
33	37	39	35
32	40	42	43
39	22	32	24
40	50	40	40
39	42	26	38
43	27	32	34
36	55	42	35
38	42	33	45
29	37	35	34
44	32	33	32
47	30	34	31
28	34	40	28
32	32	38	51
40	33	28	45
35	29	28	34
33	51	42	25

Peso fresco de los dientes tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
43	44	27	28
39	36	39	40
44	46	45	54
46	35	23	42
32	34	38	44
35	45	32	32
32	47	24	40
34	52	37	39
51	40	49	50
36	37	30	34
32	38	59	37
46	38	57	50
40	42	41	36
35	25	32	37
30	54	38	36
42	28	25	35

Anexo 17 Evaluaciones realizadas-Número de dientes

Número de dientes tratamiento Testigo (T4)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>	<u>T4</u>
12	13	10	12
13	10	8	13
13	13	12	10
12	10	8	10
14	11	10	12
13	13	13	14
12	12	11	12
15	11	9	11
12	11	13	12
12	10	10	13
13	11	11	11
13	11	10	13
12	12	13	12
12	14	11	14
12	14	10	15
13	12	16	11

Número de dientes tratamiento (T1)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>	<u>T1</u>
18	14	14	17
14	15	15	17
16	15	17	21
17	14	15	14
14	15	14	17
17	13	19	17
18	15	17	15
16	14	18	11
15	14	17	15
17	16	18	16
19	17	14	17
18	15	14	10
18	14	15	18
17	18	15	17
19	13	16	19
18	14	16	18

Número de dientes tratamiento (T2)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>	<u>T2</u>
15	16	15	15
15	17	19	18
18	14	19	14
22	17	15	19
19	17	13	15
18	16	15	22
18	17	17	17
16	13	15	25
14	13	20	14
18	16	16	19
17	18	18	15
21	16	18	14
19	20	17	18
15	15	16	16
17	16	20	18
12	21	15	13

Número de dientes tratamiento (T3)			
<i>B-I</i>	<i>B-II</i>	<i>B-III</i>	<i>B-IV</i>
<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>	<u>T3</u>
23	20	15	26
21	17	11	18
15	17	17	20
18	15	16	20
18	16	18	21
21	18	17	22
18	19	17	20
19	19	18	20
21	15	10	27
17	20	17	24
18	15	10	19
22	16	18	26
21	20	20	17
20	14	18	18
17	18	19	27
18	15	18	22

Anexo 18 Panel fotográfico

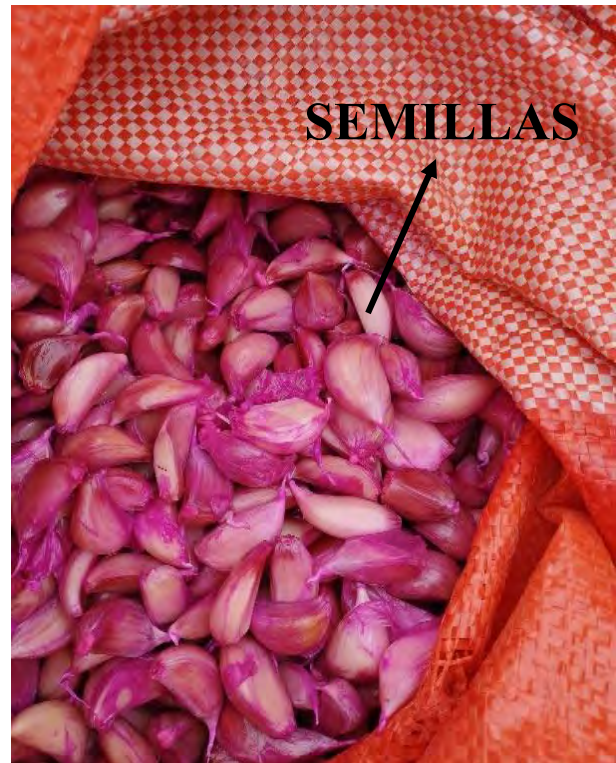
Fotografía 1 Arado del terreno



Fotografía 2 Trazado del terreno



Fotografía 3 Siembra manual del cultivo



Fotografía 4 Instalación de las cintas de goteo



Fotografía 5 Desarrollo del cultivo



Fotografía 6 Preparación de fertilizantes y fertirrigación al cultivo



Fotografía 7 Realizando la prueba de uniformidad



Fotografía 8 Lectura del tanque Clase A y medición de la velocidad del viento



Fotografía 9 Aporque del cultivo y eliminación de malezas



Fotografía 10 Control de plagas y enfermedades



Fotografía 11 Evaluación de altura y número de hojas



Fotografía 12 Realizando el atado del cultivo y el quite de la inflorescencia



Fotografía 13 *Cosecha*



Fotografía 14 Recopilando datos

