

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**INFLUENCIA DE TRES DOSIS DE N-P-K APLICADOS
MEDIANTE FERTIRRIEGO EN EL CULTIVO DE LA CEBOLLA
(*Allium cepa* L.) EN EL CENTRO AGRONÓMICO DE K'AYRA - SAN
JERÓNIMO - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. ERICA OVALLE CERVANTES

**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: INFUENCIA DE TRES DOSIS DE N-P-K
APLICADOS MEDIANTE FERTIRRIEGO EN EL CULTIVO DE LA
CEBOLLA (Allium cepa L.) EN EL CENTRO AGRONÓMICO DE K'AYRA-
SAN JERÓNIMO - CUSCO

Presentado por: ERICA OVALLE CERVANTES DNI N° 74437636 ;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRÓNOMO

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

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

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

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

Cusco, 02 de SETIEMBRE 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: 27259:619827795

ERICA OVALLE CERVANTES

INFLUENCIA DE TRES DOSIS DE N-P-K APLICADOS MEDIANTE FERTIRRIEGO EN EL CULTIVO DE LA CEBOLLA (Al...



Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:619827795

Fecha de entrega

2 sep 2026, 9:28 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

2 sep 2026, 10:55 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFLUENCIA DE TRES DOSIS DE N-P-K APLICADOS MEDIANTE FERTIRRIEGO EN EL CULTIVO DE LApdf

Tamaño del archivo

7.0 MB

147 páginas

31.302 palabras

147.462 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 darme la fortaleza para continuar en este proceso, y por bendecirme con salud y felicidad.

A mis queridos padres: Jaime Ovalle Serrano y Felicia Cervantes Alarcón por la motivación constante, sus consejos, sus valores y apoyo que siempre me han brindado durante mi formación profesional mi aprecio por siempre.

A mis queridos hermanos: Yhojan y Ruth Karina por su cariño y apoyo constantemente en los momentos más difíciles y oportunos.

A todos mis compañeros de la Universidad san Antonio Abad del Cusco que me apoyaron en todo momento y que estuvieron durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por protegerme, guiarme y darme salud durante todo el proceso para no rendirme y superar las dificultades que se presentaron en el transcurso de mi proyecto.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, institución que me formó profesionalmente, y a los docentes de la Escuela Profesional de Agronomía, por cada conocimiento impartido y los valiosos consejos compartidos a lo largo de mi formación académica.

Expreso mi sincero agradecimiento al Dr. Carlos Jesús Baca García, mi asesor, por su constante orientación, compromiso y apoyo durante el desarrollo y culminación del presente trabajo.

Mi gratitud a los compañeros y amigos Russbel Poccohuanca, Grichel Villafuerte, Karol Milagros Cartagena, Alexia Espinoza, Marcia Camacho, Mariela Navarro, Yerwin Salinas, Fredy Inca Fuentes, Vanesa Vera, Ignacio Poccohuanca Champi, Luz Marina Quispe y Héctor Alzamora, así como a mi familia, por el apoyo constante, la motivación y el acompañamiento brindado durante el desarrollo de este trabajo, los cuales fueron fundamentales para su culminación.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis abuelos Carlota Serrano, Tomás Ovalle y Justina Alarcón, por el apoyo y la motivación constante que me ofrecen a lo largo de mi formación.

Expreso mi sincero agradecimiento a mis tíos y primas: Raúl Gutiérrez, Rosia Ovalle, José Ovalle (Q.E.P.D.), Mariela Ovalle, Vilma Cervantes, Toribio Alarcón, Yuli Vilca, Henry Sebastián Castañeda, Rosa Ovalle y a sus familias, por sus sabios consejos y el apoyo constante brindado durante el desarrollo de mi formación académica.

Para finalizar a mis compañeros del grupo de estudios ingeniería de riego GEIR con quienes compartí una bonita amistad y conocimiento durante mi etapa universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	xi
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	1
1.2. Planteamiento del problema	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	3
2.2. Justificación	4
III. HIPÓTESIS	6
3.1. Hipótesis general	6
3.2. Hipótesis específicas	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. Antecedentes	7
4.2. Bases teóricas	13
4.3. Nutrición mineral de la cebolla	18
4.4. Fertiirrigación	21
4.5. Riego	26
4.6. Crecimiento y rendimiento de la cebolla	29

4.7. Diseño agronómico del cultivo de cebolla.....	31
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
5.1. Tipo de investigación.....	38
5.2. Nivel de la investigación.....	38
5.3. Ubicación espacial de la investigación	38
5.4. Ubicación temporal.....	40
5.5. Materiales	40
5.6. Metodología	43
5.7. Características del campo experimental.....	43
5.8. Cálculo de fertilizantes	48
5.9. Demanda hídrica del cultivo	64
5.10. Descripción de las actividades	70
5.11. Variables evaluadas	79
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	84
6.1. Crecimiento vegetativo.....	84
6.2. Características productivas	94
6.3. Rendimiento del bulbo de la cebolla.....	102
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA.....	109
ANEXOS	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Eficiencia de riego.....	28
Tabla 2 Influencia del suelo, planta y clima en la frecuencia del riego	35
Tabla 3 Materiales para riego	40
Tabla 4 Instrumentos para levantamiento de datos	41
Tabla 5 Herramientas para levantamiento de datos.....	42
Tabla 6 Equipos de gabinete	42
Tabla 7 Tratamientos y sus dosis respectivas.....	48
Tabla 8 Nuevos niveles de nutrientes	52
Tabla 9 Dosificación por fecha con nivel 162-27-145 según BERTSCH	62
Tabla 10 Dosificación por fecha con nivel 190-100-250 según MARM	62
Tabla 11 Dosificación por fecha con nivel 120-50-160 según FIAC	63
Tabla 12 Fases del desarrollo del cultivo de la cebolla (verde)	65
Tabla 13 Evaluación del número de raíces	84
Tabla 14 Anova de número de raíz por planta	85
Tabla 15 Prueba Tukey número de raíz por planta	85
Tabla 16 Evaluación del número de hojas	87
Tabla 17 Anova número de hojas de la planta	87
Tabla 18 Prueba Tukey número de hojas por planta	88
Tabla 19 Evaluación del diámetro del pseudotallo (cm).....	89
Tabla 20 Anova diámetro de pseudotallo (cm).....	90
Tabla 21 Prueba Tukey diámetro del pseudotallo (cm)	90
Tabla 22 Evaluación de la altura de planta (cm)	92
Tabla 23 Anova altura de la planta (cm)	92
Tabla 24 Prueba Tukey altura de la planta (cm)	93
Tabla 25 Evaluación de la longitud polar de bulbo (cm).....	94

Tabla 26 Anova longitud polar del bulbo (cm).....	95
Tabla 27 Prueba Tukey longitud polar del bulbo	95
Tabla 28 Evaluación del diámetro del bulbo (cm)	97
Tabla 29 Anova diámetro ecuatorial de bulbo (cm).....	97
Tabla 30 Prueba Tukey diámetro ecuatorial de bulbo (cm).....	98
Tabla 31 Evaluación del peso promedio de bulbo (gr/planta).....	100
Tabla 32 Anova peso promedio de bulbo por gr/planta.....	100
Tabla 33 Prueba Tukey del peso promedio de bulbo gr/planta	101
Tabla 34 Evaluación del rendimiento extrapolado (t/ha)	102
Tabla 35 Anova del rendimiento extrapolado t/ha	103
Tabla 36 Prueba Tukey del rendimiento extrapolado t/ha	103

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Partes de la Cebolla.....	16
Fotografía 2 Fenología de la Cebolla	17
Fotografía 3 Muestra cómo llega los fertilizantes a través de los goteros a la raíz	22
Fotografía 4 Tipos de unión de inyectores Venturi.	26
Fotografía 5 Curva de kc generalizada	32
Fotografía 6 Tanque clase A.....	33
Fotografía 7 Plano de localización del campo experimental.....	39
Fotografía 8 Croquis de distribución de la parcela experimental	45
Fotografía 9 Croquis de distribución por unidad experimental.....	46
Fotografía 10 Tanque evaporímetro de Clase A	65
Fotografía 11 Curva de kc del cultivo de la Cebolla	65
Fotografía 12 Captación de agua.....	71
Fotografía 13 Germinadero de hortalizas.....	72
Fotografía 14 Instalación del tanque clase A	73
Fotografía 15 Preparación de terreno.	74
Fotografía 16 Nivelación de terreno.	74
Fotografía 17 Trazado de parcela.	75
Fotografía 18 Instalación de riego por goteo.....	75
Fotografía 19 Remojo de plántulas en fungicida y trasplante.	76
Fotografía 20 Aporque	77
Fotografía 21 Fertirriego	77
Fotografía 22 Control de plagas y enfermedades	78
Fotografía 23 Cosecha	79
Fotografía 24 Número de raíces	79
Fotografía 25 Número de hojas	80

Fotografía 26 Diámetro de pseudotallo	80
Fotografía 27 Altura de planta.....	81
Fotografía 28 Longitud polar del bulbo.....	81
Fotografía 29 Diámetro ecuatorial del bulbo	82
Fotografía 30 Peso del bulbo	82
Fotografía 31 Distribución de número de raíz por planta.....	86
Fotografía 32 Número de hojas por planta.....	89
Fotografía 33 Distribución de diámetro del pseudotallo (cm).....	91
Fotografía 34 Altura de planta (cm).....	94
Fotografía 35 Distribución de longitud polar de bulbos (cm).....	96
Fotografía 36 Distribución de diámetro ecuatorial de bulbo.....	99
Fotografía 37 Distribución del peso de bulbo gr/planta	102
Fotografía 38 Distribución del rendimiento extrapolado (t/ha)	105

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado “Influencia de tres dosis de N-P-K aplicados mediante fertirriego en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el Centro Agronómico de K’ayra - San Jerónimo - Cusco”, fue llevado a cabo en la campaña 2022 – 2023, en un área total del experimento de 163.4 m². El diseño estadístico utilizado fue de cuatro bloques completos al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. A cada tratamiento se le denominó de la siguiente manera: tratamiento T1, con una dosis de 120-50-160; tratamiento T2, con una dosis de 190-100-250; tratamiento T3, con una dosis de 162-27-145; y tratamiento T4 (testigo), al que no se le aplicó ninguna dosis de N-P-K. Respecto a los resultados, en la evaluación del crecimiento vegetativo el tratamiento T2 logró los mejores resultados. Las variables que destacaron fueron: número de raíces, con 73.48 unidades; número de hojas, con 13.39 unidades; diámetro del pseudotallo, con 2.46 cm; altura de planta, con 63.83 cm. En los parámetros de las características productivas se obtuvo: longitud polar del bulbo, con 10.40 cm; diámetro ecuatorial del bulbo, con 10.09 cm y el peso promedio del bulbo; con 519.59 gr/planta. A nivel de rendimiento, el tratamiento T2 obtuvo el mayor promedio, con 51.95 t/ha, al aplicar una dosis de 190-100-250 de N-P-K. En base a los resultados obtenidos, se puede inferir que la aplicación de fertilizantes mediante fertirriego, realizada en el momento oportuno en cada etapa de desarrollo del cultivo, mejora los caracteres evaluados.

Palabras claves: Cebolla, Rendimiento, Riego por goteo, Fertirriego

INTRODUCCIÓN

MINAGRI (2018), indica que la cebolla roja (*Allium cepa* L.) la producción nacional total en 2017 alcanzó las 722,436 toneladas, siendo Arequipa la región más importante, produciendo 449,797 toneladas, lo que representa el 62.3% del total. A continuación, Ica es responsable de 150,710 toneladas (20.9%), La Libertad es responsable de 27,188 toneladas (3.8%) y Lima es responsable de 23,556 toneladas (3.3%). Por sí mismas, estas cuatro regiones son responsables del 90.1% de la producción total del país.

MINAGRI (2018), refiere que el rendimiento en el Perú se tiene cinco regiones con mayores rendimientos promedio en 2017. Ica ocupa el primer lugar con un rendimiento de 57,743 (kg/ha), seguido de Arequipa con 43,280 (kg/ha), La Libertad con 40,278 (kg/ha), Lambayeque con 34,625 (kg/ha) y Tacna con 34,058 (kg/ha). A nivel nacional, la producción promedio por hectárea es de 39,576 kilogramos. Arequipa, por su parte, reclama la distinción de ser el departamento con mayor superficie cosechada, que abarca 10,410 hectáreas.

El mal uso de los fertilizantes y agua utilizados de forma tradicional, así como el desconocimiento de la cantidad de fertilizantes que requiere el cultivo, conocer el momento oportuno para regar y hacer un uso adecuado del agua y nutrientes, estos con el fin de obtener mejores atributos en el rendimiento del cultivo.

MINAGRI (2019), las necesidades de riego de muchos cultivos agrícolas están determinadas por la evapotranspiración (ET_o) específica de la región, los coeficientes de cultivo estacional (K_c) y los factores de reducción (K_r) que tienen en cuenta la densidad de siembra y la cantidad de plantas, las necesidades de riego de las cebollas también deben identificarse y determinarse de acuerdo con estos parámetros. Tanto la frecuencia de riego como el volumen de agua que se aplique a cada aplicación estarán determinados por la capacidad de retención de agua del suelo, las condiciones meteorológicas, la etapa de crecimiento de las plantas y las especies particulares que se estén tomando en consideración. Aunque la cebolla es resistente a la sequía, requiere una cantidad limitada de agua. La cantidad normal de agua requerida para el

riego por goteo es de entre 4500 y 5000 m³/ha, mientras que el riego por gravedad requiere entre 7000 y 7500 m³/ha.

El presente trabajo se realizó con el título “Influencia de tres dosis de N-P-K aplicados mediante fertirriego en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.), en el Centro Agronómico de K’ayra – San Jerónimo - Cusco” tiene como propósito, mejorar el rendimiento, uso adecuado del agua y la fertilización necesaria del cultivo de la cebolla.

La autora

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

La producción de cebolla constituye una actividad hortícola de importancia económica en la región Cusco. Sin embargo, uno de los principales factores que limita la productividad es el manejo inadecuado de la fertilización y el agua de riego. Tradicionalmente, la fertilización se realiza de forma convencional, con aplicaciones poco eficientes que generan pérdidas de nutrientes por lixiviación, volatilización o fijación en el suelo.

El sistema de fertirriego por goteo representa una alternativa tecnológica que permite aplicar agua y nutrientes directamente en la zona radicular, incrementando la eficiencia de uso de ambos recursos. No obstante, en las condiciones edafoclimáticas en el Centro Agronómico K'ayra no existe suficiente información técnica sobre las dosis óptimas de NPK aplicadas mediante fertirrigación para maximizar el crecimiento y rendimiento del cultivo.

Por esta razón, surge la necesidad de determinar la respuesta agronómica del cultivo frente a diferentes niveles de fertilización NPK aplicados mediante riego localizado por goteo

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

- Baja eficiencia en el uso de fertilizantes.
- Incremento de los costos de producción de fertilización inadecuada.
- Ausencia de recomendaciones locales sobre fertirrigación en cebolla.
- Posibles pérdidas de nutrientes por aplicaciones convencionales.
- Variabilidad en el rendimiento del cultivo debido a un manejo nutricional no optimizado.
- Escasa información científica generada bajo las condiciones agroecológicas de K'ayra

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

- ¿Cómo influyen tres dosis fertilización de NPK aplicadas mediante fertirriego en el rendimiento y características agronómicas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Centro Agronómico de K'ayra - San Jerónimo - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de tres dosis de NPK aplicados mediante fertirriego sobre el crecimiento vegetativo del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)?
- ¿Cuál es el efecto de tres dosis de NPK aplicadas mediante fertirriego sobre las características productivas del bulbo de cebolla (*Allium cepa* L.)?
- ¿Cuál de las dosis de NPK evaluadas permite obtener mayor rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en las condiciones de K'ayra?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de tres dosis de N-P-K aplicados mediante fertirriego sobre el rendimiento y características agronómicas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Centro Agronómico de K'ayra - San Jerónimo - Cusco.

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres dosis de NPK aplicados mediante fertirriego sobre el crecimiento vegetativo de cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)
- Evaluar el efecto de tres dosis de NPK sobre las características productivas y calidad del bulbo de cebolla (*Allium cepa* L.)
- Identificar la dosis de NPK que produzca el mayor rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

2.2. Justificación

Económico

La cebolla siendo una hortaliza muy bien acogida durante los últimos años para el sustento del ser humano, requiere de una necesaria implementación de dosis de fertilización para que el cultivo mejore en su rendimiento. Además, esto implica garantizar mejores ingresos económicos a los productores de la cebolla (*Allium cepa* L). Asimismo, los agricultores requieren obtener cebollas con características deseables ya que les permitirá vender a un mejor precio en el mercado y ofrecer una alimentación saludable a los consumidores.

Por consiguiente, al lograr buenos atributos en el crecimiento vegetativo, características productivas y rendimiento del bulbo de la cebolla. Se podrá lograr productos de excelente calidad y rentable, aplicando una fertilización viable y económica a favor de los productores locales.

Social

El cultivo es desarrollado por muchas familias en la Región del Cusco, ya que sus suelos y climas son favorables. Ahora bien, se requiere conocer el manejo de nutrientes de acuerdo al requerimiento cultivo en base al periodo vegetativo, de esa manera evitar gastos innecesarios en costos de producción. En este sentido, se comprende que la concentración adecuada de N-P-K logra mejores cosechas y asegura el ingreso de los agricultores. La cebolla es apreciada como hortaliza que tiene gran demanda entre preferencias de los consumidores siempre están orientadas a beneficiarse de las bondades que presenta, basta mencionar los beneficios que ofrece tanto en la salud y su uso culinario. Por esa razón, es necesario realizar estudios donde se puedan obtener buenos rendimientos garantizando contribuir al desarrollo de la agricultura local.

Ambiental

Es fundamental realizar una fertilización y riego eficiente, que facilite el uso y manejo adecuado, que abarque el conocimiento del estado nutricional de los suelos como del cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.), evitando la degradación del suelo desde el enfoque químico, físico y biológico; preservando así los recursos naturales y el medio ambiente, especialmente el agua.

Investigación

El estudio busca determinar la dosis adecuada de NPK aplicados mediante fertirriego que eleven la producción y la calidad del bulbo de la cebolla, para ello es necesario comparar que dosificación de nutrientes propuestas es mejor. Por lo tanto, ya con los resultados obtenidos se podrá beneficiar al productor con información técnica y científica en el manejo idóneo de fertilizantes y el uso de agua de riego. Asimismo, el estudio servirá como fundamento para otros trabajos relacionados a ciencias agrarias.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

- Las diferentes dosis de fertilización de NPK aplicados mediante fertirriego influyen significativamente en el rendimiento y características agronómicas de cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el Centro Agronómico de K'ayra – San Jerónimo – Cusco.

3.2. Hipótesis específicas

- H1: Las dosis de NPK influyen significativamente en el crecimiento vegetativo del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).
- H2: Las dosis de NPK influyen significativamente en las características productivas del bulbo de la cebolla (*Allium cepa* L.).
- H3: Existe una dosis de NPK que permite alcanzar rendimientos significativamente superiores respecto a las demás dosis evaluadas.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes

4.1.1. Antecedentes Internacionales

Manya (2022), en su investigación titulada “Efecto de tres formulaciones químicas aplicadas por medio del fertirriego con tres dosis de fertilización orgánica complementaria en el rendimiento de la cebolla (*Allium cepa* L.) Var., Chimborazo, Ecuador”. La investigación utilizó un diseño completo de bloques bifactoriales aleatorios en una configuración de parcela que se separó en dos mitades. El área más grande se trató con fertilizante y las subparcelas se trataron con cantidades variables de fertilización orgánica. El estudio consistió en cuatro repeticiones y un total de cuarenta y ocho unidades experimentales. A pesar de que se observa fertilización orgánica a razón de 3 Mg/ha (B3) y fertilización química en dosis altas (A2), los hallazgos muestran que los componentes de la fertilización química y orgánica no interactúan entre sí, manifestaron resultados superiores, donde el tratamiento A1B3 obtuvo un rendimiento de 57.25 t/ha.

Álvarez et al. (2011), en su estudio “Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México”, con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo de cebolla “criolla” a la aplicación de fertilizantes. El diseño experimental que se utilizó fue un diseño de bloques aleatorios, e incluyó tres repeticiones junto con cuatro tratamientos diferentes. Los tratamientos que se examinaron fueron los siguientes: I: fertilizaciones químicas convencionales (usando superfosfato de calcio triple y urea como fuente); II: fertilizaciones químicas complicadas (usando triple 17 como fuente); III: fertilizantes orgánicos (usando líquido derivado de guano de murciélago); y IV: controles. De acuerdo a los resultados obtenidos de las variables fenológicas del cv. “criollo” estudiados, se menciona que en base al último muestreo (75 ddt), no se encontró diferencias estadísticas marcadas de los siguientes parámetros: altura de planta de 38.28 a 39.98 cm, 0.98 a 1.03 cm en diámetro de pseudotallo y 7.26 a 8.17 hojas. Respecto a las características productivas, al igual que las fenológicas los resultados no fueron

significativos; no obstante, hubo tendencias en el tratamiento I (140-60 kg/ha de N-P) obtuvo valores superiores en las variables rendimiento (31592 kg/ha), peso medio del bulbo (78.98 g), diámetro de bulbo ecuatorial (5.57) y polar (4.93 cm).

Figueroa et al. (2004), en su trabajo de investigación realizado en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango en la Comarca Lagunera-México El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de diferentes dosis de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio que se administraron mediante riego dirigido sobre la composición nutricional, el crecimiento y el rendimiento de los cultivos de cebolla, se evaluaron rendimiento, altura, diámetro y volumen de bulbo de cebolla. Donde se estudiaron 12 tratamientos: T1=40-20-00, T2=40-60-00, T3=40-20-125, T4=40-60-125, T5=80-40-62, T6=80-66-62, T7=80-40-146, T8=120-20-00, T9=120-60-00, T10=120-20-125, T11=120-60-125, T12=133-40-62 resultantes de la combinación de diferentes dosis de N-P-K y el número de repeticiones fue de tres. Según los hallazgos, existe una correlación entre los niveles más altos de nitrógeno y el rendimiento de la cebolla, así como el volumen del bulbo (120). Las dosis de la formulación 120-20-00 tuvieron un efecto beneficioso en la mayoría de las cualidades que se probaron. El potasio resultó mejor, cuando se aplicó con altos niveles de nitrógeno. El desarrollo del bulbo, expresado como altura, volumen y diámetro del bulbo, responde de manera similar al rendimiento. El cultivo de la cebolla responde bien bajo condiciones de fertirrigación, resaltando a la media regional sin fertirrigación.

4.1.2. Antecedentes Nacionales

Capillo (2018), en su investigación “Efecto de tres dosis de fertilizantes N, P, K en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el rendimiento bajo condiciones agroecológicas de Guadalupito, La Libertad-Perú”. En este estudio, se adoptó un diseño de bloques completamente aleatorio para el experimento. Este diseño incluyó cuatro tratamientos diferentes y cuatro repeticiones diferentes. Tras la finalización de la presente investigación, se determinó que el

tratamiento T2 resultó en el mayor rendimiento (23,243.33 t/ha), mientras que el tratamiento T3 resultó en el menor rendimiento (18,993.33 t/ ha).

Los resultados del estudio mostraron que el tratamiento T 2 (N 200 - P 90 - K 300) logró el máximo rendimiento, mientras que el tratamiento T 3 (N 250 - P 120 - K 350) resultó en el rendimiento más bajo. A pesar de esto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Bajo el tratamiento T3 (N 250-P 120-K 350), se estableció que la fertilización excesiva con nitrógeno, fósforo y potasio resulta en una disminución del rendimiento cuando se trata del cultivo de cebollas.

Bañico (2020), en su trabajo de investigación “Distanciamiento de emisores en laterales de riego por goteo y densidad de plantas en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán 2750 msnm– Ayacucho”. Se eligió el diseño completo de bloques como estrategia para el análisis estadístico. La aleatorización se logró mediante el uso de un diseño de parcelas divididas, que implicó asignar parcelas en función de la distancia entre emisores y subparcelas en función de la densidad de las plantas. Las parcelas se organizaron luego en tres bloques. La evaluación de los impactos del espaciamiento de los emisores (20 y 30 cm) y la densidad de las plantas (500,000, 400,000 y 333,333 plantas por hectárea) en la producción de cebolla, la investigación del diseño de los bulbos de humedad del suelo y el análisis de las características de productividad del cultivo de cebolla fueron los dos objetivos principales de este estudio. Entre los elementos que determinan la distancia entre emisores en laterales de riego por goteo (e1: 20 cm y e2: 30 cm), se determinó que e1 exhibió un desempeño superior con 47.8 Tn/ha. Con un rendimiento de 47.8 Tn/ha, el factor de densidad vegetal (d1 500,000, d2 400,000 y d3 333,333 plantas ha-1) revela que d1 es la mejor densidad. Esto se demuestra por el hecho de que existe una diferencia estadísticamente significativa con respecto a los otros factores de densidad. El mayor índice de rentabilidad se logró con T2 (con un espaciamiento de 20 centímetros entre emisores y 400,000 plantas por hectárea), mientras que T6 (con un espaciamiento de 30 centímetros entre emisores y 333,333 plantas por hectárea) tuvo el resultado más bajo.

Muggi (2022), da a conocer en su investigación titulada “Determinar el efecto de cinco dosis de fertilización NPK en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L)”. Donde se realizó en el distrito de Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, región Pasco en condiciones de campo. Donde su población fue de 1080 plantas de cebolla trasplantadas. Se realizó un muestreo de 20 plantas de cada tratamiento. Se usó el Diseño de Bloques Completos al Azar con un testigo y cinco dosis en tres bloques. En el rendimiento se comprobó que el porcentaje de prendimiento fue de 100%. En conclusión, se tuvo como resultado, un efecto positivo en los tratamientos T5, T1 y T2 en los componentes de rendimiento y en cantidad de hojas a la madurez T5 (150-150-100 kg NPK/ha) y T1 (150-80-150 kg NPK/ha) superan a los demás tratamientos, produciendo 14 y 13 hojas, respectivamente. El ancho óptimo de bulbo se registró en T5 (150-150-100 kg NPK/ha) a 10.63 cm, sin embargo, el mayor rendimiento se observó en T2 (200-80-100 kg NPK/ha), que superó notablemente a los otros tratamientos con 70.70 t/ha.

Poma (2013), en su trabajo de investigación titulada “Tres sistemas de plantación y tres niveles de fertilización en la producción de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. “Roja de Camaná” Bajo riego a goteo en zonas áridas.” La Provincia de Caylloma, Región de Arequipa comprende el Distrito de Majes. Los objetivos fueron encontrar la densidad de siembra ideal (633,788; 733,200; 813,912 plantas/ha), identificar los niveles de fertilizante más efectivos (140-60-190; 200-120-250; 260-180-310 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O) y examinar la interacción entre estas dos variables. Se adoptó un diseño de parcelas divididas para el diseño experimental, con parcelas que representaban diferentes sistemas de plantación y subparcelas que indicaban diferentes niveles de fertilizante para cada parcela. El análisis estadístico consistió en realizar un análisis de varianza y prueba de Duncan con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$. Todos los tratamientos se examinaron en términos de rendimiento, altura de la planta, recuento de hojas, inicio de la formación del bulbo, peso del bulbo, diámetro del cuello y del bulbo y contenido de materia seca. Los niveles factoriales de los sistemas de siembra de 633,788 plantas por hectárea, 733,200 plantas por hectárea y 813,912 plantas por hectárea arrojaron rendimientos de 72.59, 81.89 y

86.47 t/ha, respectivamente. Los dos últimos rendimientos demostraron una brecha estadísticamente significativa entre el primer y el segundo nivel. Los niveles de fertilización, que fueron 140-60-190, 200-120-250 y 260-180-310 kg ha⁻¹ de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente, dieron como resultado rendimientos de 72.99, 85.59 y 82.37 t/ha, respectivamente. Los dos últimos niveles mostraron una diferencia estadísticamente significativa con respecto al nivel inicial. Sin embargo, las combinaciones económicamente más beneficiosas implican sistemas de plantación óptimos combinados con un nivel de fertilización de 200-120-250 kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio. Esta combinación da como resultado los rendimientos más altos de 88.71 y 93.68 t/ha, respectivamente. A pesar de que no se encontró significación estadística para la interacción de factores, las combinaciones económicamente más beneficiosas involucran sistemas de plantación óptimos.

4.1.3. Antecedentes Locales

Cuno (2023), en su estudio "Producción de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad roja arequipeña con tres clases de abonos orgánicos en condiciones de K'ayra - Cusco", A lo largo del transcurso de la temporada de cultivo en 2020-2021, la investigación se llevó a cabo en el módulo de lombricultura. Los objetivos particulares son analizar el desempeño agronómico del cultivo de cebolla y determinar en qué medida tres tipos diferentes de fertilizantes orgánicos tienen un impacto en la rentabilidad del cultivo de cebolla. La estrategia estadística que se utilizó se conoció como Diseño Aleatorio de Bloques Completos al Azar (DBCA), incluyó un total de cuarenta unidades experimentales, diez tratamientos y cuatro repeticiones de cada tratamiento. Las características que se evaluaron fueron el peso del bulbo, la altura de la planta, el diámetro del bulbo y el índice de rentabilidad. De acuerdo con los resultados del experimento, que se llevó a cabo en campo abierto en el Centro Agronómico K'ayra, se alcanzaron los siguientes hallazgos: En la producción de cebollas rojas arequipeñas, la aplicación de 10 t/ha de humus de lombriz de tierra provocó un aumento en el peso de los bulbos (209.10 g/planta), el ancho de los bulbos (10.40 cm) y la altura de la planta (59.33 cm). Con una dosis de 10 t/ha de estiércol de vaca

descompuesto, se observó un diámetro de bulbo de 10.03 cm, comparable al diámetro del humus de lombriz. Por lo tanto, por cada S/. 100.00 invertido, una ganancia de S/.27.66. La mayor utilidad neta que se logró fue de S/.9.05 por tratamiento (4 m²), que se realizó con una dosis de 10 t/ha de humus de lombriz en el tratamiento 9. Esto resultó en una tasa interna de rendimiento (TIR) del 27.66%. El tercer tratamiento hizo uso de una dosis de 10 t/ha de estiércol de vaca que se había descompuesto, lo que resultó en un ingreso neto de S/. 8.59 por tratamiento (4 m²) y una tasa interna de retorno (TIR) del 27.28%. Tras la finalización del análisis del tratamiento 10, la parcela testigo, se determinó que tenía un ingreso neto negativo, lo que significaba que se incurría en pérdidas al establecer este tratamiento.

Sivincha (2022), en su indagación “Respuestas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) a tres frecuencias de riego localizado en condiciones del Centro Agronómico K'ayra – San Jerónimo – Cusco”. El objetivo principal de este estudio fue evaluar las respuestas del cultivo de cebolla (*Allium Cepa* L. var. Roja Arequipeña) bajo tres frecuencias de riego diferentes en el Centro Agronómico K'ayra-San Jerónimo-Cusco.

Fue fundamental tener en cuenta la velocidad del viento (m/s), la humedad relativa (%) y la precipitación (mm), todas obtenidas de la estación meteorológica de K'ayra, para determinar la cantidad de agua que requería el tanque evaporímetro clase A.

Para una frecuencia de riego diaria, los requerimientos de agua fueron de 224.32 mm (2243.2 m³/ha), para una frecuencia de tres días, 205.56 mm (2055.6 m³/ha) y para una frecuencia de cinco días, 172.50 milímetros (1725 m³/ha). Los recipientes se dispusieron de la siguiente manera para determinar el coeficiente de uniformidad de descarga de los emisores para cada planta de cebolla: se colocó un recipiente al comienzo de la línea lateral, se colocó un recipiente en un tercio de la línea lateral, se colocó un recipiente en dos tercios de la línea lateral y se colocó un recipiente al final de la línea lateral. En esta configuración, se eligieron 16 emisores diferentes, el resultado fue una excelente uniformidad del 92.5%, lo que indicaba una distribución homogénea.

Se obtuvo un peso promedio de 0.407 kg/planta durante la evaluación I, lo que resultó en una producción diaria de frecuencia de riego de 90.354 t/ha. Este fue el rendimiento más alto que se informó. Los resultados de este estudio indican que existe una correlación entre una mayor frecuencia de riego y mejores rendimientos del cultivo de cebolla. Por otro lado, la evaluación III, que incluyó riego cada cinco días, resultó en el rendimiento más bajo de 32.8 t/ha y un peso promedio de 0.148 kg/planta.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Origen e importancia económica

Paz (2018), señala que el origen de la cebolla es Asia Central, por lo que su cultivo se ha extendido a muchas partes del mundo. Por el momento, se cultivan con éxito en zonas adecuadas al medio ambiente, el clima y las condiciones del suelo, pero no tiene éxito en condiciones de alta humedad y temperatura.

Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI] (2020), basado a datos estadísticos oficiales se manifiesta que el cultivo ocupa decimosexto puesto de importancia de producción de cultivos en el país en el aporte al Valor Bruto de Producción en el sector agrícola. Además, en el 2018 aportó el 1.6% del VBP agrícola de forma constante en precios en el 2007.

4.2.2. Taxonomía

Cronquist (1992), considera la siguiente clasificación de la cebolla:

Sub reino:	Embryobionita
División:	Antophyta
Sub división:	Angiospermae
Clase:	Monocotiledónea
Orden:	Liliflora
Familia:	Alliaceae
Género:	Allium
Especie :	Cepa

Nombre científico: *Allium cepa* L.

Nombre común: Cebolla.

4.2.3. Morfología

Salunkhe & Kadam (2003), una de las plantas que se clasifican bajo el género *Allium* es la cebolla. Otros miembros de este género incluyen ajo, puerros, chalotes y cebollino chino. Este género en particular alberga aproximadamente 500 especies que se encuentran en una amplia gama de entornos. Las especies más importantes son la cebolla (*A. cepa* L.), cebolla japonesa (*A. fistulosum*), puerro (*A. ampeloprasum* L.), cebollino chino (*A. tuberosum* Roll. Ex – spr.), rakkyo (*A. chínese* G. Don), chalota (*A. cepa* L.) y cebollino (*A. Schoenoprasum* L.).

3.4.2.1. Raíz

Enciso et al. (2019), pertenece al tipo fascicular y está formado por raíces adventicias que se generan en el tallo cónico durante el propio proceso de desarrollo vegetativo. En la madurez, la mayoría de las raíces se sitúan a una profundidad de 25 centímetros y 15 centímetros lateralmente.

3.4.2.2. Tallo y hoja

Enciso et al. (2019), el tallo se presenta en forma disciforme, se caracteriza por la presencia de pequeños entrenudos, sirve como base del bulbo y está situado en algún lugar subterráneo. Alrededor del centro del disco culinario es donde se puede encontrar el meristemo apical, que es la fuente a partir de la cual se desarrollan las hojas.

Las hojas, utilizan patrones opuestos para organizar las hojas, las cuales presentan forma lanceolada y están compuestas por una vaina que las rodea y una lámina hueca, redondeada y tubular en su mayor parte. Cada nueva hoja emerge a través de una abertura que se forma entre el borde de la vaina y la lámina. Esto permite que la lámina externa envuelva todas las hojas más grandes al mismo tiempo. En condiciones óptimas, se producen entre 13 a 18 hojas.

3.4.2.3. *Inflorescencia, fruto y semilla*

Rivera et al. (2012), debido a su forma esférica, la inflorescencia se conoce comúnmente como umbela simple. En promedio, cada tallo de flor tiene el potencial de producir entre 200 y 600 (a veces incluso hasta 1000) flores blancas opacas en una umbela, las cuales son polinizadas por insectos. La cápsula del fruto tiene forma trilobulada y tiene la capacidad de albergar hasta seis semillas específicas. Cuando está completamente desarrollada, la semilla de cebolla es extremadamente pequeña y de color oscuro. Normalmente tiene dos superficies lisas y una superficie rugosa en general y contienen aproximadamente 300 semillas en un gramo.

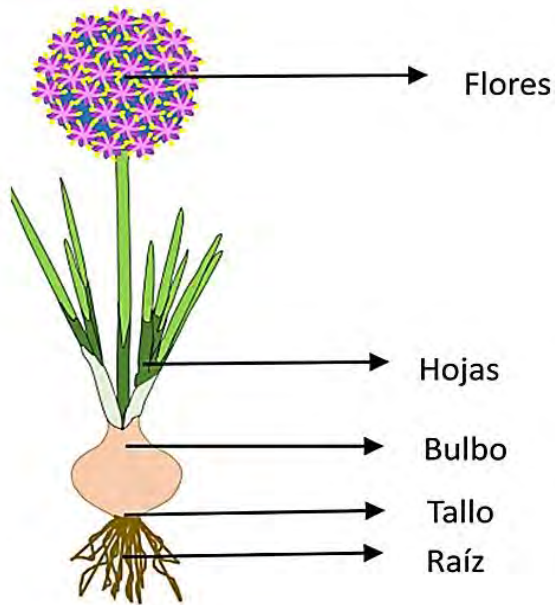
3.4.2.4. *Bulbo*

Enciso et al. (2019), indican que el bulbo comprende las hojas basales engrosadas (catáfilas), que funcionan como reservorios de productos químicos almacenados. Puede mostrar varias formas (cónicas, globosas, planas, deprimidas) y colores (morado, violeta, rojo, cobre, amarillo, castaño, blanco) según la variedad.

Anculle (1997), sostiene que los factores que afectan la formación de bulbos, en orden decreciente de importancia son: temperatura, tamaño de la planta, fotoperíodo y nutrición nitrogenada.

Fotografía 1

Partes de la Cebolla



Fuente. Galindo (2024).

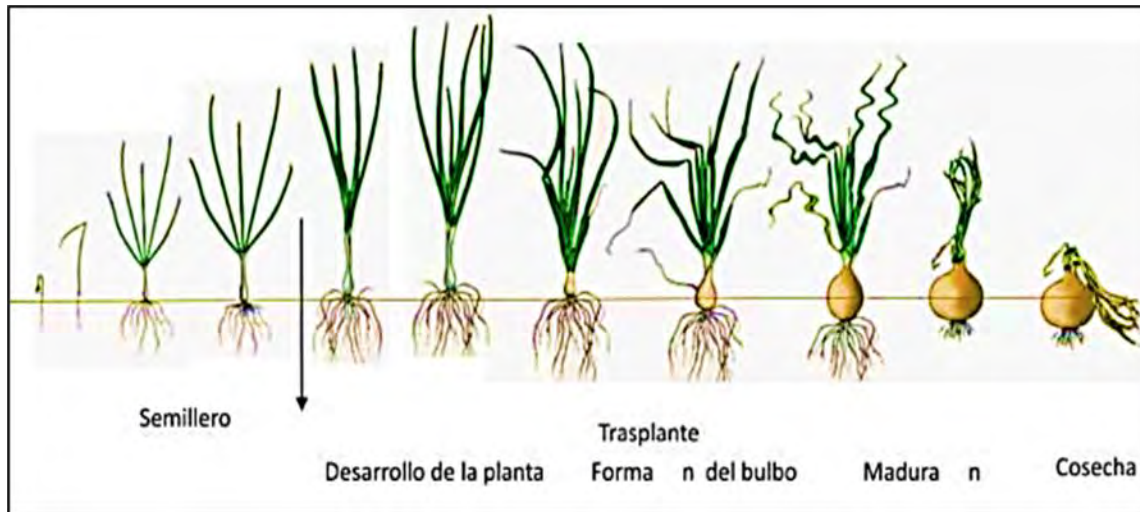
4.2.4. Fenología del cultivo de la cebolla

Galindo et al. (2024), la secuencia de eventos que comprenden el crecimiento y desarrollo de la cebolla bulbo se puede categorizar en cuatro períodos fenológicos fundamentales, como lo indica el hecho de que:

- 1. Desarrollo de la planta:** Desde la siembra hasta que emerja la hoja cotiledonar.
- 2. Formación del bulbo:** desde la emergencia de la hoja cotiledonar hasta el inicio del llenado del bulbo.
- 3. Maduración inicial del bulbo:** desde el inicio del llenado del bulbo hasta el inicio del doblamiento del follaje.
- 4. Maduración final del bulbo:** entre el doblamiento del follaje y la cosecha.

Fotografía 2

Fenología de la Cebolla



Fuente. Galindo (2024).

4.2.5. Requerimientos edafoclimáticos

5.4.2.1. Temperatura y fotoperiodo

Salunkhe & Kadam (2003), mencionan que las cebollas pueden prosperar en una gran diversidad de circunstancias climáticas. Los requisitos de temperatura varían según la etapa de desarrollo; para el crecimiento vegetativo, la temperatura debe variar de 12.8 y 23.9 grados centígrados, mientras que la temperatura óptima para la formación de bulbos está entre 15.6 y 21.0 grados centígrados. Según esta información, parece que las plantas más jóvenes tienen una mayor tolerancia al frío que las plantas más viejas.

Maluf (2009), considera que la cebolla es una planta que prospera durante el largo día; sin embargo, hay autores que reconocen que el fotoperiodo es un factor limitante en el desarrollo del bulbo. El desarrollo del bulbo se clasificó de acuerdo con el número mínimo de horas de luz requeridas para iniciar la bulbificación. Hay tres tipos de cultivares: los cultivares de día corto requieren de 11 a 12 horas de luz por día, los cultivares intermedios requieren de 12 a 14 horas y los cultivares de día largo requieren más de 14 horas de luz por día.

5.4.2.2. Suelo y pH

Zamora (2016), señala que requiere un suelo de textura media, siendo el franco arenoso el más recomendable. Debido a sus raíces poco profundas, las cebollas requieren un suelo que esté bien drenado y capaz de retener adecuadamente la humedad, particularmente después de ser cultivadas. Lo mejor es mantenerse alejado de los suelos arcillosos. En suelos arenosos que pueden retener una cantidad adecuada de humedad, se pueden cultivar cebollas, además existe una cantidad moderada de resiliencia que la cebolla exhibe a suelos ácidos que tienen un rango de pH de 6 a 6.8.

5.4.2.3. Riego de la cebolla

Medina (2008), manifiesta que el cultivo requiere de 350 a 500 mm de agua durante todo su ciclo para cubrir sus necesidades hídricas, esto sin el exceder el 70% de la humedad de campo. Debido a que posee un sistema radicular reducido que oscila entre 20 y 200 raíces con pocos pelos absorbentes y con raíces delgadas, convirtiendo la absorción de agua muy lenta. Las fases importantes del cultivo son: la siembra (directa o trasplante), el crecimiento y la formación de bulbo, donde la aplicación de agua en exceso puede provocar el alargamiento del ciclo vegetativo, por lo cual se recomienda suspender el riego de 7 a 15 días previo a la cosecha.

4.3. Nutrición mineral de la cebolla

4.3.1. Conceptos de nutrición vegetal

Amare (2020), la nutrición del cultivo de manera adecuada es fundamental para obtener una buena producción y calidad de cebolla. La disponibilidad de macro y micronutrientes está relacionada directamente en el desarrollo de la planta y en la formación de los bulbos. En particular, la aplicación del nitrógeno y el fósforo influyen significativamente en el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad del bulbo. La necesidad nutriente puede variar de acuerdo a las condiciones específicas de la zona de producción. De esta manera, el uso apropiado N, P y K es condicionada a las propiedades de suelo, método de riego, clima y prácticas agrícolas utilizadas.

4.3.2. Absorción de nutrientes

Poma et al. (2025) citado por **Baset-Mia (2015)**, la nutrición de los cultivos comprende el proceso fisiológico de absorción y cuanto aprovechan los nutrientes que requieren para su crecimiento y desarrollo óptimo. Las plantas pueden absorber aproximadamente 60 de los 118 elementos presentes en la tierra, y solo 16 son los esenciales. Los nutrientes sean orgánicos o inorgánicos, cumplen funciones fundamentales en las actividades metabólicas y fisiológicas de las plantas.

4.3.3. Macronutrientes primarios

3.4.3.1. Nitrógeno

Tamo (2010) citado por **Hernández (2014)**, explica que el nitrógeno en la planta se convierte inicialmente en su forma amoniacal, que posteriormente se une con cadenas inorgánicas para producir ácido glutámico. Este ácido se integra posteriormente en más de cien aminoácidos adicionales durante el procedimiento subsiguiente. Se emplean aproximadamente 20 proteínas en el proceso de síntesis de proteínas, mismas que juegan un significado estructural debido a su participación en las actividades metabólicas de las plantas, siendo la razón fundamental de su importancia. El nitrógeno es esencial para la fotosíntesis, ya que es necesario para la producción de clorofila, siendo un componente necesario de este proceso.

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino [MARM] (2009), señala que una deficiencia de nitrógeno dificulta significativamente el crecimiento de las plantas. Aparece predominantemente en las hojas más viejas, mostrando clorosis que se inicia en la punta y avanza por la vena central de la hoja. Las hojas exhiben una coloración verde amarillenta y, en casos severos, la planta se marchita y muere debido a un problema fisiológico causado por la escasez de clorofila, que requiere cuatro átomos de nitrógeno por molécula.

3.4.3.2. Fósforo

MARM (2009), este recurso ayuda en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía, y también desempeña una función en la producción de fosfolípidos, enzimas y otros

compuestos. Además, promueve el desarrollo de las raíces e incrementa la floración y cuajado de los frutos. Es un factor que se considera precocidad por su capacidad de acelerar el crecimiento inicial de los cultivos y facilitar el proceso de maduración. Si una planta no recibe suficiente fósforo, no se desarrollará en todo su potencial, afectando su estructura aérea como en su sistema radicular.

3.4.3.3. *Potasio*

FAO (2002), el potasio (K) comprende del uno al cuatro por ciento de la materia seca de la planta y desempeña diversas funciones. Activa alrededor de 60 enzimas, que son moléculas que regulan los procesos biológicos. Por lo tanto, es vital en la síntesis de carbohidratos y proteínas. El potasio mejora la regulación del agua de la planta y aumenta su resistencia a la sequía, las heladas y la salinidad.

MARM (2009), una desaceleración general en el crecimiento y una mayor vulnerabilidad de la planta a posibles infestaciones de parásitos se originan por déficit de potasio. También, se puede apreciar esta deficiencia en los órganos de reserva, que incluyen semillas, además, aparecen manchas cloróticas en las hojas de las plantas que padecen una deficiencia sustancial y demuestran rizado hacia arriba.

4.3.4. *Requerimientos nutricionales de la cebolla roja*

Blanco & Lagos (2017), para mejorar la fertilización, es esencial realizar un análisis preciso de las propiedades del suelo que tendrán un impacto en la producción y los rendimientos previstos, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y tecnológicas particulares del entorno agrícola. Dependiendo de sus propiedades químicas y de los minerales arcillosos a los que se sienten atraídos, los nutrientes que se encuentran en el suelo exhiben una amplia gama de comportamientos únicos. Ciertos nutrientes como nitratos, sulfatos y cloruros, se movilizarán fácilmente, mientras que otros nutrientes, como fósforo, potasio, calcio, magnesio y sodio, exhibirán un estado bastante inmóvil. Durante la fertilización, este desajuste tendrá un impacto en la estrategia que se desarrolló para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo.

Pinzón (1996), el nitrógeno desempeña un papel fundamental en el rendimiento del cultivo, pero esta debe ser dentro de la dosis recomendada, ya que el exceso puede causar un crecimiento vegetativo excesivo, retrasar la formación del bulbo alargando su ciclo productivo y favorecer la formación de sus flores. En Brasil, se utilizan una dosis de 100 - 200 kg/ha de nitrato de amonio (33%) y 200 - 300 kg/ha de sulfato de amonio, distribuidas en 2 aplicaciones. Por su parte, la aplicación del fósforo al suelo favorece a la coloración y formación más temprana del bulbo, mayormente se recomienda el doble de dosis de nitrógeno. En relación al potasio, su utilización incrementa la producción y el tamaño del bulbo, también mejora su capacidad de almacenamiento, sus dosis recomendadas son 200 – 300 kg/ha de cloruro de potasio.

4.4. Fertiirrigación

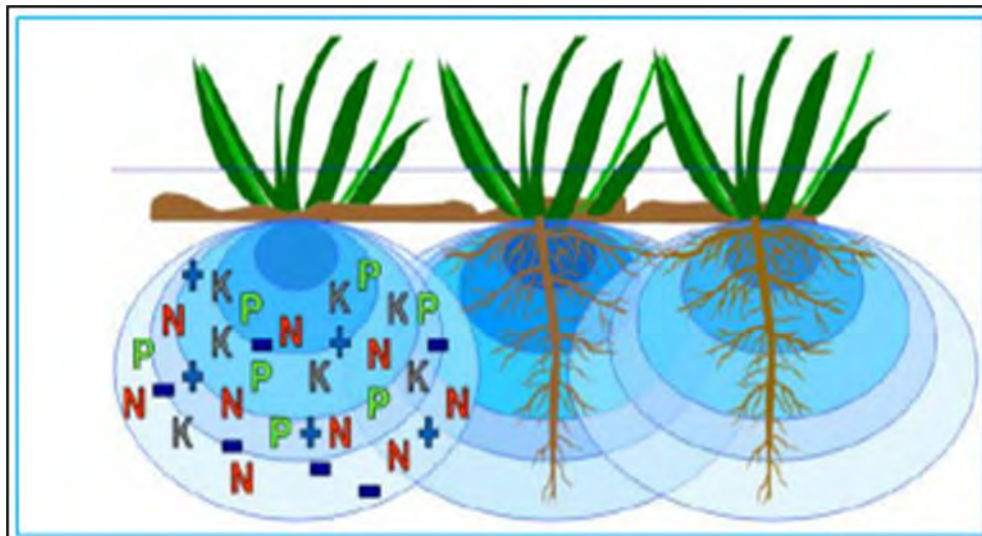
4.4.1. Conceptos y fundamentos

Araya (2012), menciona que, a través del proceso de fertilización, la nutrición de las plantas se ve reforzada por la entrega de nutrientes que están de acuerdo con su crecimiento fisiológico. Además, este proceso reduce las pérdidas causadas por lixiviación o volatilización, minimizando así la contaminación ambiental. En este enfoque se utiliza una técnica conocida como riego por goteo, que se caracteriza por el riego selectivo del suelo que bordea cada planta. Los sistemas radiculares de las plantas pueden adaptarse al suelo hidratado porque la cantidad de agua que puede absorber cada unidad radicular se maximiza. La estructura del sistema radicular se altera rápidamente para adaptarse al bulbo húmedo, fomentando la formación de raíces dentro del bulbo.

Sela (2023), menciona que la fertirrigación corresponde al proceso de entrega de nutrientes mediante el uso de agua de riego. La mayoría de la agricultura de regadío, ya sea en campo abierto o en invernaderos, puede beneficiarse de su uso. La fertirrigación mejora la utilización de agua y nutrientes de una manera más efectiva.

Fotografía 3

Muestra cómo llega los fertilizantes a través de los goteros a la raíz



Fuente. Conde (2013).

- **Factores que intervienen en la fertirrigación**

Mata et al. (2010), señalan los siguientes factores que intervienen en la fertirrigación.

Textura del suelo: se considera la calidad física más importante de los suelos porque tiene una influencia directa en otras características físicas como la estructura, la densidad, la porosidad y, lo que es más importante, la cantidad de agua que se puede almacenar, la disponibilidad y la fracción que los cultivos puedan aprovechar de agua. Es esencial prestar atención a la textura, porque impacta en el movimiento, la disponibilidad de nutrientes y el agua dentro del suelo.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): esta característica química se refiere a la adsorción y desorción de cationes dentro del complejo de intercambio (arcilla-húmico), gobernado por la cantidad y tipo de arcilla, el nivel de humus y el pH (o reacción del suelo).

Salinidad: cuando el valor de pH del suelo es inferior a 7,0, se considera que el suelo es ácido. Los fertilizantes, por otro lado, son sales que cuando se combinan con el agua de riego, producen una solución salina que luego se administra al suelo, cuyo estado está presente en la mayoría de los suelos.

pH de la solución del suelo: la acidez o alcalinidad del suelo se puede obtener determinando su pH. Esta medición particular se lleva a cabo de manera consistente en el laboratorio. Los valores entre 5 y 7.5 se consideran duros; sin embargo, cada especie tiene un rango particular que es óptimo para el crecimiento y desarrollo.

4.4.2. Ventajas y limitaciones

Bello & Pino (2000), el fertirriego es una técnica que brinda diversas ventajas importantes al productor, aunque también presenta ciertas limitaciones que deben considerarse previa a su implementación, la que cual no impide su aplicación, pero se hacen necesarias de acuerdo a las características y requerimientos de cada sistema de producción.

Dentro de las ventajas de la fertirrigación tenemos:

- Aplicación de dosis adecuada de fertilizantes.
- Disminución notable en el uso de agua de riego.
- Se puede llegar a utilizar aguas de menor calidad.
- Optimización de nutrientes, lo cual favorece al rendimiento y a la calidad de la producción.
- Reducción de la contaminación por el uso inapropiado de los fertilizantes.
- Incrementa la eficiencia y mejora la rentabilidad de nutrientes aplicados.
- Permite la utilización de diversos tipos de fertilizantes y formulaciones.
- Permite aplicar los fertilizantes en base al requerimiento del cultivo según su ciclo vegetativo.
- Se puede automatizar los nutrientes, y así reducir la mano de obra
- Proporciona una aplicación más uniforme de los fertilizantes en comparación con la fertilización tradicional.

En las limitaciones de la fertirrigación tenemos:

- Elevado costo de implementación inicial.
- Puede existir obstrucción de emisores o goteros.
- El personal de ser uno ya capacitado, o por lo menos, debe tener conocimiento básico del funcionamiento del sistema.

4.4.3. Eficiencia de uso de nutrientes

Mata et al. (2010), el aprovechamiento eficiente de los nutrientes por parte de la planta depende de la manera y la frecuencia de su utilización, la que puede ser diaria, cada tres, cinco u ocho días, también va estar determinada por la estructura de suelo, tipo de fertilizante y las prácticas agrícolas empleadas.

4.4.4. Programación del fertirriego

Bello & Pino (2000), el programa de fertirrigación es la aplicación de nutrientes de forma planificada durante del desarrollo del cultivo. En el se indica las fechas de los riegos y la dosis de fertilizantes que deben utilizarse. Por otra parte, existen agricultores que riegan a diario por medio del riego localizado, donde la fertilización no necesariamente debe estar incluida. Se debe programar el fertirriego entre una a dos veces por semana, esta estrategia facilita las labores agrícolas, reduce la mano de obra y ayuda a optimizar la fertirrigación.

4.4.5. Fertilizantes solubles empleados en fertirrigación

Mata et al. (2010), lo más apropiado es inyectar fertilizantes solubles en una variedad de sistemas de riego, ya que son los artículos más adecuados. Este fertilizante es capaz de disolverse por completo sin producir precipitados, dando como resultado una solución transparente y cristalina. Al tiempo que minimiza la contaminación del agua y la superficie, mitiga los riesgos de obstrucción y corrosión en los sistemas de distribución de agua y riego, y en última instancia, reduce los costos relacionados con los fertilizantes y su aplicación, la composición óptima de fertilización debería lograr todo esto. También debería mejorar tanto la cantidad como la calidad de la producción.

5.4.4.1. Nitrato de amonio

Bugarín et al. (1998), menciona que este fertilizante se ofrece en múltiples niveles de pureza. Comúnmente se emplea una formulación de nitrógeno al 34% ya que carece de constituyentes insolubles. Alrededor del 50% del nitrógeno existe en forma de nitrato, que la planta asimila rápidamente, mientras que el resto está en forma amoniacal.

5.4.4.2. Fosfato Monoamónico

Helfgott et al. (2018), mencionan que el fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) es empleado para actividades de fertirriego tiene contenido de N (12%) y P_2O_5 (61%) con una solubilidad en agua (20°C): 370 g/l y con un pH solución de 4 a 4.5.

El fosfato monoamónico es bien soluble con el agua que se puede producir cuando el amonio reacciona con ácido fosfórico, posee un contenido alto de P entre los fertilizantes sólidos.

5.4.4.3. Sulfato de potasio

Helfgott et al. (2018), la aplicación de sulfato de potasio, que es el segundo fertilizante de potasio más utilizado, se realiza mediante el proceso de fertirrigación. El propósito de la solicitud es abordar la posibilidad de una deficiencia de azufre o el requisito de fertilizantes de potasio sin aumentar la cantidad de nitrógeno presente. Debido a que una solución con una concentración de 0.5 g/l tiene una conductividad eléctrica (CE) de 880 ms/cm, lo que resulta en aumentos significativos de CE, su aplicación en fluidos salinos está restringida, particularmente aquellos que son abundantes en sulfatos.

4.4.6. Equipos de Fertiirrigación

- **Tanques de fertilización:**

Fernández et al. (2010), dentro de la misma red de distribución, los almacenes también están conectados a la red. Esto se debe a la diferencia de presión que existe entre la salida y la entrada, lo que hace que el fertilizante se mezcle con el agua.

- **Inyectores tipo Venturi:**

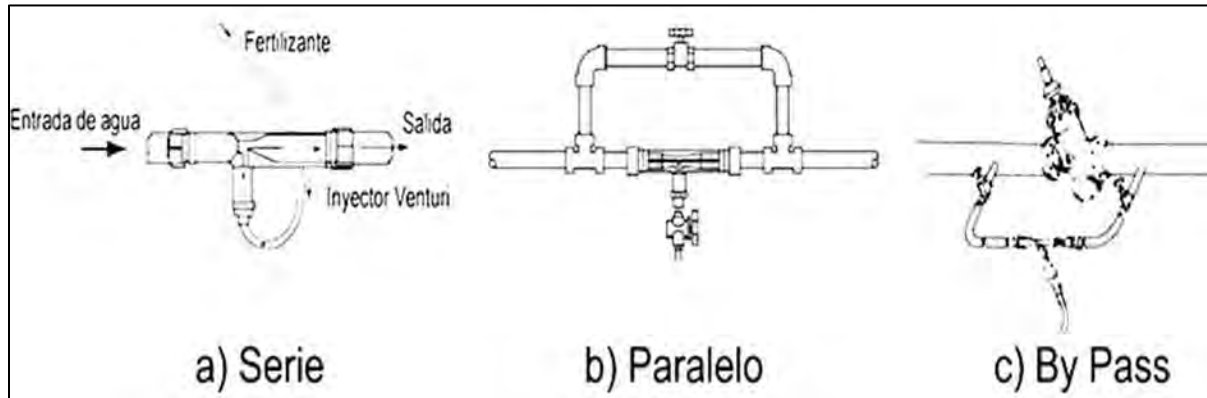
Fernández et al. (2010), afirman que se trata de un tubo que se coloca en paralelo a la tubería principal es un componente del sistema. Este tubo tiene una constricción que facilita la succión, lo que a su vez hace posible que el fertilizante ingrese a la red.

García et al. (2016), menciona que los inyectores de fertilizantes del tipo Venturi se usan más comúnmente en sistemas de riego a presión con fines de fertirrigación; sin embargo, también pueden utilizarse en sistemas de riego a baja presión. En términos de cómo están conectados a

los sistemas de riego, las configuraciones principales de los inyectores de tipo Venturi son de "derivación", en serie o en paralelo, como se muestra en la siguiente ilustración.

Fotografía 4

Tipos de unión de inyectores Venturi.



Fuente: García et al. (2016).

4.5. Riego

Zapata (2020), define que el riego es sencillamente brindar agua a una planta, se podría indicar que el objetivo de esta operación es incrementar la producción del cultivo, asegurar o dirigir su fisiología hacia un estado específico.

4.5.1. Riego por goteo

Jaramillo et al. (2007), en su descripción, lo caracterizan como un método de riego que distribuye agua a las plantas gota a gota directamente, eliminando la necesidad de saturar toda la superficie del suelo y enfocándose en un cierto volumen donde crece un componente significativo del sistema radicular, se aplica con frecuencia. Utilizar este método permite mantener el suelo a su capacidad de campo o cerca de ella, lo que a su vez alienta a las plantas a absorber los nutrientes de manera más efectiva.

1.4.5.1. Componentes de un sistema de riego por goteo:

Fernández et al. (2010), indican que está constituido por los siguientes componentes:

- **Fuente de presión:** puede ser una bomba, que se encarga de suministrar el agua con la presión necesaria para el sistema de riego.

- **Red de conducción:** transporta el agua desde la fuente existente o desde la bomba hacia los cabezales, a través de tubería; así mismo permite conducir el agua hasta la parcela agrícola donde se instalarán las cintas de goteo.
- **Cabezal de riego:** sitio designado para el almacenamiento de agua antes de la filtración y posterior distribución mediante mangueras o cintas de goteo. Los fertilizantes y otros productos agrícolas que se pueden aplicar con agua de riego también se pueden disolver en el cabezal.

La unidad de fertilización, la válvula de aire, el filtro anular y el manómetro son los componentes que componen el cabezal de riego.

Ventajas del riego por goteo:

- ✓ Se puede utilizar en superficies inclinadas sin inducir erosión.
- ✓ La planta utiliza el agua de manera óptima, ya que se absorbe en la región donde se desarrollan las raíces.
- ✓ En consecuencia, se disminuye la proliferación de malezas en las calles ya que solo los cultivos reciben riego.
- ✓ Mitiga la incidencia de plagas y enfermedades atribuibles a la humedad excesiva.
- ✓ El acceso a la parcela está permitido en cualquier momento, pues los caminos entre los cultivos permanecen áridos.
- ✓ Los materiales son flexibles y livianos, fácil de transportar.
- ✓ No se pierde mucha agua por evaporación.
- ✓ Junto con el agua se pueden aplicar fertilizantes y existe un ahorro de mano obra.
- ✓ Hay un buen control de la cantidad de agua que se aplica.

Desventajas del riego por goteo:

- ✓ Limita algunas labores, como el aporque, porque hay que tener cuidado de no romper las mangueras.
- ✓ La manguera es delicada y delgada (presenta vida útil corta)

- ✓ Los hoyos de las mangueras se tapan si hay basura en el agua.
- ✓ El costo de instalación podría ser alto (para grandes extensiones).

1.4.5.2. Eficiencia de riego

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2008), señala que la eficiencia de riego está determinada entre el volumen de agua aprovechable por el cultivo y el volumen total de agua empleado en la aplicación del riego.

Tabla 1

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).

1.4.5.3. Manejo del agua en cebolla

Salunkhe & Kadam (2003), el cultivo requiere un riego frecuente, donde la cantidad de agua varía de acuerdo a su desarrollo. Posterior al trasplante, las plantas jóvenes necesitan un menor volumen de agua, según van creciendo su consumo aumenta hasta llegar un poco antes de la madurez, posterior a ello demanda menos agua. Además, el requerimiento hídrico es importante en la fase de desarrollo del bulbo, ya que por falta de agua puede existir limitación en su crecimiento y causar problemas en la formación de los bulbos. Asimismo, se debe suspender el riego una o dos semanas antes previa a la cosecha. La frecuencia del riego y la cantidad de agua utilizada van a depender de las propiedades del suelo, factores climáticos y del crecimiento del cultivo, se menciona que en el caso del riego por goteo se requiere un aproximando de 4500 a 5000 m³/ha, el que inicia de forma inmediata después de la siembra.

4.6. Crecimiento y rendimiento de la cebolla

4.6.1. Crecimiento vegetativo

Nicho et al. (2005), indica el ciclo vegetativo de la cebolla roja arequipeña y la clasifica en tres fases:

- **Prendimiento:** por lo general se manifiesta dentro de los 15 días posteriores al trasplante y se estabiliza 30 días después del procedimiento. Es señal de que se ha producido regeneración y/o activación radicular cuando aparece la primera hoja del brote en la planta.
- **Crecimiento vegetativo inicial:** se presenta entre los 15 a 70 días después del trasplante, el desarrollo vertical de las plántulas tiene prioridad sobre su grosor y tiene lugar el comienzo de un rápido crecimiento secundario. Por el momento, las láminas foliares del follaje juvenil tienen una estructura inflexible y turgente, volviéndolas excepcionalmente delicadas.
- **Crecimiento vegetativo intermedio:** presentado entre 70 a 90 días posteriores al trasplante, evidencia un equilibrio entre el aumento del grosor y el desarrollo vertical. Durante este período, las nuevas ramas exhiben un alargamiento significativo y un aumento del grosor y estos van acompañados de una expansión máxima de las hojas, un grosor máximo del pseudotallo y el mayor crecimiento en la altura de la planta. En comparación con el mes anterior, el follaje basal de reemplazo exhibe un ensanchamiento de las hojas, y la planta asume una actitud decumbente con un menor grado de turgencia. Mientras esto sucede, hay una notable interrupción en la creación de nuevas hojas, evidenciando una reducción en el crecimiento y un aumento en la producción de pelos radicales simultáneos.

4.6.2. Desarrollo del bulbo

Nicho et al. (2005), clasifica en tres fases el desarrollo del bulbo:

- **Crecimiento vegetativo final (inicio del crecimiento del bulbo):** se lleva a cabo entre 90 y 120 días después del trasplante, a menudo durante la fase pre-bulbosa. En este periodo se alcanzan las métricas máximas de crecimiento, particularmente en lo que respecta al grosor del pseudotallo, aunque los aumentos de crecimiento en comparación con el mes anterior son menores. Esto indica que ha habido una pausa significativa en el crecimiento de las hojas, registrándose la mayor extensión de las ramas que han crecido en el tercer mes.
- **Máximo crecimiento del bulbo:** esta aparición tiene lugar entre 120 y 150 días después del trasplante, y se caracteriza por una reducción de la turgencia del pseudotallo (también conocido como cuello flexible). A menudo coincide con la fase de flexión del cuello en áreas cultivadas. Además de esto, se observa con frecuencia que las características de crecimiento de las hojas disminuyen mientras que el tamaño del bulbo aumenta rápidamente. El colapso foliar, que indica un mayor crecimiento del bulbo, es una de las características de esta fase. Los pelos de la raíz, por otro lado, se encogen como resultado del estrés hídrico (agoste) y/o una disminución en el desarrollo de las plantas.
- **Maduración y oclusión del bulbo:** el evento ocurre 150 días después del trasplante hasta el sellado del cuello (máxima constricción o desarrollo del bulbo), dependiendo de las circunstancias climáticas, alineándose con el aumento de calor y radiación en la costa central, generalmente dentro de los 15 días.

4.6.3. Factores que afectan el rendimiento

Poma et al. (2025), existe distintos factores que limitan el rendimiento de la planta, dentro de los principales esta la fertilización, puesto que aporta los nutrientes requeridos durante sus estados de desarrollo. Además, es necesario la aplicación de un riego apropiado, otros factores son la siembra en el momento idóneo en relación al clima, el control de plagas y enfermedades y la utilización de semillas de calidad. Asimismo, el manejo del suelo y las actividades agrícolas

sostenibles favorecen al aprovechamiento de fertilizantes y mantiene el funcionamiento del sistema agrícola.

4.6.4. Calidad comercial del bulbo

Melo (2006), la calidad comercial de bulbo cebolla está relacionada a su presentación las que deben ser secos y limpios, sin presencia de enfermedades, mal formaciones, insectos o daños aparentes. También, se considera aspectos como la firmeza, cuello bien cerrado, y una cantidad adecuada de catáfilas protectoras, sin muestras de brotación o aparición de raíces. Estos parámetros están establecidos bajo normas de calidad.

4.7. Diseño agronómico del cultivo de cebolla

4.7.1. Coeficiente de uniformidad (CU)

Pizarro (1996), refiere que el coeficiente de uniformidad (CU) se utiliza para evaluar las instalaciones de riego en funcionamiento o para el diseño de nuevas instalaciones.

Mendoza (2013), señala que la uniformidad de emisión de los emisores se puede calcular mediante el coeficiente de uniformidad (CU), el que se puede determinar a partir de los datos obtenidos en campo utilizando la siguiente ecuación:

$$CU = \frac{q_{25}}{q_a} \times 100$$

Donde:

q_{25} = La media del caudal de descarga del 25% de los emisores con caudal más bajo.

q_a = Caudal medio de todos los emisores.

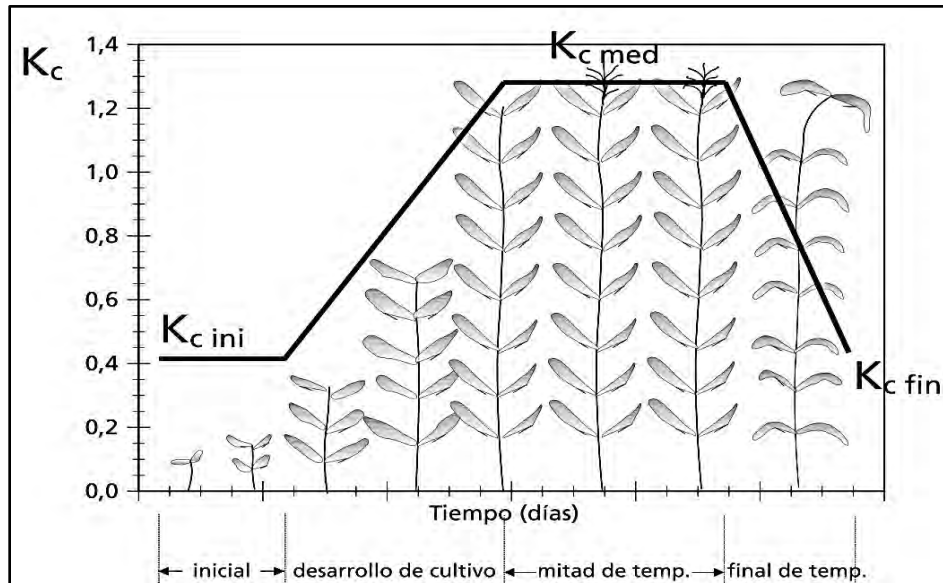
4.7.2. Coeficiente del cultivo (kc)

FAO (2006), durante el transcurso del ciclo de crecimiento del cultivo, las variaciones en el coeficiente de cultivo K_c indican cambios en la vegetación y el grado en que se cubre el suelo. La curva de coeficientes de cultivo es una representación estadística que ilustra cómo cambia el coeficiente K_c a lo largo del desarrollo del cultivo. Solo se requieren tres valores de K_c para definir

y crear la curva de coeficientes de cultivo. Estas son la etapa inicial (K_c ini), final (K_c fin) y la etapa de mitad de temporada (K_c med).

Fotografía 5

Curva de k_c generalizada



Fuente: FAO (2006).

4.7.3. Evapotranspiración de referencia (ETo)

FAO (2006), la evapotranspiración de referencia da a conocer la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, libre del tipo de desarrollo del cultivo, y de las prácticas de manejo. La ETo se puede estimar con la evaporación del tanque evaporímetro de clase A. Observando la evaporación del tanque y realizando coeficientes efectivos para vincular la evaporación del tanque con la ETo , no obstante, para todo esto se debe considerar y garantizar el buen manejo de tanque, la cual se puede calcular mediante de la siguiente ecuación:

$$ETo = Ev \times Kp$$

Donde:

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

Ev = Evaporación del tanque (mm/día)

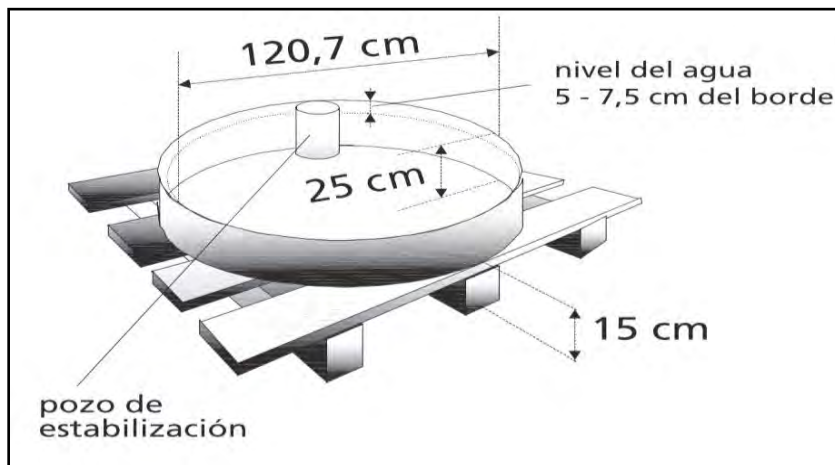
Kp = Coeficiente del tanque

4.7.4. Método del tanque evaporímetro tipo A

FAO (2006), existe un método sencillo para determinar la velocidad de evaporación en tanques de evaporación saturados de agua. Cuando no hay precipitación, la cantidad de agua evaporada durante un cierto período de tiempo es proporcional a la medida en que desciende el nivel de agua en el tanque durante ese tiempo. Para determinar cómo interactúan la radiación, el viento, la temperatura y la humedad con el proceso de evaporación en una superficie de agua abierta, los tanques pueden medir todos estos factores simultáneamente.

Fotografía 6

Tanque clase A



Fuente. FAO (2006).

4.7.5. Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

FAO (2006), menciona que es la cantidad de agua que pierde un cultivo por evaporación y transpiración el cual se encuentra libre de enfermedades, teniendo una adecuada fertilización, cultivados en extensiones amplias en condiciones óptimas de humedad de en el suelo. Así mismo, permita alcanzar una máxima producción sin importar las condiciones climáticas que se tengan.

Sela (2023), manifiesta que el ET_c de un cultivo por lo general se incrementa a medida que el cultivo va creciendo, donde aquellos cultivos con alta densidad de siembra pueden tener

valores de Kc superiores de 1. Para calcular el ETc, se multiplica el ETo por un coeficiente del cultivo (Kc), como se muestra en la siguiente formula:

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración de cultivo (mm/día).

ETo = Evapotranspiración de referencia en (mm/día).

Kc = Coeficiente de cultivo (adimensional).

4.7.6. Frecuencia de Riego (Fr)

INIA (2020), se refiere al intervalo de días que existe entre riegos, el que se hace con la finalidad de compensar las pérdidas de evapotranspiración diaria, del agua almacenada o usar una lámina de reposición como fracción de agotamiento el que por seguridad se ha constituido, la medida de la frecuencia de riego se muestra en días.

Bugarín et al. (1998), manifiesta que la frecuencia o intervalo de riego, es el tiempo que se debe esperar entre cada riego, la cual se calcula dividiendo la lámina neta entre el consumo diario, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{L_{ng}}{C_d}$$

Donde:

Fr = Frecuencia de riegos en días.

L_{ng} = Lámina neta en riego por goteo en mm.

C_d = Consumos diario en mm/hr.

4.7.7. Programación del riego

Ferreya & Peralta (1992), como lo demuestra la siguiente tabla, el tiempo y la frecuencia de los programas de riego están determinados principalmente por el clima, el cultivo y las características del suelo:

Tabla 2

Influencia del suelo, planta y clima en la frecuencia del riego

RIEGUE	Frio	CLIMA	Caluroso	RIEGUE
	Húmedo		Seco	
	Sin viento		Ventoso	
MENOS	Raíces profundas	PLANTAS	Raíces poco profundas, dañadas o enfermas. Suelo cubierto por follaje	MAS
	Raíces sanas			
	Suelo cubierto parcialmente			
FRECUENTE	Profundo	SUELO	Delgado	FRECUENTE
	Textura fina		Textura gruesa	
	Bajo contenido sales		Alta salinidad	

Fuente. Adaptado de Ferreyra & Peralta (1992).**4.7.8. Lámina Neta (Ln)**

Mendoza (2013), a menudo es apropiado reducir los niveles de agua, hasta un punto igual de cincuenta por ciento (para la mayoría de los cultivos), treinta por ciento (para vegetales) o diez por ciento (con riego por goteo) del contenido de agua que se encuentra entre el punto de marchitamiento permanente (PMP) y la capacidad del campo (CC).

Mota & Alves (2009), plantean que la lámina se estima mediante la siguiente expresión:

- Lámina neta inicial:

$$Ln = \frac{CC - PMP}{10} \times Da \times Z$$

- Lámina neta final o de mantenimiento:

$$Ln = \frac{CC - PMP}{10} \times Da \times Z \times f$$

Donde:

F = Factor de secamiento, adimensional.

Z = Profundidad de la raíz, en cm.

Da = densidad aparente en gr/cm³.

PMP = Punto de marchites permanente en porcentaje.

CC = Capacidad de campo en porcentaje.

Ln = Lámina neta, en mm

4.7.9. Lámina Bruta de Riego (Lb)

Mendoza (2013), además es importante determinar los requerimientos netos de riego, ya que hay disponibilidad de agua adicional para compensar las pérdidas causadas por factores que afectan el crecimiento de los cultivos. Todas estas pérdidas son el resultado de:

- ✓ Percolación subsuperficial que ocurre debajo de la zona de la raíz.
- ✓ La parcela de riego presenta una distribución irregular del agua.
- ✓ Las necesidades de lixiviación de la salinidad del suelo son esenciales.
- ✓ La pérdida de agua se mide mediante un parámetro conocido como eficiencia de riego (Er). El requerimiento de riego agregado se expresa mediante la ecuación.

$$Lb = Nn/Er$$

Donde:

Er= Eficiencia de riego, en %

Nn=Necesidades netas de riego, en mm/día

Lb=Lámina bruta de riego, en mm/día

4.7.10. Consumo diario del agua

FAO (2006), es la cantidad de agua que utiliza el cultivo diariamente, esta se muestra de esta forma mm/ha.

4.7.11. Tiempo de riego

Baca et al. (2010), señalan que es el tiempo necesario para aplicar la cantidad de riego. Se calcula con la siguiente expresión:

$$Tr = Lb / PH$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego (h)

Lb = Lámina bruta (mm)

PH = Precipitación horaria (mm/h)

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

Explicativo, ya que se buscó identificar y analizar la relación de causa-efecto entre las variables de estudio. Este tipo de investigación permitió comprender el porqué de los fenómenos observados, explicando las condiciones en las que ocurrieron y los factores que los determinaron.

5.2. Nivel de la investigación

Aplicada, mientras que el diseño fue experimental, porque se usó la variable independiente (dosis de fertilizantes), se evaluó la variable dependiente (cultivo de la cebolla), se realizó la comparación con el testigo.

5.3. Ubicación espacial de la investigación

5.3.1. Ubicación espacial

1.5.3.1. Ubicación política

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

1.5.3.2. Ubicación geográfica

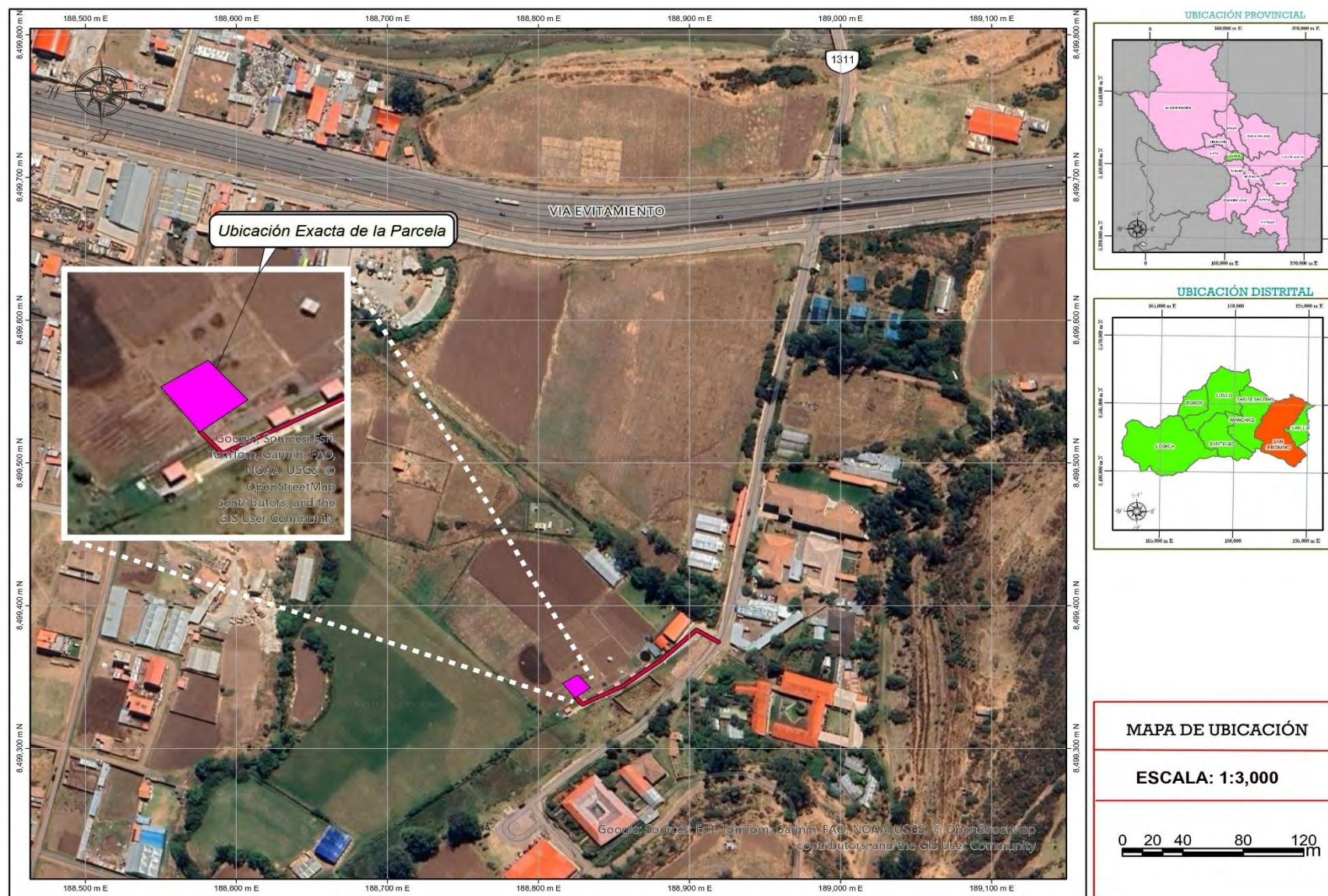
Latitud: 13°33'31" S
Longitud: 71°52'31" W
Altitud: 3224 msnm

1.5.3.3. Ubicación hidrográfica

Cuenca: Vilcanota
Sub cuenca: Huatanay
Microcuenca: Huanacaure

Fotografía 7

Plano de localización del campo experimental



5.4. Ubicación temporal

Se realizó desde agosto del 2022 hasta enero del 2023.

5.5. Materiales

5.5.1. Material biológico

- Se empleó 100 gramos de semilla certificada de cebolla roja, variedad Arequipeña, proporcionada por la marca Hortus, para el establecimiento del cultivo. La semilla de cebolla fue adquirida a un costo de S/. 25.00 x 100 gramos, no certificado.
- Pureza: 99.88%
- Humedad: 6%
- Germ: 85.00%

5.5.2. Insumos

- Sulfato de potasio (fitosan) 50% K₂O 18% S
- Nitrato de amonio (ferrisa) 33% N
- Fosfato Monoamónico (Molinos & Cia) 61% P₂O₅
- Insecticida (CIGARAL 70 WP)
- Fungicida (Vitamax 300, Attack)

5.5.3. Materiales para riego

Tabla 3

Materiales para riego

DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
Llaves de paso de 3/4"	1	und
Cinta para riego por goteo 1.36 L/h	100	m
Unión universal de 3/4"	1	und
Manguera para riego 3/4"	100	m
Filtro de discos ¾ "120 mesh	2	und

DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
Válvula ramal dentado	32	und
Cinta teflón ½"	5	und
Pegamento para PVC	1	und
Acometida 16 mm	32	und
Codos unión presión rosca unión dentada de ¾	1	und
Tapones para cinta de goteo	32	und
Envases de plástico de ½ l	16	und
Balde de 10 l para solución de fertirriego	1	und
Unión cinta de manguera de 16 mm	32	und

5.5.4. Instrumentos

Tabla 4

Instrumentos para levantamiento de datos

DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
Balanza de precisión	1	und
Tanque de clase A con calibre digital	1	und
Pluviómetro	1	und
Anemómetro digital	1	und
Higrómetro digital	1	und
Inyector Venturi 1/2 "	1	und
Sacabocado de 7mm	1	und
Cinta métrica 50 m	1	und
Vernier	1	und

5.5.5. Herramientas

Tabla 5

Herramientas para levantamiento de datos

DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
Tijera de podar	1	und
Kituchi	1	und
Rastrillo	1	und
Pala	1	und
Pico	1	und
Lampa	1	und
Navaja	1	und
Mochila fumigadora de 20 l	1	und

5.5.6. Equipos de gabinete

Tabla 6

Equipos de gabinete

DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
Impresora	1	und
Calculadora	1	und
Papel bond A4	400	und
Lapiceros	1	und
USB 16 Gb	1	und
Laptop	1	und
Celular	1	und

5.6. Metodología

5.6.1. Descripción del método

El enfoque de la investigación fue cuantitativo porque describió las variables numéricas y rendimiento del cultivo de la cebolla y de tipo experimental porque las variables tenían una relación de causa y efecto, se quiso evaluar el rendimiento mediante fertirriego de manera experimental por riego localizado por goteo. Asimismo, tuvo un diseño de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones designados de manera aleatoria.

5.6.2. Variables

- **Variables independientes**

Dosis de fertilización de NPK aplicados mediante fertirriego

Indicadores: kg N ha⁻¹, P₂O₅ ha⁻¹ y K₂O ha⁻¹

- **Variables dependientes**

Crecimiento vegetativo

- Numero de raíces
- Número de hojas por planta
- Diámetro de pseudotallo (cm)
- Altura de planta (cm)

Características productivas

- Longitud polar del bulbo (cm)
- Diámetro ecuatorial del bulbo (cm)
- Peso promedio de bulbo (g/planta)

Rendimiento

- Rendimiento extrapolado (t/ha)

5.7. Características del campo experimental

5.7.1. Descripción del campo experimental

✓ Campo experimental:

Área total: 222.6 m²

Área total del experimento: 163.4 m²

✓ Bloques:

Número de bloques: 4

Largo de bloque: 8.6 m

Ancho de bloque: 4 m

Área de cada bloque: 34.4 m²

Separación entre cada bloque: 1.00 m

✓ Características de la parcela:

Número de tratamientos: 4

Número de repeticiones por tratamiento: 4

Número de plantas a evaluar por tratamiento: 16

Número total de plantas a evaluar por tratamiento: 64

Número de surcos por bloque: 8

Número de plantas por surco: 40

Número total de plantas por bloque: 320

Número total de plantas del experimento: 1280

Distanciamiento entre plantas: 0.20 m

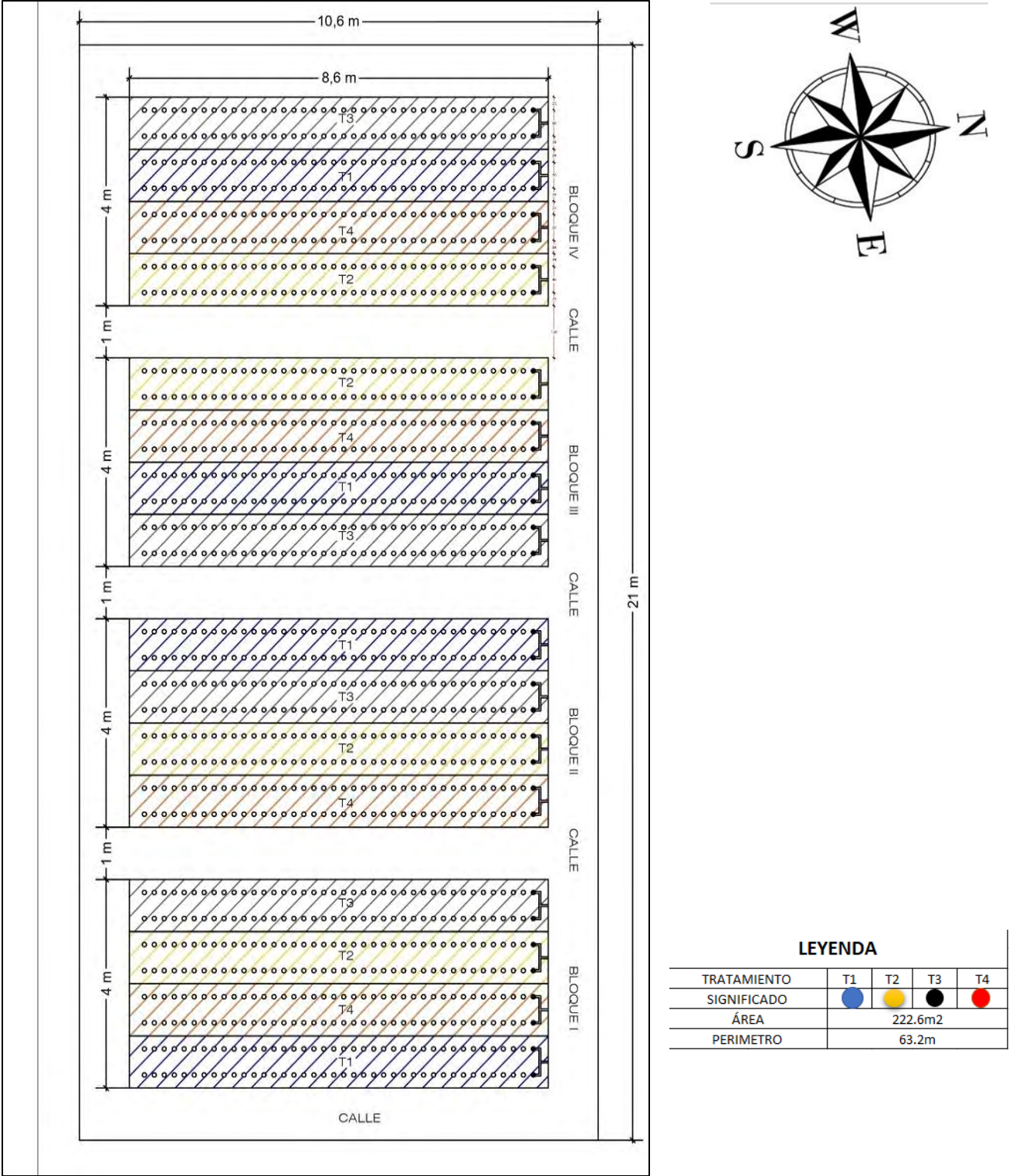
Distanciamiento entre surcos: 0.50 m

Distanciamiento de la calle: 1.00 m

5.7.2. Distribución de los tratamientos

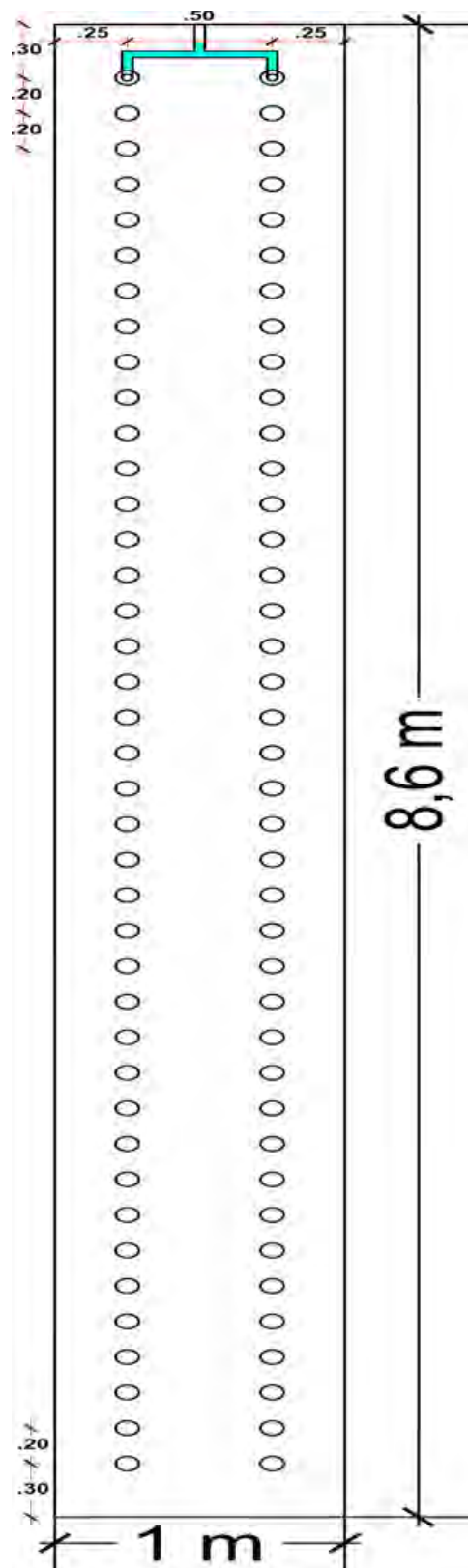
Fotografía 8

Croquis de distribución de la parcela experimental



Fotografía 9

Croquis de distribución por unidad experimental



5.7.3. Tratamientos

Los tratamientos aplicados en el presente estudio nacieron a partir de las recomendaciones de tres autores, quienes sugirieron diferentes niveles de dosis de fertilización para el cultivo de cebolla. Por esta razón, se seleccionaron tres fórmulas específicas, cada una representando una propuesta técnica distinta.

El Tratamiento 1 (**FIAC**) corresponde a la dosis recomendada por la Fundación Instituto Agronómico del Centro (FIAC), la cual sugiere una aplicación de 120 – 50 – 160 kg de N, P_2O_5 y K_2O , respectivamente. Esta fórmula fue seleccionada por representar un esquema de fertilización estándar en regiones altoandinas, similar a las condiciones de la región Cusco.

El Tratamiento 2 (MARM) siguió las recomendaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (**MARM**), con una dosis más alta de 190 – 100 – 250 kg de N, P_2O_5 y K_2O , reflejando un manejo intensivo del cultivo. Se eligió esta fórmula por ser una estrategia de alta productividad usada en agricultura tecnificada, lo que permite evaluar su efecto en condiciones locales.

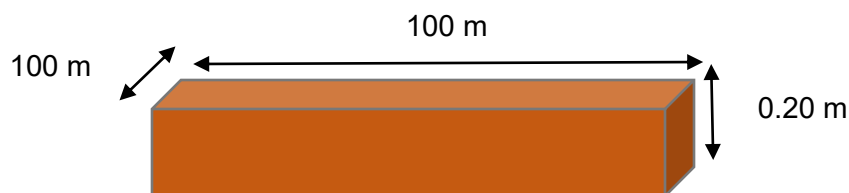
El Tratamiento 3 (**BERTSCH**) se basa en las indicaciones del autor Bertsch (2003), quien propone una dosis de 162 – 27 – 145 kg, lo que representa un enfoque intermedio, con menor cantidad de fósforo y una moderada aplicación de nitrógeno y potasio. Este tratamiento representa un enfoque intermedio y fue elegido por su énfasis en la eficiencia del uso de nutrientes, útil en contextos con limitaciones económicas o ambientales.

Finalmente, el Tratamiento 4 (**Testigo**) no recibió ninguna aplicación de fertilizantes, sirvió como referencia para comparar los efectos de las distintas fórmulas evaluadas de cada tratamiento que se muestran en la siguiente tabla.

Se empleó nitrato de amonio, un fertilizante, por su contenido de nitrógeno, que es del 33% de nitrógeno por concentración. Se empleó fosfato de monoamónico que contenía 61% de P_2O_5 para fósforo. En el caso de potasio, se destinó el sulfato de potasio que tiene una concentración de K_2O del 50%.

Tabla 7*Tratamientos y sus dosis respectivas*

TRATAMIENTOS	AUTORES	N – P – K
TRATAMIENTO 1	FIAC (Comité Consultivo de la Industria de Fertilizantes)	120 – 50 – 160
TRATAMIENTO 2	MARM (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino)	190 – 100 – 250
TRATAMIENTO 3	BERTSCH	162 – 27 – 145
TRATAMIENTO 4	Testigo	Sin fertilizar solo riego por goteo

Fuente. Elaboración propia**5.8. Cálculo de fertilizantes****Volumen del suelo:**

Se calculó el volumen de la capa de suelo a analizar, considerando:

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

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

Masa de suelo:

Para convertir volumen en masa, se usó la densidad aparente (D_a) del suelo:

$$MS = V_s \times D_a$$

$$MS = 2000 \text{ m}^3/\text{ha} \times 1.26 \text{ g/cm}^3$$

$$MS = 2520 \text{ t/ha}$$

Esta es la masa total de suelo en la parcela, en toneladas por hectárea.

Cálculo del Nitrógeno:

Se conoce que:

100 kg de suelo $\longrightarrow$ 0.0965 kg de Nitrógeno

2520000 kg de suelo $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{2520000 \text{ kg de suelo} \times 0.0965 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de suelo}}$$

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

- Este es el nitrógeno total estimado en la capa de suelo evaluada.
- Porcentaje de mineralización de nitrógeno CRU (2%)

No todo el nitrógeno del suelo está disponible para las plantas. Solo una fracción se mineraliza, es decir, se convierte en formas asimilables (como nitratos o amonio).

Se consideró:

Tasa de mineralización: 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 %)

De ese nitrógeno mineralizado, se estimó que solo el 80% estaba realmente disponible (debido a pérdidas por lixiviación, volatilización, etc.).

48.636 kg de Nitrógeno $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 80%

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

$$X = 38.6904 \text{ kg de Nitrógeno}$$

Interpretación: En una hectárea de suelo analizado hasta 20 cm de profundidad, se estimó un contenido total de 2,431.8 kg de nitrógeno. Sin embargo, solo una pequeña fracción de este nitrógeno estaba disponible para las plantas. Aplicando una tasa de mineralización del 2% y considerando que el 80% del nitrógeno mineralizado era asimilable, se concluyó que el suelo podía aportar aproximadamente 38.7 kg/ha de nitrógeno útil para el cultivo. Este valor sirvió como base para calcular la cantidad de fertilizante que debía aplicarse, dependiendo de las necesidades del cultivo. Si el cultivo requiere más nitrógeno que el que el suelo puede aportar, sería necesario complementar con fertilización.

Cálculo del fósforo asimilable en el suelo

Con el fin de determinar la cantidad de fósforo asimilable disponible en una cierta cantidad de suelo, partiendo de una concentración dada para una cantidad estándar de suelo, y ajustando después según el contenido de materia seca (CRU).

Datos iniciales:

- En 1,000,000 kg (1 tonelada) de suelo se encontró 17.3 kg de fósforo.
- Se esperaba conocer cuánto fósforo había en 2,520,000 kg de suelo.
- Además, se consideró que solo el 15% del fósforo era asimilable (CRU: Capacidad de Retención Útil o contenido efectivo).

Cálculo del Fosforo:

Se planteó una regla de tres para escalar la cantidad de fósforo correspondiente a la masa de suelo mayor:

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

2520000 kg de suelo $\longrightarrow$ X

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

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

- CRU (15%)

43.596 kg de Fosforo $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 10%

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

$$X = 6.5394 \text{ kg de Fosforo}$$

Interpretación: Esto significa que, en 2,520,000 kg de suelo, si la concentración se mantiene constante, hay 43.596 kg de fósforo total. De los 43.596 kg de fósforo total en el suelo, aproximadamente 6.54 kg son fósforo disponible para las plantas.

Cálculo del Potasio:

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

2520000 kg de suelo $\longrightarrow$ X

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

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

- CRU (70%)

337.176 kg de Potasio $\longrightarrow$ 100%

X $\longrightarrow$ 20%

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

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

Interpretación: En el análisis del suelo, se determinó que, en una cantidad total de 2,520,000 kg de suelo hay aproximadamente **337.176 kg de potasio**. Sin embargo, no todo este potasio se encontraba disponible para las plantas. Según el porcentaje de potasio asimilable (CRU), que fue del 70%, la cantidad de potasio que realmente las plantas podían absorber fue de 168.588 kg. En resumen, aunque el suelo contenía un total considerable de potasio, solo una parte importante (el 70%) es accesible para el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Tabla 8*Nuevos niveles de nutrientes*

	FIAC			MARM			BERTSCH		
	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	120	50	160	190	100	250	162	27	145
Nutrientes en el suelo	38.69	6.54	168.58	38.69	6.54	168.58	38.69	6.54	168.58
Diferencia	81.31	43.46	-----	151.31	93.46	81.42	123.31	20.46	-----

Fuente. Elaboración propia**NIVEL FIAC**

- **Fertilizante Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P₂O₅ para el nivel 120**

(FIAC) a requerir:

100 kg de NH₄NO₃ $\longrightarrow$ 33 kg de Nitrógeno

X $\longrightarrow$ 81.31 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{81.31 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 246.39 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3$$

10000 m² $\longrightarrow$ 246.39 kg de NH₄NO₃

34.4 m² $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{34.4 \text{ m}^2 \times 246.39 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.8475 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3$$

100 kg de NH₄NO₃ $\longrightarrow$ 3 kg de P₂O₅

0.8475 kg de NH₄NO₃ $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{0.8475 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 \times 3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}$$

$$X = 0.0254 \text{ kg de } P_2O_5$$

Interpretación: El resultado 246.39 kg de NH_4NO_3 . Esta es la cantidad total de nitrato de amonio necesaria para aportar 81.31 kg de nitrógeno en una superficie de 10,000 m² (1 hectárea). Con el resultado 0.8475 kg de NH_4NO_3 . Esta es la cantidad proporcional de fertilizante que se debe aplicar en un área reducida de 34.4 m², ajustada en función del tamaño del terreno como el último resultado 0.0254 kg de P_2O_5 . Esta es la cantidad de fósforo, en forma de P_2O_5 , que se aporta con la aplicación de 0.8475 kg de nitrato de amonio en los 34.4 m². Aunque pequeña, esta cantidad contribuye a la nutrición fosfatada del cultivo.

- **Fertilizante Fosforado con 61 kg de P_2O_5 y 12 kg de nitrógeno para el nivel 50**

(FIAC) a requerir es:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 61 \text{ kg de } P_2O_5 \\ X & \longrightarrow & 43.46 \text{ kg de } P_2O_5 \end{array}$$

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 43.46 \text{ kg de } P_2O_5}{61 \text{ kg de } P_2O_5}$$

$$X = 71.245 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

$$\begin{array}{ccc} 10000 \text{ m}^2 & \longrightarrow & 71.245 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \\ 34.4 \text{ m}^2 & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{34.4 \text{ m}^2 \times 71.245 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 0.2451 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 12 \text{ kg de Nitrógeno} \\ 0.2451 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{0.2451 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.0294 \text{ kg de Nitrógeno}$$

Para obtener el Nitrato de amonio requerido del Nivel (FIAC) se restó el nitrógeno del fosfato monoamónico y así conseguir el nitrato de amonio que se aplicó:

100 kg de NH_4NO_3	—————→	33 kg de Nitrógeno
0.8475 kg de NH_4NO_3	—————→	X

$$X = \frac{0.8475 \text{ kg de } \text{NH}_4\text{NO}_3 \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de } \text{NH}_4\text{NO}_3}$$

$$X = 0.2796 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.2796 \text{ kg de Nitrógeno} - 0.0294 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.2502 \text{ kg de Nitrógeno}$$

100 kg de NH_4NO_3	—————→	33 kg de Nitrógeno
X	—————→	0.2551 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{0.2502 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de } \text{NH}_4\text{NO}_3}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$\mathbf{X = 0.7582 \text{ kg de } \text{NH}_4\text{NO}_3}$$

Interpretación: para la superficie dada y los niveles de nutrientes buscados, hay que aplicar aproximadamente 0.245 kg de fosfato monoamónico y 0.758 kg de nitrato de amonio para satisfacer las necesidades de fósforo y nitrógeno.

Para obtener el Fosfato monoamónico requerido del Nivel (FIAC) se restó el Óxido de fosforo para conseguir el Fosfato monoamónico que se aplicó:

100 kg de Fosfato monoamónico	—————→	61 kg de P_2O_5
0.2451 kg de Fosfato monoamónico	—————→	X

$$X = \frac{0.2451 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.1495 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 - 0.0254 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5$$

$$X = 0.1241 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5$$

100 kg de Fosfato monoamónico	—————→	61 kg de P_2O_5
X	—————→	0.1241 kg de P_2O_5

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 0.1241 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5}{61 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5}$$

X = 0.2034 kg de Fosfato monoamónico

Interpretación: El cálculo muestra que de 0.2451 kg iniciales, después de considerar la cantidad efectiva de P_2O_5 , se aplican aproximadamente 0.2034 kg de fosfato monoamónico para aportar la cantidad adecuada de fósforo al cultivo.

NO ES NECESARIO INCORPORAR POTASIO YA QUE EL SUELO YA POSEE ESA

CANTIDAD

NIVEL (MARM)

Fertilizante Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P_2O_5 para el nivel 190

(MARM) a requerir:

100 kg de NH_4NO_3 $\longrightarrow$ 33 kg de Nitrógeno

X $\longrightarrow$ 151.31 kg de Nitrógeno

$$X = \frac{151.31 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de } NH_4NO_3}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 458.51 \text{ kg de } NH_4NO_3$$

10000 m² $\longrightarrow$ 458.51 kg de NH_4NO_3

34.4 m² $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{34.4 \text{ m}^2 \times 458.51 \text{ kg de } NH_4NO_3}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 1.5772 \text{ kg de } NH_4NO_3$$

100 kg de NH_4NO_3 $\longrightarrow$ 3 kg de P_2O_5

1.5772 kg de NH_4NO_3 $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{1.5772 \text{ kg de } NH_4NO_3 \times 3 \text{ kg de } P_2O_5}{100 \text{ kg de } NH_4NO_3}$$

$$X = 0.0473 \text{ kg de } P_2O_5$$

- **Fertilizante Fosforado con 61 kg de P_2O_5 y 12 kg de nitrógeno para el nivel 100**

(MARM) a requerir es:

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

X $\longrightarrow$ 93.46 kg de P_2O_5

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 93.46 \text{ kg de } P_2O_5}{61 \text{ kg de } P_2O_5}$$

X = 153.213 kg de Fosfato monoamónico

10000 m² $\longrightarrow$ 153.213 kg de Fosfato monoamónico

34.4 m² $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{34.4 \text{ m}^2 \times 153.213 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2}$$

X = 0.5270 kg de Fosfato monoamónico

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

0.5270 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{0.5270 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

X = 0.0632 kg de Nitrógeno

- **Fertilizante Sulfato de Potasio con 50 kg de K_2O para el nivel de 250 (MARM) a requerir:**

100 kg de Sulfato de potasio $\longrightarrow$ 50 kg de K_2O

X $\longrightarrow$ 81.42 kg de K_2O

$$X = \frac{81.42 \text{ kg de } K_2O \times 100 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{50 \text{ kg de } K_2O}$$

X = 162.84 kg de Sulfato de potasio

10000 m² $\longrightarrow$ 162.84 kg de Sulfato de potasio

34.4 m² $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{34.4 \text{ m}^2 \times 162.84 \text{ kg de Sulfato de potasio}}{10000 \text{ m}^2}$$

X = 0.5601 kg de Sulfato de potasio

Interpretación: Para un área de 34.4 m², se debían aplicar aproximadamente 1.58 kg de nitrato de amonio, 0.53 kg de fosfato monoamónico y 0.56 kg de sulfato de potasio para cubrir

las necesidades de nitrógeno, fósforo y potasio según los niveles recomendados. Estos cálculos aseguran una fertilización adecuada sin exceso ni deficiencia.

Para obtener el Nitrato de amonio requerido del Nivel (MARM) se restó el nitrógeno del fosfato monoamónico y así conseguir el nitrato de amonio que se aplicó:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 & \longrightarrow & 33 \text{ kg de Nitrógeno} \\ 1.5772 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{1.5772 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}$$

$$X = 0.5204 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.5204 \text{ kg de Nitrógeno} - 0.0632 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$X = 0.4572 \text{ kg de Nitrógeno}$$

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 & \longrightarrow & 33 \text{ kg de Nitrógeno} \\ X & \longrightarrow & 0.4572 \text{ kg de Nitrógeno} \end{array}$$

$$X = \frac{0.4572 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}$$

$$X = 1.3854 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3$$

Interpretación: De los 1.5772 kg iniciales de NH_4NO_3 , al descontar el nitrógeno que aporta el fosfato monoamónico, se determina que realmente se necesitan 1.3854 kg de nitrato de amonio para aportar el nitrógeno necesario.

Para obtener el Fosfato monoamónico requerido del Nivel (MARM) se restó el Óxido de fosforo para conseguir el Fosfato monoamónico que se aplicó:

$$\begin{array}{ccc} 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \\ 0.5270 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & X \end{array}$$

$$X = \frac{0.5270 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.3215 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 - 0.0473 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$X = 0.2742 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \\
 X & \longrightarrow & 0.2742 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \\
 X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 0.2742 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}
 \end{array}$$

$$X = 0.4495 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

Interpretación: Para cumplir con el requerimiento neto de 0.2742 kg de P_2O_5 , se necesitan aplicar 0.4495 kg de Fosfato monoamónico.

NIVEL (BERTSCH)

- Fertilizante Nitrato de amonio con 33 kg de N y 3 kg de P_2O_5 para el nivel 162

(BERTSCH) a requerir:

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 & \longrightarrow & 33 \text{ kg de Nitrógeno} \\
 X & \longrightarrow & 123.31 \text{ Kg de Nitrógeno} \\
 X = \frac{123.31 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}
 \end{array}$$

$$X = 373.66 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3$$

$$10000 \text{ m}^2 \longrightarrow 373.66 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3$$

$$34.4 \text{ m}^2 \longrightarrow X$$

$$X = \frac{34.4 \text{ m}^2 \times 373.66 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}{10000 \text{ m}^2}$$

$$X = 1.2854 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3$$

$$100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow 3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

$$1.2854 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 \longrightarrow X$$

$$X = \frac{1.2854 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 \times 3 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}$$

$$X = 0.0385 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$$

- Fertilizante Fosforado con 61 kg de P_2O_5 y 12 kg de nitrógeno para el nivel 27

(BERTSCH) a requerir es:

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \\
 X & \longrightarrow & 20.46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5 \\
 X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 20.46 \text{ kg de P}_2\text{O}_5}{61 \text{ kg de P}_2\text{O}_5} \\
 X = 33.541 \text{ kg de Fosfato monoamónico}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 10000 \text{ m}^2 & \longrightarrow & 33.541 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \\
 34.4 \text{ m}^2 & \longrightarrow & X \\
 X = \frac{34.4 \text{ m}^2 \times 33.541 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}{10000 \text{ m}^2} \\
 X = 0.1154 \text{ kg de Fosfato monoamónico}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & 12 \text{ kg de Nitrógeno} \\
 0.1154 \text{ kg de Fosfato monoamónico} & \longrightarrow & X \\
 X = \frac{0.1154 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 12 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}} \\
 X = 0.0138 \text{ kg de Nitrógeno}
 \end{array}$$

Para obtener el Nitrato de amonio requerido del Nivel (BERTSCH) se restó el nitrógeno del fosfato monoamónico y así conseguir el nitrato de amonio que se aplicó:

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 & \longrightarrow & 33 \text{ kg de Nitrógeno} \\
 1.2854 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 & \longrightarrow & X \\
 X = \frac{1.2854 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 \times 33 \text{ kg de Nitrógeno}}{100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3} \\
 X = 0.4242 \text{ kg de Nitrógeno} \\
 X = 0.4242 \text{ kg de Nitrógeno} - 0.0138 \text{ kg de Nitrógeno} \\
 X = 0.4104 \text{ kg de Nitrógeno}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3 & \longrightarrow & 33 \text{ kg de Nitrógeno} \\
 X & \longrightarrow & 0.4104 \text{ kg de Nitrógeno} \\
 X = \frac{0.4104 \text{ kg de Nitrógeno} \times 100 \text{ kg de NH}_4\text{NO}_3}{33 \text{ kg de Nitrógeno}}
 \end{array}$$

$$X = 1.2436 \text{ kg de } \text{NH}_4\text{NO}_3$$

Interpretación: Para una parcela de 34.4 m², se calcularon las cantidades necesarias de fertilizantes según los requerimientos del nivel 162 (BERTSCH). Se utilizó nitrato de amonio para aportar nitrógeno y fosfato monoamónico (MAP) para aportar fósforo. Como el fosfato monoamónico también contiene una pequeña cantidad de nitrógeno, esa cantidad se descontó del total requerido para evitar una sobredosificación. Después de hacer los ajustes, se determinó que deben aplicarse 1.2436 kg de nitrato de amonio y 0.1154 kg de fosfato monoamónico. Esta combinación garantizó que el cultivo reciba la cantidad exacta de nitrógeno y fósforo necesarios, sin excesos ni deficiencias.

Para obtener el Fosfato monoamónico requerido del Nivel (BERTSCH) se restó el Óxido de fosforo para conseguir el Fosfato monoamónico que se aplicó:

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

0.1154 kg de Fosfato monoamónico $\longrightarrow$ X

$$X = \frac{0.1154 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 61 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico}}$$

$$X = 0.0704 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5$$

$$X = 0.0704 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5 - 0.0385 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5$$

$$X = 0.0319 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5$$

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

X $\longrightarrow$ 0.0319 kg de P_2O_5

$$X = \frac{100 \text{ kg de Fosfato monoamónico} \times 0.0319 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5}{61 \text{ kg de } \text{P}_2\text{O}_5}$$

$$X = 0.0523 \text{ kg de Fosfato monoamónico}$$

Interpretación: Se necesitan 0.0319 kg adicionales de P_2O_5 . Finalmente, se calculó que, para aportar esa cantidad, se requieren 0.0523 kg de Fosfato monoamónico.

**NO ES NECESARIO INCORPORAR POTASIO YA QUE EL SUELO YA POSEE ESA
CANTIDAD**

5.8.1. Plan de dosificación de fertilizantes basados en cada autor

Tabla 9*Dosificación por fecha con nivel 162-27-145 según BERTSCH*

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
01/09/22 al 23/10/22	0-53	53	1244	52	0	7	0.2	4	2.33	1.20	1.61	28.93	0.62	0.00	3	0	0
23/10/22 al 08/11/22	53-69	16	1244	52	0	10	0.5	9	3.32	2.99	3.61	41.33	1.56	0.00	13	0	0
08/11/22 al 20/11/22	69-81	12	1244	52	0	14	1	9	4.65	5.99	3.61	57.86	3.11	0.00	24	1	0
20/11/22 al 13/12/22	81-104	23	1244	52	0	32	2	30	10.63	11.98	12.05	132.25	6.23	0.00	29	1	0
13/12/22 al 26/12/22	104-117	13	1244	52	0	57	3	49	18.94	17.96	19.68	235.37	9.34	0.00	91	4	0
26/12/22 al 11/01/23	117-133	16	1244	52	0	76	5	73	25.25	29.94	29.32	314.10	15.57	0.00	98	5	0
11/01/23 al 18/01/23	133-140	7	1244	52	0	105	5	75	34.88	29.94	30.12	433.95	15.57	0.00	310	11	0
Total	...	140	...	...	...	301	16.7	249	100%	100%	100%	1244	52	...	...	...	...

Tabla 10*Dosificación por fecha con nivel 190-100-250 según MARM*

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
01/09/22 al 23/10/22	0-53	53	1385	450	560	7	0.2	4	2.33	1.20	1.61	32.22	5.38	9.00	3	1	1
23/10/22 al 08/11/22	53-69	16	1385	450	560	10	0.5	9	3.32	2.99	3.61	46.03	13.46	20.24	14	4	6
08/11/22 al 20/11/22	69-81	12	1385	450	560	14	1	9	4.65	5.99	3.61	64.44	26.92	20.24	27	11	8
20/11/22 al 13/12/22	81-104	23	1385	450	560	32	2	30	10.63	11.98	12.05	147.29	53.83	67.48	32	12	15
13/12/22 al 26/12/22	104-117	13	1385	450	560	57	3	49	18.94	17.96	19.68	262.35	80.75	110.22	101	31	42
26/12/22 al 11/01/23	117-133	16	1385	450	560	76	5	73	25.25	29.94	29.32	349.80	134.58	164.21	109	42	51
11/01/23 al 18/01/23	133-140	7	1385	450	560	105	5	75	34.88	29.94	30.12	483.28	134.58	168.70	345	96	120
Total	...	140	...	...	...	301	16.7	249	100%	100%	100%	1385	450	560	...	...	...

Tabla 11*Dosificación por fecha con nivel 120-50-160 según FIAC*

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
01/09/22 al 23/10/22	0-53	53	758	203	0	7	0.2	4	2.33	1.20	1.61	17.63	2.43	0.00	2	0	0
23/10/22 al 08/11/22	53-69	16	758	203	0	10	0.5	9	3.32	2.99	3.61	25.18	6.08	0.00	8	2	0
08/11/22 al 20/11/22	69-81	12	758	203	0	14	1	9	4.65	5.99	3.61	35.26	12.16	0.00	15	5	0
20/11/22 al 13/12/22	81-104	23	758	203	0	32	2	30	10.63	11.98	12.05	80.58	24.31	0.00	18	5	0
13/12/22 al 26/12/22	104-117	13	758	203	0	57	3	49	18.94	17.96	19.68	143.54	36.47	0.00	55	14	0
26/12/22 al 11/01/23	117-133	16	758	203	0	76	5	73	25.25	29.94	29.32	191.39	60.78	0.00	60	19	0
11/01/23 al 18/01/23	133-140	7	758	203	0	105	5	75	34.88	29.94	30.12	264.42	60.78	0.00	189	43	0
Total	...	140	...	...	...	301	16.7	249	100%	100%	100%	758	203	...	...	...	...

5.9. Demanda hídrica del cultivo

5.9.1. Demanda hídrica

Para cumplir con las necesidades hídricas del cultivo de la cebolla, se realizó el cálculo de la planilla de riego en donde se utilizaron variables meteorológicas que se dan a conocer a continuación:

5.9.2. Tanque evaporímetro tipo A (mm)

En el tanque se colocó el agua hasta los 5 cm por debajo del borde, se evitó que alcance los 7.50 cm, la higiene del tanque y cambio de agua es primordial se hizo semanalmente su limpieza. Las lecturas de la evaporación de agua (mm/día) se realizaron de forma diaria a las 8:00 am, para medir se utilizó el vernier digital.

5.9.3. Velocidad del viento (m/s)

A continuación, se procedió a realizar las lecturas diariamente de la velocidad del viento con el anemómetro digital a las 8:00 a.m. Esta medición se realizó con una altura de 1.65 metros.

5.9.4. Humedad relativa ($H^{\circ}R^{\circ}$)

Estas lecturas de la humedad relativa ($H^{\circ}R^{\circ}$) se realizaron a las 8:00 a.m. diariamente, se utilizó el higrómetro digital.

5.9.5. Precipitación (mm)

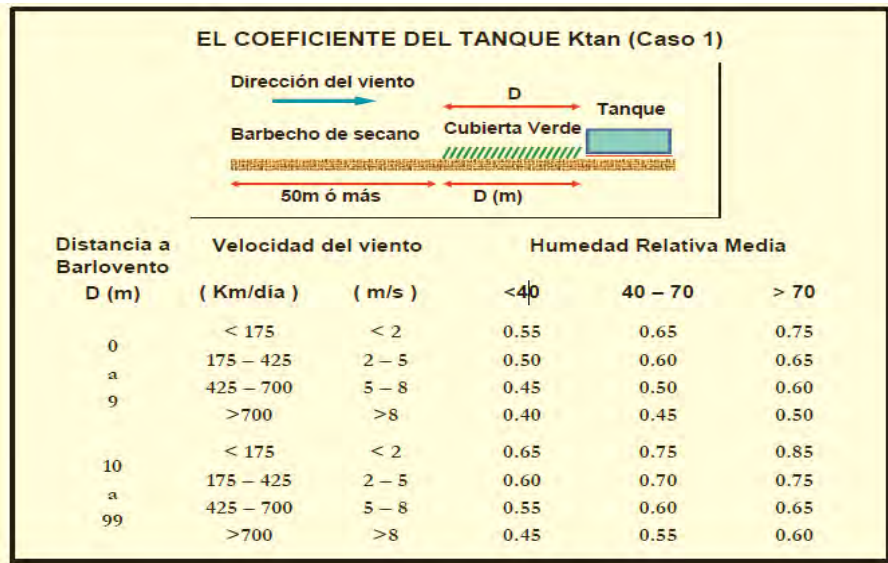
Para realizar la lectura de la precipitación se utilizó el pluviómetro, mismas que se realizaron a las 8:00 a.m.

5.9.6. Coeficiente (K_p) del tanque evaporímetro de clase A.

La humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s) y el trayecto al barlovento que hay entre el tanque a la parcela, estos valores fueron primordiales para hallar en (K_p), la que se determinó en base a la figura que se muestra a continuación:

Fotografía 10

Tanque evaporímetro de Clase A



Fuente. Baca et al. (2010).

5.9.7. Cálculo del coeficiente del cultivo (K_c)

Según el boletín FAO que brindó datos del coeficiente del cultivo de la cebolla (K_c), de acuerdo a su desarrollo, muestra que: K_{c_{ini}} = 0.70, K_{c_{med}} = 1.00 y K_{c_{fin}} = 1.00 y con estos valores se realizó la curva única del cultivo.

Tabla 12

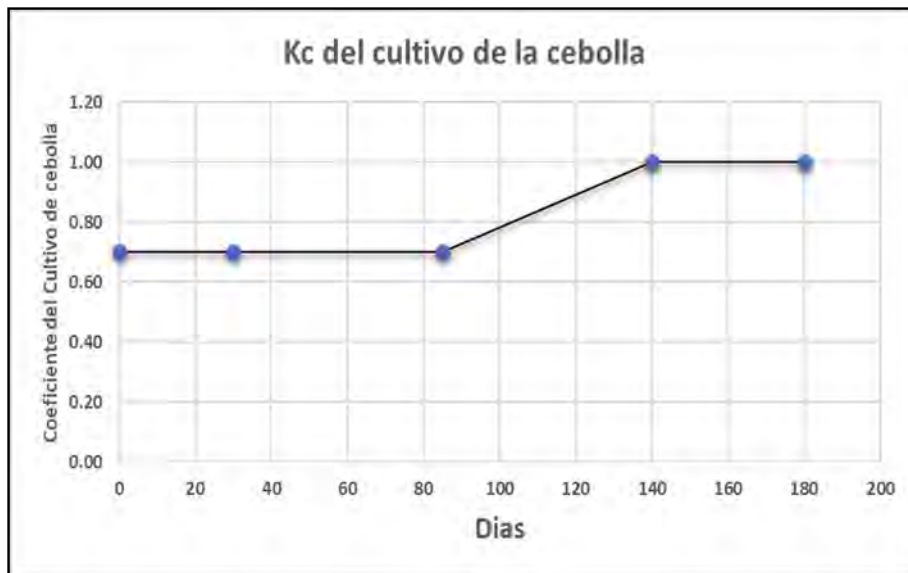
Fases del desarrollo del cultivo de la cebolla (verde)

Fase del cultivo de la cebolla	Días	K _c
Fase inicial del crecimiento	30	0.70
Fase de desarrollo	55	0.70
Fase de media estación	55	1.00
Fase final	40	1.00

Fuente. Adaptado de FAO (2006).

Fotografía 11

Curva de k_c del cultivo de la Cebolla



Fuente. Adaptado de FAO (2006).

5.9.8. Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ET_o)

Para hallar la evapotranspiración de referencia (ET_o) diaria del cultivo de la cebolla, se multiplica el (K_p) por la evaporación del tanque de clase A, la que puede calcular con la siguiente ecuación:

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

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

K_p = Coeficiente del taque evaporímetro.

E_{va} = Evaporación (mm/día).

$$E_{to} = 2.86 \times 0.85$$

$$E_{to} = 2.43 \text{ mm/día}$$

La evapotranspiración de referencia (ET_o) para el 1 de setiembre del 2022 primer día después de la siembra es 2.43 mm, de esta manera fue determinando diariamente este dato durante el proceso de investigación para así calcular la planilla de riego del cultivo de la cebolla.

5.9.9. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc)

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

$$ETc = ETo \times Kc$$

Donde:

Kc = Coeficiente del cultivo.

ETo = Evapotranspiración de referencia (mm/día).

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

$$ETc = 2.43 \times 0.70$$

$$ETc = 1.70 \text{ mm/día}$$

La evapotranspiración del cultivo (ETc) para el 1 de setiembre del 2022 primer día después de la siembra fue 1.70 mm, dato que se fue determinando diariamente para calcular la planilla de riego del cultivo de la cebolla.

5.9.10. Cálculo de la lámina neta

Este cálculo de la lámina neta fue realizado con la siguiente ecuación:

Donde:

Ln inicial = Lámina 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).

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

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

$$Ln \text{ inicial} = 25.10 \text{ mm}$$

La lámina de riego inicial de 25.10 mm indica la cantidad de agua que se requirieron para incorporar al suelo una vez instalado el cultivo.

5.9.11. Lámina neta para riego o de mantenimiento

Después de calcular la lámina neta inicial al resultado que se obtuvo, se aumentó el factor de secamiento (f) o porcentaje de agotamiento para determinar la lámina neta de riego final, se demostró que la cantidad de agua aprovechable que podía perder un cultivo sin afectar su desarrollo normal y su capacidad de producción este cálculo se realizó con la siguiente ecuación:

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

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.

Deduciendo el factor de secamiento propuesto por la FAO:

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

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

5.9.12. Lámina neta final

La lámina neta final se consiguió entre la diferencia de la lámina neta de riego por machacado y la lámina neta de mantenimiento.

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

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

5.9.13. Lámina bruta

Es indispensable conocer la eficiencia de riego en este caso es riego por goteo, tiene una eficiencia del 90%, este valor se dividió entre la lámina neta. Dónde se utilizó la siguiente ecuación:

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

Donde:

Lb = Lámina bruta (mm)

Ln = Lámina neta (mm)

Ea = Eficiencia de aplicación de riego

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

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

5.9.14. Consumo diario de agua

Es primordial las lecturas diarias del ETc (1.70 mm) estos datos fueron la cantidad de agua que se necesitó y el que se dividió por el 90% de la eficiencia de riego, estos datos se encuentran en la planilla de riego.

5.9.15. Tiempo de riego

- Precipitación horaria

Se calculó mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

q = Caudal de emisor (l/h)

Ee = Espaciamiento entre emisor (m)

EI = Espaciamiento entre laterales (m)

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

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

Luego de calcular la precipitación horaria se procedió a hallar el tiempo de riego requerido.

- **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)

$$Tr = \frac{4.85 \text{ mm}}{13.6 \text{ mm/h}}$$

$$Tr = 0.3566 \text{ horas}$$

$$Tr = 0.3566 \text{ h} \times 60 = 21'3'' = 21 \text{ minutos}$$

Para el 4 de setiembre del 2022 el tiempo de riego requerido fue de 21 minutos.

5.10. Descripción de las actividades

5.10.1. Recurso hídrico

La fuente de agua está ubicada en la micro cuenca de Huanacaure, donde se encuentra la captación llamada chanchería, la cual captó el agua para ser conducida hasta el cabezal de riego de la parcela experimental. La muestra de agua fue analizada en laboratorio de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), para ello se hizo la limpieza del cabezal, luego se dejó correr el agua por 10 minutos seguidamente se sacó una muestra en un frasco de 1 litro de agua para luego etiquetarlo y llevarlo al laboratorio.

5.10.2. Análisis del suelo y agua

Se efectuó el análisis del suelo, para determinar la textura, pH, conductividad y la materia orgánica. Se recolectó muestras de diferentes puntos, para determinar la calidad y aptitud del suelo para uso agrícola. Para el análisis del agua, se tomó en consideración 1 litro de agua del riachuelo Huanacaure, granja K'ayra - UNSAAC en el Distrito de San Jerónimo. Entre los principales resultados encontrados, se determinó que el nivel de pH fue del 7.80, la Dureza ppm CaCO_3 fue de 507.00, Mg ppm 23.92, sulfatos ppm de 278.10.

En cuanto al análisis del suelo, se tomó la muestra de 1 kilogramo de suelo, tomado del Potrero C-2, en la granja K'ayra de la UNSAAC en San Jerónimo Cusco. Entre las principales características, se encontró que el nivel de pH de este se encontró a 7.75, el porcentaje de materia orgánica fue de 4.60, nitrógeno de 0.22, el porcentaje de arena fue de 71% y Limo del 26% y arcilla 3%. (Ver anexo 2).

Fotografía 12

Captación de agua



5.10.3. Fertilizantes a utilizar

Los fertilizantes que se usaron en el trabajo de investigación fueron nitrato de amonio, fosfato monoamónico y sulfato de potasio.

5.10.4. Cálculo de la planilla de manejo de riego

Para realizar el fertirriego se utilizó la planilla de riego y se regó según a las necesidades hídricas. En la planilla se calcularon la evapotranspiración del cultivo, la cantidad de agua requerida diariamente, y el tiempo de riego necesario. Además, considerando las pérdidas de agua, se procuró reponer la misma cantidad que el cultivo perdió durante el día para asegurar un riego eficiente.

5.10.5. Germinadero

Las semillas de cebolla se instalaron el 13 de julio del 2022, para germinar las semillas, se utilizó camas almacigueras para hortalizas que contiene materia orgánica y tenían las siguientes dimensiones: 70 cm de ancho y 150 cm de largo. La semilla se obtuvo de una granja veterinaria de confiabilidad de la ciudad del Cusco. Posteriormente, la materia orgánica se situó en condiciones de capacidad de campo antes de sembrar las semillas. Se realizó observación continua para garantizar el óptimo desarrollo de las plántulas de cebolla.

Fotografía 13

Germinadero de hortalizas

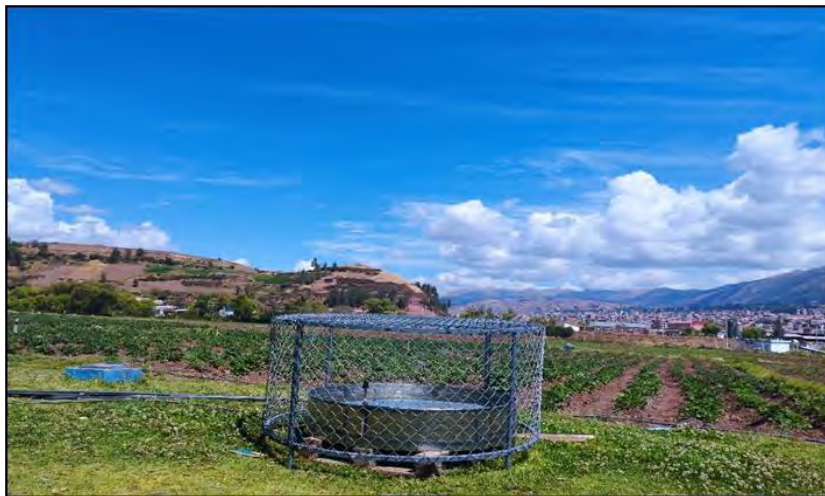


5.10.6. Instalación del tanque clase A

Después de la instalación del tanque Clase A, este fue llenado con agua hasta una altura de 5 cm por debajo del borde superior. Se mantuvo el nivel del agua, evitando que descendiera por debajo de los 7,5 cm desde el borde. El agua fue renovada periódicamente para eliminar la turbidez, y cuando fue posible, el tanque se protegió con una malla o red para evitar el ingreso de animales.

Fotografía 14

Instalación del tanque clase A



5.10.7. Preparación del terreno

Se realizó el 22 de agosto del 2022, la limpieza del terreno se hizo utilizando herramientas como el rastrillo, un pico y otros implementos manuales, con el fin de remover malezas, piedras y residuos vegetales. Posteriormente, se utilizó un tractor agrícola para labrar el suelo, alcanzando una profundidad de 25 centímetros de tierra suelta, adecuada para el establecimiento del cultivo.

Fotografía 15

Preparación de terreno.



5.10.8. Nivelación del terreno

Esta actividad se realizó el 24 de agosto del 2022, utilizando el rastrillo para el nivelado de la parcela y ello permitió facilitar el trazo de la misma.

Fotografía 16

Nivelación de terreno.



5.10.9. Trazado de la parcela

Se realizó el 25 de agosto del 2022 de acuerdo a las especificaciones del diseño de la parcela experimental se usó materiales como el cordel, estacas, wincha y yeso para el trazado.

Fotografía 17

Trazado de parcela.



5.10.10. Instalación de sistema de riego

La instalación del sistema de riego se realizó el 30 de agosto del 2022, basándose según al diseño de los bloques, empleando el sistema de riego por goteo, donde utilizó las cintas de goteo de 20 cm de distanciamiento entre emisores.

Fotografía 18

Instalación de riego por goteo.



5.10.11. Trasplante

Esta actividad se efectuó 31 de agosto del 2022, el trasplante de plántulas a campo definitivo fue cuando estas tuvieron 50 días en el germinadero, las cuales eran de alta calidad, medían de 18 a 20 cm de altura, presentaban tres hojas verdaderas y mostraban un tallo falso con un diámetro de 0,6 mm. El campo experimental se tuvo que regar a capacidad de campo antes sean trasladadas, luego fueron sumergidas en un fungicida denominado Vitavax 300 a una razón de 4 gr/l, al menos cinco minutos para prevenir hongos durante su desarrollo. Los distanciamientos entre plantas fueron de 0.20 m. y entre los surcos de 0.50 m.

Fotografía 19

Remojo de plántulas en fungicida y trasplante.



5.10.12. Aporque

Como parte del manejo agronómico del cultivo, se realizaron labores sobre el suelo a los 30 y 60 días posteriores al trasplante, con el objetivo de mejorar su estructura, facilitando la aireación y la absorción eficiente de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Fotografía 20

Aporque



5.10.13. El fertirriego

Para el número de riegos por mes, se detalla para la parcela en la planilla de manejo de riego y la aplicación de fertilizantes fue cada 5 días.

Fotografía 21

Fertirriego



5.10.14. Control de malezas, plagas y enfermedades

El desmalezado se realizó según la presencia de los mismos. Para el control de las plagas y enfermedades se realizó monitoreos permanentes. También de forma preventiva se usaron fungicidas como el Attack y una vez identificado, se aplicaron productos químicos para eliminar la presencia de las plagas como el trips de la cebolla (*Trips tabaci*) con CIGARAL 70 WP, con la finalidad de proteger la integridad del cultivo de la cebolla.

Fotografía 22

Control de plagas y enfermedades



5.10.15. Cosecha

Se realizó el 24 de enero del 2023, cuando el cultivo presento un 75% de los pseudotallos en estado de madurez fisiológica quiere decir que la mayoría de estas se encontraban dobladas.

Fotografía 23

Cosecha



5.11. Variables evaluadas

5.11.1. Número de raíces

El número de raíces fue contabilizado a los 140 días después de la cosecha del cultivo.

La cuantificación se realizó a las raíces que brotaron de la raíz principal.

Fotografía 24

Número de raíces



5.11.2. Número de hojas

El número de hojas fue evaluado a los 130 días después del trasplante. Se evaluó 16 plantas por unidad experimental.

Fotografía 25

Número de hojas



5.11.3. Diámetro de pseudotallo

El diámetro del pseudotallo se midió con vernier justo por la parte inferior de las hojas.

Fotografía 26

Diámetro de pseudotallo



5.11.4. Altura de planta

Se evaluó la altura de la planta desde la superficie del suelo hasta la punta de la hoja más larga. La evaluación se realizó en 16 plantas para cada unidad experimental utilizando una cinta métrica.

Fotografía 27

Altura de planta.



5.11.5. Longitud polar del bulbo

Se midió desde la parte inicial de la raíz hasta el pseudotallo o falso tallo. La evaluación se realizó en las 16 plantas posterior a la cosecha.

Fotografía 28

Longitud polar del bulbo



5.11.6. Diámetro ecuatorial del bulbo

Se midió posterior a la cosecha de la cebolla. Se empleo el vernier para determinar la medida.

Fotografía 29

Diámetro ecuatorial del bulbo



5.11.7. Peso de bulbo

La masa del bulbo se calculó posterior a la cosecha mediante una balanza electrónica.

Fotografía 30

Peso del bulbo



5.11.8. Rendimiento de la cebolla por hectárea

El rendimiento de la cebolla en kilogramos por hectárea se calculó a partir del peso fresco del bulbo, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento extrapolado } \frac{t}{ha} = \left(\frac{\text{Peso de frutos(g)} * 10000 \text{ m}^2(ha)}{\text{área ocupada por una planta m}^2} \right) / 1000000$$

$$\text{Rendimiento extrapolado } \frac{t}{ha} = \left(\frac{523.375 \text{ g} * 10000 \text{ m}^2}{0.1 \text{ m}^2} \right) / 1000000$$

$$\text{Rendimiento extrapolado } \frac{t}{ha} = 52.3375 \text{ tn/ha}$$

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Balzarini et al. (2008), afirman que, para procesar y analizar los datos en investigaciones relacionadas a los cultivos, es factible utilizar el software estadístico InfoStat. El diseño es DBCA, que permite regular la variabilidad del experimento mediante la agrupación de las unidades experimentales en bloques homogéneos. Los tratamientos fueron asignados aleatoriamente en cada bloque, esto que incrementa la precisión del análisis al mitigar el impacto de factores externos no controlados. Para estudiar los datos se utilizó el ANOVA al 95% de confianza. Para la prueba de medias, se utilizó Tukey.

6.1. Crecimiento vegetativo

6.1.1. Número de raíces

Tabla 13

Evaluación del número de raíces

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	68.31	72.00	55.44	68.88	264.63	66.16
II	63.25	75.31	66.81	55.38	260.75	65.19
III	71.31	70.56	67.06	56.94	265.88	66.47
IV	61.38	76.06	64.38	54.81	256.63	64.16
Totales	264.25	293.94	253.69	236.00		
Promedio	66.06	73.48	63.42	59.00		65.49

Tabla 14*Anova de número de raíz por planta*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	13.09	3	4.36	0.13	0.9370	NS
Tratamientos	442.54	3	147.51	4.55	0.0334	*
Error	292.00	9	32.44			
Total	747.63	15				CV:8.70%

La **Tabla 9**, respecto al análisis de varianza muestra diferencias estadísticas significativas en la interacción de los tratamientos sobre el número de raíces por planta, con un coeficiente de variación de 8.70%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. Estos resultados coinciden con lo propuesto por **Balzarini et al. (2008)**, quienes recomiendan este procedimiento en diseños DBCA. Sin embargo, es importante evaluar también la relevancia agronómica de las diferencias encontradas, más allá de su significancia estadística. A continuación, se realizó la prueba de Tukey al 95% de confianza para identificar al mejor tratamiento.

Tabla 15

Prueba Tukey número de raíz por planta

Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	73.48	A
II	T3 (BERTSCH)	66.06	A B
III	T1 (FIAC)	63.42	A B
IV	T4 (testigo)	59.00	B

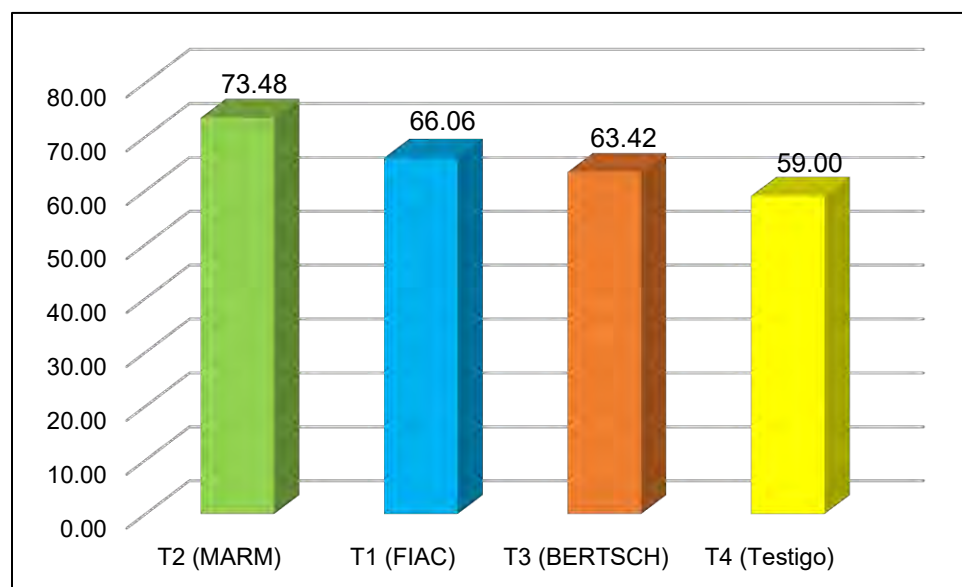
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La **Tabla 10**, muestra la prueba de Tukey de número de raíz por planta (unidades), donde se observa que el T2 reporta (73.48 und), seguido por el T3 con (66.06 und) y el T1 con (63.42 und), los que son estadísticamente iguales entre y a su vez superiores al T4 (testigo) con (59 und).

De los resultados obtenidos, se encontró una tendencia a un mayor número de raíces por planta con el tratamiento T2 (N-P-K 190-100-250). Esta tendencia coincide ligeramente con los estudios previos, como el realizado por **Manya (2022)**, quien determinó que el uso de fertilizaciones orgánicas a razón de 3 Mg/ha y química en dosis altas (A2), determinaron que no interactuaban entre sí, pues el tratamiento A1B3 alcanzó un rendimiento de 57.25 t/ha. En resumen, indican que mayores dosis de fertilización pueden estimular el desarrollo radicular debido a una mejor disponibilidad de nutrientes.

Fotografía 31

Distribución de número de raíz por planta



6.1.2. Número de hojas

Tabla 16

Evaluación del número de hojas

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	10.88	14.56	12.81	12.31	50.56	12.64
II	9.50	13.38	13.00	11.00	46.88	11.72
III	11.50	12.31	12.19	9.56	45.56	11.39
IV	12.19	13.30	12.50	9.13	47.12	11.78
Totales	44.07	53.55	50.50	42.00		
Promedio	11.02	13.39	12.63	10.50		11.88

Tabla 17

Anova número de hojas de la planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloque	3.41	3	1.14	1.05	0.4158	NS
Tratamientos	21.90	3	7.30	6.76	0.0111	*
Error	9.73	9	1.08			
Total	35.04	15				CV:8.75%

La **Tabla 12**, muestra el Análisis de Varianza de número de hojas de la planta, se observa que existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación de la interacción de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 8.75%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. A continuación, se recomienda realizar la prueba estadística de Tukey al 95% de confianza con el propósito de identificar al mejor tratamiento.

Tabla 18

Prueba Tukey número de hojas por planta

Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	13.39	A
II	T3 (BERTSCH)	12.63	A B
III	T1 (FIAC)	11.02	B
IV	T4 (testigo)	10.50	B

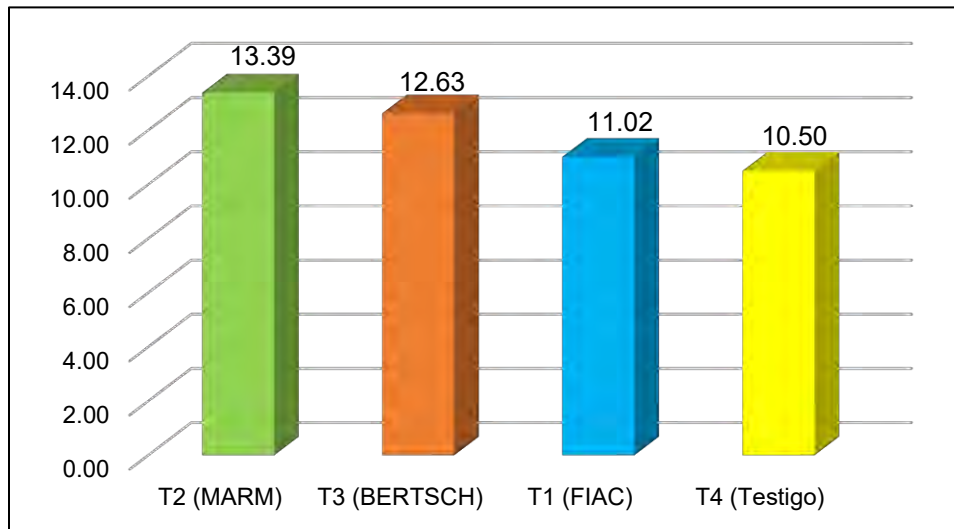
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la **Tabla 13**, se muestra la prueba de Tukey de número de hojas por planta (und), se observa que el T2 obtuvo (13.39 und), seguido por el T3 (12.63 und) y el T1 (11.02 und), los que resultan ser estadísticamente iguales entre sí y superiores al T4 testigo (10.50 und) respectivamente.

Los resultados muestran una tendencia a un mayor número de hojas por planta con el tratamiento T2 (N-P-K 190-100-250), lo cual es consistente con **Muggi (2022)**, quien reportó que dosis adecuadas de NPK mejoran el desarrollo foliar en cebolla, destacando especialmente los tratamientos T5 y T1. Aunque las dosis y combinaciones difieren ligeramente, ambos estudios coinciden en que una fertilización equilibrada favorece la formación de hojas, un indicador clave para el rendimiento. Sin embargo, como en Muggi, es importante considerar que no siempre la mayor dosis se traduce en un aumento proporcional, por lo que se debe evaluar la relación costo-beneficio y la eficiencia agronómica antes de recomendar dosis específicas.

Fotografía 32

Número de hojas por planta



6.1.3. Diámetro del pseudotallo

Tabla 19

Evaluación del diámetro del pseudotallo (cm)

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	2.12	2.70	2.66	1.92	9.40	2.35
II	1.66	2.67	2.20	1.56	8.08	2.02
III	2.01	2.08	2.02	1.59	7.69	1.92
IV	2.20	2.39	2.08	1.51	8.18	2.05
Totales	7.98	9.83	8.96	6.58		
Promedio	2.00	2.46	2.24	1.64		2.08

Tabla 20*Anova diámetro de pseudotallo (cm)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloque	0.41	3	0.14	3.32	0.0707	NS
Tratamientos	1.46	3	0.49	11.88	0.0018	*
Error	0.37	9	0.04			
Total	2.24	15				CV:9.71%

En la **Tabla 15**, se muestra el Análisis de Varianza del diámetro de pseudotallo, se observa que existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación de la interacción de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 9.71%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. También, se recomienda realizar la prueba estadística de Tukey al 95% de confianza con el propósito de identificar al mejor tratamiento.

Tabla 21*Prueba Tukey diámetro del pseudotallo (cm)*

Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	2.46	A
II	T3 (BERTSCH)	2.24	A B
III	T1 (FIAC)	2.00	B C
IV	T4 (testigo)	1.64	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La **Tabla 16**, muestra la prueba de Tukey del diámetro de pseudotallo (cm) categoría primera donde se observa que el T2 obtuvo 2.46 cm y T3 con 2.24 cm resultan ser estadísticamente iguales entre sí, pero superiores al T1 con 2.00 cm, T4 (testigo) con 1.64 cm.

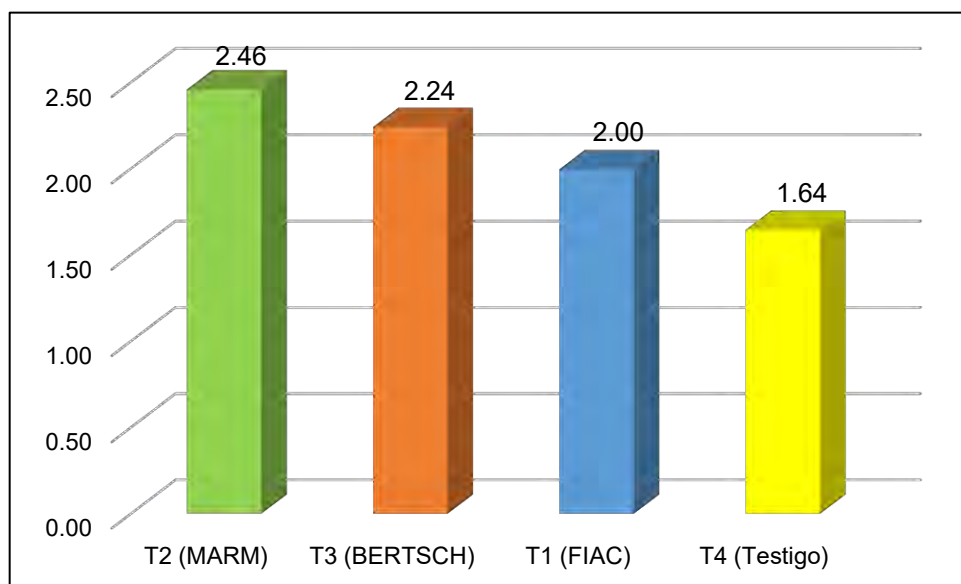
Estos hallazgos difieren al realizado por **Álvarez et al. (2011)** quienes reportaron diámetros de pseudotallo mucho menores (0.98 a 1.03 cm) sin diferencias significativas,

probablemente debido a concentraciones y métodos de fertilización menos efectivos. En contraste en esta investigación, el tratamiento T2 con una fertilización balanceada de N-P-K (190-100-250) promovió un aumento significativo en el diámetro, evidenciando la importancia de una nutrición adecuada para mejorar el desarrollo estructural del pseudotallo.

Porcuna (2000), señala que el pseudotallo es clave para transportar nutrientes y almacenar carbohidratos en el bulbo; por ello, un mayor diámetro favorece una mejor circulación y reserva, esenciales para el desarrollo y floración del cultivo. Asimismo, los resultados obtenidos en esta investigación no solo superan en magnitud a los reportados en estudios previos como el de **Álvarez et al. (2011)**, sino que también resaltan la eficacia del tratamiento T2 en promover un crecimiento superior del pseudotallo. Sin embargo, es necesario considerar que el tratamiento T3, aunque ligeramente inferior en valor, no difiere estadísticamente de T2, lo que podría indicar que aumentar más la concentración de fertilizantes no siempre implica un beneficio proporcional y plantea la necesidad de optimizar el manejo para evitar un uso excesivo e innecesario. En el análisis de la prueba de Tukey para el tratamiento T2: N-P-K (190-100-250) logró un mayor diámetro del pseudotallo

Fotografía 33

Distribución de diámetro del pseudotallo (cm)



6.1.4. Altura de planta

Tabla 22

Evaluación de la altura de planta (cm)

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	57.56	62.81	59.69	55.00	235.06	58.77
II	54.00	65.5	57.56	49.19	226.25	56.56
III	56.31	62.00	58.50	49.13	225.94	56.49
IV	59.81	65.00	62.50	45.75	233.06	58.27
Totales	227.68	255.31	238.25	199.07		
Promedio	56.92	63.83	59.56	49.77		57.52

Tabla 23

Anova altura de la planta (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	16.37	3	5.46	0.72	0.5629	NS
Tratamientos	417.61	3	139.22	18.46	0.0003	*
Error	67.88	9	7.54			
Total	201.92	15				CV:4.77%

La **Tabla 18**, muestra el Análisis de Varianza de altura de la planta, donde se observa que existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación de la interacción de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 4.77%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. Por consiguiente, se recomienda realizar la prueba estadística de Tukey al 95% de confianza con el propósito de identificar al mejor tratamiento.

Tabla 24*Prueba Tukey altura de la planta (cm)*

Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	63.83	A
II	T3 (BERTSCH)	59.56	AB
III	T1 (FIAC)	56.92	B
IV	T4 (testigo)	49.77	C

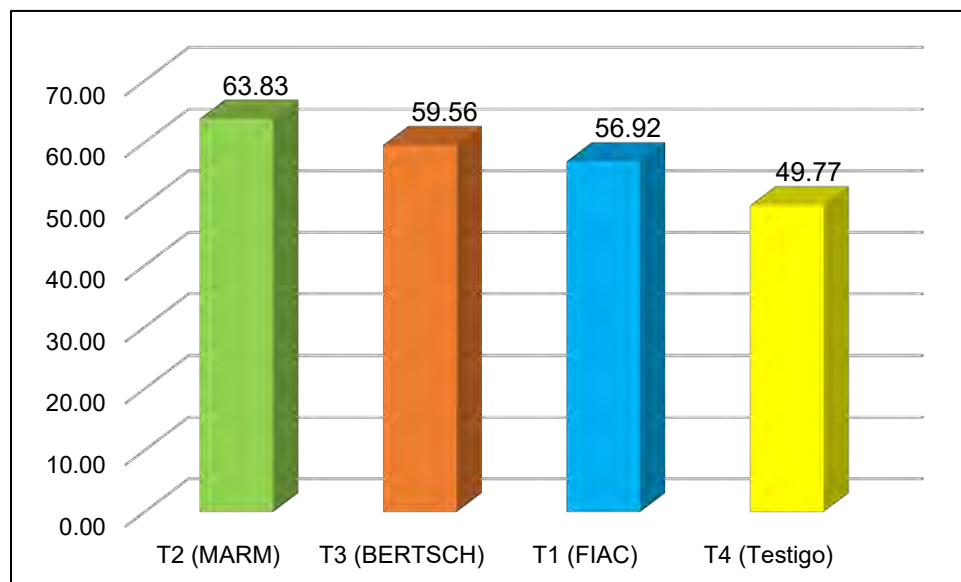
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La **Tabla 19**, muestra la prueba de Tukey de la altura de la planta (cm) categoría primera, se observa que el T2 logro 63.83 cm ocupando el primer lugar siendo estadísticamente superior al resto de los tratamientos, seguido por el T3 con 59.56 cm, T1 con 56.92 cm y en último lugar el T4 testigo con 49.77 cm.

De los resultados obtenidos en esta investigación se infiere que existe una tendencia positiva en el crecimiento de la cebolla al aplicar el tratamiento T2: N-P-K (190-100-250), siendo este el que alcanzó la mayor altura promedio (63.83 cm). Comparativamente, los resultados superan al uso de abonos orgánicos como el humus de lombriz realizado por **Cuno (2023)**, lo que indica que la fertilización mineral en dosis técnicas adecuadas puede generar un mayor desarrollo vegetativo. Sin embargo, los resultados de **Sivincha (2022)** subrayan que la frecuencia de riego también desempeña un papel fundamental, y que, sin una adecuada provisión de agua, incluso los nutrientes más balanceados podrían no expresar todo su potencial. Finalmente, los fundamentos teóricos aportados por **Salunkhe & Kadam (2003)** validan que una nutrición equilibrada es la base del crecimiento saludable del cultivo.

Fotografía 34

Altura de planta (cm)



6.2. Características productivas

6.2.1. Longitud polar de bulbo

Tabla 25

Evaluación de la longitud polar de bulbo (cm)

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	8.70	9.94	9.78	8.14	36.6	9.1
II	8.81	10.45	10.16	8.43	37.8	9.5
III	9.60	10.54	9.83	8.15	38.1	9.5
IV	8.67	10.68	9.83	8.33	37.5	9.4
Totales	35.77	41.61	39.60	33.05		
Promedio	8.94	10.40	9.90	8.26		9.4

Tabla 26*Anova longitud polar del bulbo (cm)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	0.35	3	0.12	1.48	0.2851	NS
Tratamientos	11.03	3	3.68	47.23	<0.0001	*
Error	0.70	9	0.08			
Total	12.08	15				CV:2.98%

La **Tabla 21**, Los resultados del análisis de varianza para la longitud del bulbo polar muestran que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las fuentes de variación que puede atribuirse a la relación entre los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 2.98%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. Además, se recomienda realizar la prueba estadística de Tukey al 95% de confianza con el propósito de identificar al mejor tratamiento.

Tabla 27*Prueba Tukey longitud polar del bulbo*

Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	10.40	A
II	T3 (BERTSCH)	9.90	A
III	T1 (FIAC)	8.94	B
IV	T4 (testigo)	8.26	C

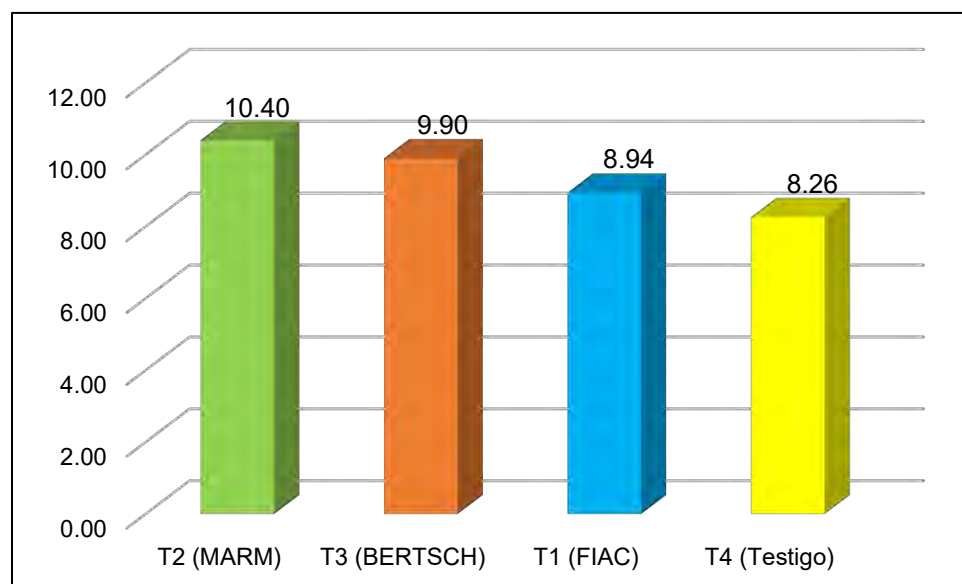
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De la **Tabla 22**, se muestra la prueba de Tukey de la longitud polar de bulbo (cm) categoría primera, se observa que el tratamiento T2 con 10.40 cm y T3 con 9.90 cm son estadísticamente iguales entre sí, seguidos por el T1 con 8.94 cm y en último lugar el T4 (testigo) con 8.26 cm.

De los resultados obtenidos de T2 (N-P-K 190-100-250) alcanzó la mayor longitud polar de bulbo con 10.40 cm, seguido de T3 con 9.90 cm, ambos estadísticamente superiores al resto de tratamientos. Estos resultados son superiores a los reportados por **Bañico (2020)**, quien obtuvo valores entre 7.7 cm y 8.4 cm sin diferencias significativas, lo que podría atribuirse a la menor concentración de nutrientes y a condiciones climáticas distintas en su estudio. Asimismo, los valores obtenidos en esta investigación superan ampliamente a los de **Álvarez et al. (2011)**, quienes registraron apenas 4.93 cm de longitud polar, posiblemente debido al uso de fertilizantes menos eficientes, condiciones edafoclimáticas desfavorables o una variedad diferente de cebolla con menor potencial de desarrollo. En conjunto, estos resultados confirman que el tratamiento T2, con una fertilización mineral balanceada, favorece significativamente el crecimiento del bulbo, superando ampliamente los valores de investigaciones previas y demostrando la importancia del manejo nutricional en el desarrollo morfológico del cultivo.

Fotografía 35

Distribución de longitud polar de bulbos (cm)



6.2.2. Diámetro ecuatorial del bulbo

Tabla 28

Evaluación del diámetro del bulbo (cm)

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	8.93	10.00	8.58	7.79	35.30	8.82
II	9.20	10.82	8.76	8.28	37.06	9.26
III	9.73	9.72	9.30	7.55	36.30	9.08
IV	9.40	9.83	9.23	7.71	36.17	9.04
Totales	37.27	40.37	35.87	31.33		
Promedio	9.32	10.09	8.97	7.83		9.05

Tabla 29

Anova diámetro ecuatorial de bulbo (cm)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	0.39	3	0.13	0.85	0.4992	NS
Tratamientos	10.58	3	3.53	23.13	0.0001	*
Error	1.37	9	0.15			
Total	12.08	15				CV:4.31%

La **Tabla 24**, muestra el Análisis de Varianza del diámetro ecuatorial de bulbo, donde se observa que existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación de la interacción de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 4.31%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. Se recomienda la prueba estadística de Tukey al 95% de confianza para determinar el mejor tratamiento.

Tabla 30*Prueba Tukey diámetro ecuatorial de bulbo (cm)*

Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	10.09	A
II	T1 (FIAC)	9.32	A
III	T3 (BERTSCH)	8.97	B
IV	T4 (testigo)	7.83	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

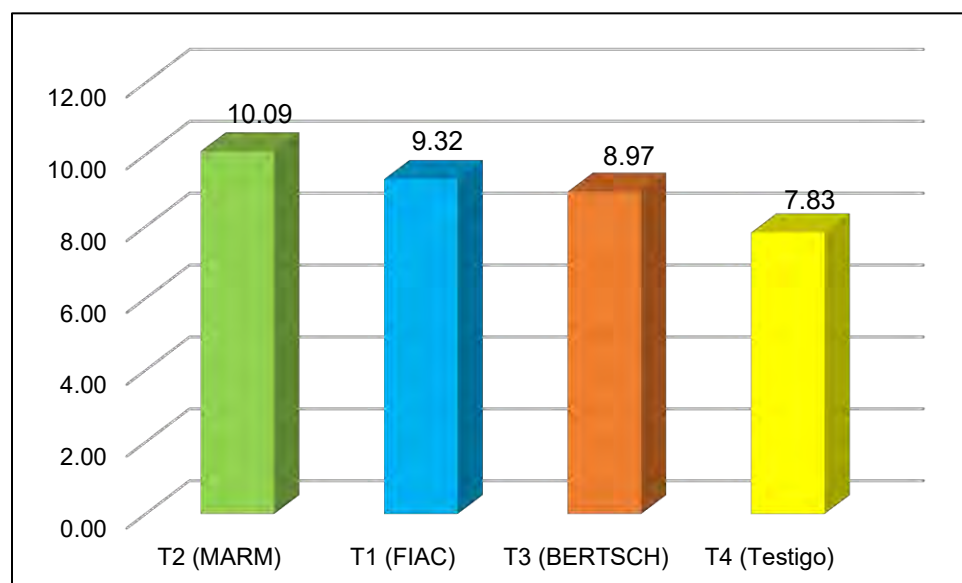
De la **Tabla 25**, muestra la prueba de Tukey del diámetro ecuatorial de bulbo (cm), donde se observa que el tratamiento T2 obtuvo 10.09 cm y el T1 con 9.32 cm en promedio resultando ser estadísticamente iguales entre sí, seguidos por el T3 con 8.97 cm y en último lugar el T4 (testigo) con 7.83 cm favorece un mayor desarrollo del bulbo, destacando la importancia de un balance óptimo en la fertilización NPK.

Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que el tratamiento T2 (N-P-K 190-100-250) produjo el mayor diámetro ecuatorial del bulbo, con un promedio de T2 con 10.09 cm, seguido por T3 con 9.32 cm, ambos estadísticamente iguales, mientras que los tratamientos T1 con 8.97 cm y el testigo T4 con 7.83 cm respectivamente. Este hallazgo indica que un balance adecuado y una dosis correcta de fertilización NPK son factores claves para maximizar el desarrollo del bulbo en cebolla. Al comparar estos resultados con los autores por **Muggi (2022)**, quien encontró un diámetro de bulbo de 10.63 cm bajo una fertilización con 150-150-100 kg NPK/ha, se observa una consistencia en la mejora del tamaño del bulbo con la aplicación adecuada de nutrientes. Esto apunta a que una nutrición balanceada no solo incrementa la turgencia celular, sino que también maximiza la expansión celular, aspectos críticos para el diámetro del bulbo. En contraste, **Poma (2013)** reportó un diámetro de 6.9 cm bajo un sistema de alta densidad de plantas y con un régimen fertilizante distinto (200-120-250 kg NPK/ha). Este valor inferior sugiere que, además de la cantidad y balance de fertilizantes, la

densidad de plantación y el momento de aplicación tienen un rol crucial, posiblemente limitando el crecimiento del bulbo debido a competencia por recursos. Por otro lado, **Sivinchá (2022)** observó que la frecuencia de riego influye en el tamaño del bulbo, logrando 8.16 cm con riego diario, cifra que es menor que la obtenida con T2 en esta investigación. Esto indica que, aunque el manejo hídrico es un factor importante, no sustituye la necesidad de una nutrición adecuada para el desarrollo óptimo del bulbo. Finalmente, la revisión de **Thomas (1992, citado por Espinoza, 2016)** aporta un marco fisiológico que justifica la respuesta positiva al nitrógeno observada en T2, especialmente para variedades de días largos que requieren mayor aporte nitrogenado para maximizar su potencial genético y, por ende, el tamaño del bulbo.

Fotografía 36

Distribución de diámetro ecuatorial de bulbo



6.2.3. Peso promedio de bulbo

Tabla 31

Evaluación del peso promedio de bulbo (gr/planta)

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	397.38	523.38	394	284	1598	399.56
II	386	541	422.31	320.69	1670	417.44
III	417	500.44	411.5	250.31	1579	394.81
IV	348.63	513.81	448.69	275.38	1587	396.63
Totales	1549	2078.38	1676	1130.38	1598	399.56
Promedio	387	519.59	419	282.59		402.11

Tabla 32

Anova peso promedio de bulbo por gr/planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	1299.04	3	433.01	0.63	0.6141	NS
Tratamientos	114370.63	3	38123.54	55.43	<0.0001	*
Error	6190.38	9	687.82			
Total	121860.05	15				CV:6.52%

La **Tabla 12**, muestra el Análisis de Varianza del peso del bulbo gramos por planta, se observa que existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación de la interacción de los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 6.52%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. Se recomienda la prueba estadística de Tukey al 95% de confianza para determinar el mejor tratamiento.

Tabla 33*Prueba Tukey del peso promedio de bulbo gr/planta*

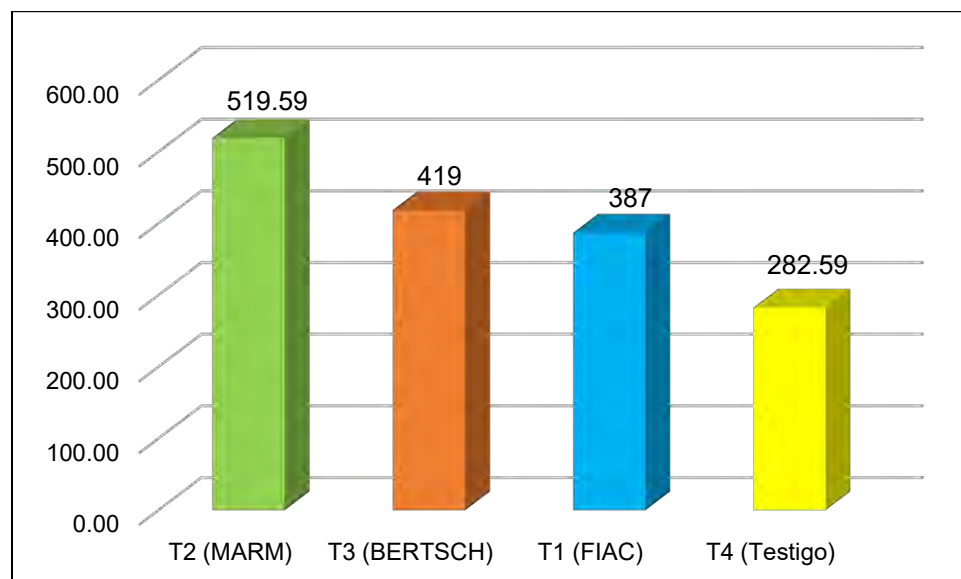
Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	519.59	A
II	T3 (BERTSCH)	419	B
III	T1 (FIAC)	387	B
IV	T4 (testigo)	282.59	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la **Tabla 33**, se muestra peso promedio de bulbo gr/planta, donde se observa que el tratamiento T2 obtiene el mayor promedio con 519.59 gr/planta, siendo superior estadísticamente al resto de tratamientos, seguido por el T3 con 419 gr/planta, T1 con 387 gr/planta y finalmente el T4 con 282.59 gr/planta, siendo este último inferior entre todos los tratamientos. Por su parte, **Cuno (2023)**, en su investigación encontró que al aplicar humus de lombriz de 10 t/ha en el cultivo de la cebolla de variedad roja arequipeña obtuvo (209.10 g/planta), resultado que viene siendo inferior al T2 con (519.59 gr/planta), lo que podría deberse a la diferencia de aplicación y tipo de abonos utilizados.

Fotografía 37

Distribución del peso de bulbo gr/planta



6.3. Rendimiento del bulbo de la cebolla

6.3.1. Rendimiento extrapolado (t/ha)

Tabla 34

Evaluación del rendimiento extrapolado (t/ha)

Bloques	Tratamientos				Total	Promedio
	T1	T2	T3	T4		
I	39.74	52.34	39.35	28.40	159.83	39.96
II	38.60	54.08	42.23	32.07	166.98	41.74
III	41.70	50.04	41.15	25.03	157.93	39.48
IV	34.86	51.38	44.87	27.54	158.65	39.66
Totales	154.90	207.84	167.60	113.04		
Promedio	38.73	51.96	41.90	28.26		40.21

Tabla 35*Anova del rendimiento extrapolado t/ha*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Sig.
Bloques	12.99	3	4.33	0.63	0.6141	NS
Tratamientos	1143.71	3	381.24	55.43	<0.0001	*
Error	61.90	9	6.88			
Total	1218.60	15				CV:6.52%

La **Tabla 27**, muestra el Análisis de Varianza del rendimiento total de bulbo de la cebolla, donde se observa que existe diferencia estadística significativa en la fuente de variación de tratamiento, con coeficiente de variabilidad es 6.52%, valor que indica una baja dispersión entre tratamientos y que existe confiabilidad en relación a los resultados del análisis realizado. Además, se realizó la prueba de Tukey al 95% de confianza para identificar al mejor tratamiento.

Tabla 36*Prueba Tukey del rendimiento extrapolado t/ha*

Orden de merito	Tratamientos	Medias	Significación estadística ($\alpha=0.05$)
I	T2 (MARM)	51.96	A
II	T3 (BERTSCH)	41.90	B
III	T1 (FIAC)	38.73	B
IV	T4 (testigo)	28.26	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la **Tabla 28**, se muestra el rendimiento de bulbo de cebolla (kg/ha), donde se observa que el tratamiento T2 obtiene el mayor rendimiento de bulbo de cebolla con 51.96 t/ha, siendo superior estadísticamente al resto de tratamientos y supera el promedio, seguido por el T3 con 41.90 t/ha, T1 con 38.73 t/ha y finalmente el T4 con 28.26 kg/ha en promedio siendo este último inferior entre todos los tratamientos. **Manya (2022)**, manifiesta que al aplicar fertilización química

y orgánica con una dosis de 180 kg/ha N, 120 kg/ha P₂O₅, 200 kg/ha K₂O y 3 Mg/ha de Eco Abonaza, tratamiento denominado como A1B3 alcanzó un rendimiento máximo de 57.25 t/ha, siendo superior al T2 obtenido en la investigación, superioridad que podría deberse a la diferencia de dosis de aplicación de fertilizantes y a la combinación empleada con el fertilizante orgánico en el estudio mencionado. Mientras que **Álvarez et al. (2011)**, refiere que en su trabajo sobre la aplicación de fertilizantes de químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) Michoacán México el tratamiento I (140-60 kg/ha de N-P) obtuvo 31.592 kg/ha, el cual es inferior a lo obtenido en el presente experimento, esto se debería a las condiciones edafoclimáticas del lugar, variedad, concentración y forma de aplicación de fertilizantes empleados.

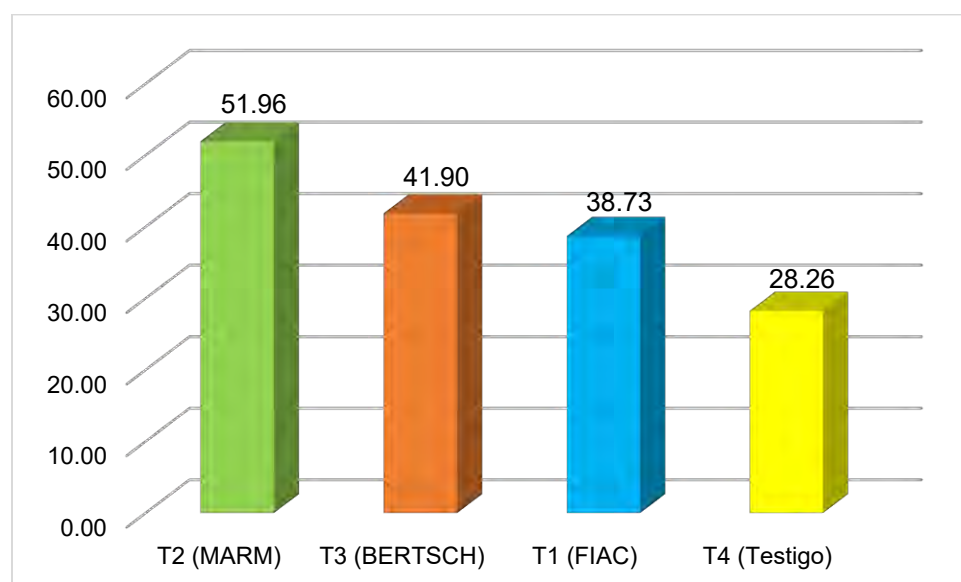
Capillo (2018), menciona que estudiando el efecto de tres dosis de NPK en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa*), encontró que el tratamiento T2 con 23,243.33 kg/ha obtuvo el mayor rendimiento, por consiguiente, se puede inferir que el valor encontrado difiere de manera considerable a lo hallado en la presente investigación, diferencias que podrían ser a causa de las dosis de NPK utilizados. Asimismo, **Figuerola et al. (2004)** reportan que en su estudio en fertirrigación por medio del riego por goteo obtuvo 44.1 t/ha al aplicar un nivel de N-P-K con 120-20-00 no mostrando diferencias significativas entre tratamientos, lo cual resulta ser inferior en relación al mejor tratamiento obtenido en el presente experimento denominado como T2 (MARM) con 51.96 t/ha, los motivos se deberían a que ya se encontraron altos niveles de NPK en el suelo previo a su trasplante. Por otro lado, **Melgarejo et al. (2010)** indican que el nitrógeno, fósforo, potasio y el recurso hídrico son aquellos factores clave que limitan el crecimiento, desarrollo y el rendimiento económico de los cultivos.

De los resultados, obtenidos se infiere que existe una tendencia de alcanzar mayor rendimiento de bulbos de cebolla utilizando el T2: N-P-K (190-100-250), obtuvo 51.96 t/ha, resultado que supera ampliamente el promedio nacional de **39.58 t/ha** reportado por la ficha técnica del cultivo de cebolla del MINAGRI (2019), representando un incremento aproximado del **31.3%**. Además, este rendimiento supera los valores reportados para regiones productoras de

referencia, Lambayeque (49.96 t/ha) y Arequipa (43.32 t/ha), lo que indica que T2 produce rendimientos competitivos incluso frente a las zonas de mayor productividad del país, siendo superiores a los estudios de **Álvarez et al. (2011)**, **Capillo (2018)** y **Figueroa et al. (2004)**, y ligeramente inferiores a **Manya (2022)**, quien usó fertilización orgánica y química combinada. Estas diferencias refuerzan la importancia de ajustar las dosis y tipos de fertilización al contexto local, y abren la posibilidad de que la inclusión de materia orgánica podría incluso mejorar aún más los rendimientos alcanzados en este estudio.

Fotografía 38

Distribución del rendimiento extrapolado (t/ha)



CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente:

Crecimiento vegetativo:

- En la evaluación del número de raíces, se constató que el tratamiento T2 con una dosis de fertilizantes NPK (190-100-250) obtuvo los resultados más favorables, alcanzando un promedio de 73.48 raíces, superior al de los demás tratamientos analizados. Esto indica una mayor eficiencia radicular y un vigoroso desarrollo radicular, lo que mejora, lo que mejora la absorción de nutrientes y agua.
- Para el número hojas por planta, se obtuvo valores desde 13.39 hasta 10.50 unidades, siendo el tratamiento T2 con una dosis de fertilizantes (190-100-250) de NPK quien alcanzó el mejor promedio.
- El mayor diámetro del pseudotallo, fue logrado por el tratamiento T2 con una dosis de fertilizantes de NPK (190-100-250) con 2.46 cm en comparación del resto de tratamientos.
- En la altura de planta, el tratamiento T2 con una dosis de fertilizantes de NPK (190-100-250) logro el primer lugar con 63.83 cm a diferencia del tratamiento T4 (testigo) con 38.20 cm ocupó el último lugar, esto debido a la falta de incorporación de fertilizantes que hizo no se desarrollaran de manera óptima.

Características productivas:

- La mejor longitud polar de bulbo, lo tuvo el tratamiento T2 con una dosis de fertilizantes de NPK (190-100-250) con 10.40 cm de longitud, quien demostró ser aproximadamente un 45% más rentable en comparación con los demás tratamientos.
- El diámetro ecuatorial del pseudotallo, donde el tratamiento T2 con 10.09 cm fue el que sobresalió en comparación de los demás tratamientos al aplicar una dosis de nutrientes de (190-100-250) de NPK.

- En el peso promedio de bulbo, el tratamiento T2 obtuvo 519.59 gr/planta al aplicar una formulación de fertilizantes (190-100-250) de NPK siendo el que ocupó el primer lugar y el tratamiento T4 con 289.59 gr/planta el último lugar.

Rendimiento del bulbo de la cebolla:

- Se logró un mejor rendimiento por hectárea con el tratamiento T2 con una dosis (190-100-250) de NPK con 51.95 t/ha. Además, el nitrógeno, fósforo y potasio son los elementos que tuvieron una buena influencia en el rendimiento del cultivo, debido a que hubo una mejor optimización de los mismos al ser aplicados vía riego por goteo.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones en que se realizó el experimento se recomienda:

- Evaluar el uso de la cebolla roja arequipeña y fertilizantes NPK en dosis de 190-100-250, pues demostró presentar un mayor rendimiento de bulbos.
- Colocar cintas de riego por goteo con emisores cada 20 cm y un caudal de 1,36 L/h para economizar el agua y rentabilizar el cultivo.
- Analizar el suelo antes de la siembra, extrayendo muestras a una profundidad de 30 cm, y asegurar su adecuada homogeneización para obtener resultados representativos.
- Implementar un seguimiento técnico del cultivo (fechas de siembra, fertilización, riego, rendimiento), esto que posibilita la evaluación y mejora de la productividad de una campaña otra.
- Fomentar programas de formación técnica y asesoramiento agronómico, particularmente en la gestión eficiente de la fertilización y el riego para cultivos como la cebolla.
- Facilitar el acceso de los agricultores a tecnologías como riego por goteo y fertilizantes apropiados, mediante programas de crédito, subsidios o alianzas con el sector privado.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J., Zavala, L., Chávez, A., Soto, C. y Venegas, S. (2011). Uso de fertilizantes químicos y orgánicos en cebolla (*Allium cepa* L.) en Apatzingán, Michoacán, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15(2), 29-43.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83719236003>
- Amare, G. (2020). *Revisión sobre la nutrición mineral de la cebolla (Allium cepa L.)*. La Revista de Biotecnología Abierta. vol. 14, pp 134-144.
<https://doi.org/10.2174/1874070702014010134>
- Anculle, A. (1997). *Caracterización y evaluación de la cebolla, Allium cepa L. var. Cepa, Cv. Roja Arequipeña, mediante el uso de descriptores*. *Acta Hortic.* 433, 171-178.
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.433.16>
- Araya, B. (2012). *Manual de Recomendaciones para el cultivo de cebolla (Allium cepa L.)*. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) / Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10393.PDF>
- Baca, C., Vivanco, R., Abarca, R., Borda, R., Canal, A., Pareja, L., Vargas, L., Montesinos, L. y Chacon, C. (2010). *Manual Técnico de Riego Presurizado*.
<https://es.scribd.com/document/147484000/Manual-Tecnico-de-Riego-Presurizado>
- Balzarini, M., Rienzo, J., Robledo, C., Gonzales, L. y Casanoves, F. (2008). *Manual del Usuario Infostaf*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10346>
- Bañico, J. (2020). *Distanciamiento de emisores en laterales de riego por goteo y densidad de plantas en el rendimiento de cebolla (Allium cepa L.), Canaán 2750 msnm-Ayacucho*

[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga] Repositorio institucional UNSCH.

<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2ef0de3b-8fb7-459c-ad7c-808c23fcd41/content>

Blanco, C. y Lagos, J. (2017). *Manual de producción de Cebolla (Boletín INIA No. 380, 101p.)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://biblioteca.inia.cl/items/eaf8d812-ec85-4c31-935c-d8a87c9d8e41>

Bello U., M & Pino Q., M. (2000). *Metodología de fertirrigación*. Punta Arenas, Chile: Boletín INIA, N° 19. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7008>

Bugarín, M., Baca, G., Martínez, J., Juan, L. y Tirado, T. (1998). Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. II. Extracción nutrimental de hojas. *Terra Latinoamericana*, vol. 16, núm. 2, abril-junio, 1998, pp. 125-134. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57316203>

Capillo Lezama, Y.P. (2018). *Efecto de tres dosis de fertilización de N, P, K en el cultivo de cebolla (Allium cepa), en el rendimiento, bajo condiciones agroecológicas de Guadalupito* [Tesis de grado, Universidad San Pedro] Repositorio institucional USP. <https://core.ac.uk/download/231103244.pdf>

Conde Solano, J. (2013). *Evaluar el rendimiento del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.) con aplicación de fertirrigación en dos sistemas de riego por goteo, superficial y subsuperficial* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/66a1daa7-b0a7-4a4b-ae99-455b74ab77a4/content>

Cronquist, A. (1992). *An integrated system of classification of flowering plants* [Reimpresión]. Columbia University Press. <https://search.worldcat.org/es/title/1288589352>

Cuno Espetia, F.D. (2023). *Producción de cebolla (Allium cepa L.) variedad roja arequipeña con tres clases de abonos orgánicos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco] Repositorio institucional UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/8192>

Enciso, C., Bareiro, J., Santacruz, V. y Duarte, A. (2019). *Guía técnica: Cultivo de cebolla*. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. <http://ISBN978-99967-923-9-7>

Espinoza Almazan, J. (2016). *Análisis de la eficiencia productiva de cebolla (Allium cepa), bajo láminas de riego, fertirrigación y compost, Municipio Laja, comunidad Sullcata Alta* [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10543/TM-2357.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2002). *El estado mundial de agricultura y la alimentación. Economía Agroalimentaria*. <https://www.fao.org/agrifoodconomics/publications/detail/es/c/134816/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Irrigación y drenaje Vo. 56)*. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f3660258-d07f-487e-b3c1-01661c83cb16/content>

- 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>
- Fernández, R., Yruela, M., Milla, M., García, J. y Oyonarte, N. (2010). *Manual de Riego para Agricultores-Módulo 4: Riego Localizado*. Junta de Andalucía. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf
- Ferreya, R. y Peralta, J. (1992). *Riego en el cultivo de cebolla*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://hdl.handle.net/20.500.14001/27015>
- Figueroa, R., Berumen, S., López, J. D., Salazar, E., Vázquez, C., y Gallegos, A. (2004). *Fertirrigación con riego localizado en cebolla (Allium cepa L.)*. CIREM. <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/29124>
- Galindo, J., Salinas, D., Alarcón, K. y Guevara, M. (2024). *Cebolla de bulbo (Allium cepa L.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca* (1.^a ed.). Universidad Nacional de Colombia; Corredor Tecnológico Agroindustrial CTA-2.
- García, A., Landeros, C., Carrillo, E., Castañeda, M., Pérez, A. y Martínez Dávila, J. P. (2016). *Hacia un manejo más eficiente de fertilizantes en sistemas de riego de baja presión*. https://www.researchgate.net/publication/312234274_Hacia_un_manejo_mas_eficiente_de_fertilizantes_en_sistemas_de_riego_de_baja_presion
- Helfgott, L., Cañamero, K. y Laguna, Y. (2018). *Manual de Utilitario nutriagro*. <https://www.kgoteo.com/UTILITARIO.pdf>

- Hernández Gutiérrez, J.D. (2014). *Fertilización NPK, abonos orgánicos y producción de cebolla (Allium cepa) en Sivan, Valle Chao* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego].
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/867>
- Huaylla, L. (2019). *Sistemas de Riego Tecnificado. Instituto de Capacitación del Oriente (ICO)*.
https://ico-bo.org/wp-content/uploads/2019/09/Cartilla_Riego_Tecnificado_GAP_web.pdf
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2020). *Diseño agronómico e hidráulico en el sistema de riego tecnificado*. <https://pgc-aulavirtual.inia.gob.pe/mod/resource/view.php?id=478>
- Pinzón, H. (1996). *El cultivo de ajo y las cebollas en Colombia*. Bogotá.
- Poma Chamana, R. H., Villalta Soto, M. J., Quello Huamani, A. A., Pumaleque Sucasaca R. S., Vilca Gamarra C. F., Cama Moreno E. M., Linares Escapa S. F. (2025). *Manual de fertilización de ajo y cebolla en Arequipa*. Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). <http://hdl.handle.net/20.500.12955/2836>
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas*. FAO.
https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13469/43123_50544.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maluf, W. (2009). *Fotoperiodo en la producción de la cebolla*. Apostila: Curso de oleicultura. Dep Agricultura. Universidad Federal de Lavras, UFLA. Brazil 4p.
http://www3.ufla.br/~wrmaluf/cebola2001_Fotoperiodo

- Manya, C. (2022). *Evaluación del efecto de tres formulaciones químicas mediante fertirriego con fertilización orgánica complementaria en el rendimiento de cebolla colorada (Allium cepa L.) Var. Burguesa* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo] Repositorio institucional ESPOCH.
<https://dspace.esPOCH.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/be140162-ea75-4dd0-ac77-b2fb70c2a896/content>
- Melo, L. I., Melo, M. M., & Rodriguez, L. F. (2006). *Competitividad del sistema agroalimentario de la cebolla de bulbo con enfoque de cadena productiva en el Distrito de riego del Alto Chicamocha (Boyacá)*. Agronomía Colombiana, 24(2), 367-377. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012099652006000200021&lng=en&tIng=es.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (MARM). (2009). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*.
<https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/publicaciones/publicaciones-fertilizantes>
- Martínez, L. (1998). *Manual de fertirrigación*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi.
<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/5121c19b-609c-44ad-bd69-88e06c825e94/content>
- Mata, H., Vázquez, E., Ramírez, M. y Patishtán, J. (2010). *Fertirrigacion de Chile Serrano con Riego por goteo en el sur de Tamaulipas*. México.
- Medina, J. (2008). *Cebolla: guía técnica*. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). https://intranet.cedaf.org.do/digital/cebolla_guia_idiaf.pdf

- Melgarejo, L., Romero, M., Hernández, S., Barrera, J., Solarte, M. E., Suárez., D. y Pérez, W. (2010). *Experimentos en Fisiología Vegetal*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11144/Experimentos%20en%20Fisiología%20Vegetal%209789587196689.pdf>
- Mendoza, M. (2013). *Riego por goteo. El Salvador*.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2018). *Requerimientos Agroclimáticos del cultivo de cebolla - Ficha Técnica N°17 (Vol. 2019)*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/621/1/ficha-tecnica17-cultivo-cebolla%20%281%29.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2019). *Requerimientos agroclimáticos del cultivo de cebolla – ficha técnica n° 05 [Ficha técnica]*. <http://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/handle/MINAGRI/231>
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2020). *Plan Nacional de Cultivos 2019 – 2020*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.13036/565>
- 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>
- Mota, M., y Alves, R. (2009). *Manejo de irrigação - quando e quanto irrigar CPT [Video]*. <https://www.youtube.com/watch?v=gN9tWSTmLHw&t=136s>
- Muggi Santiago, K.J.G. (2022). *Efecto de cinco dosis de fertilización NPK en el rendimiento de cebolla (Allium cepa L.) variedad roja arequipeña en Yanahuanca - Pasco [Tesis de*

- licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] Repositorio institucional UNDAC. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3067>
- Nicho, P., Loayza, J., Cahuas, J. y Cosme, L. (2005). *Descripción agronómica de cultivares y selecciones locales de cebolla roja bajo condiciones del Valle de Huaral* [Informe técnico, Instituto Nacional de Investigación Agraria] Repositorio institucional INIA. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/f8756e0f-d4a9-4e55-8ff9-1e52ec8a1379>
- Olarte, W. (1987). *Manual de Riego por Gravedad, Serie Manuales Técnicos*. <https://es.scribd.com/document/342004628/244677025-Manual-de-Riego-por-Gravedad-Walter-Olarte-1987-pdf-pdf>
- Paz, W. (2018). *Adaptabilidad de tres variedades de cebolla roja (Allium cepa L.), bajo las condiciones climáticas del distrito de Lamas – Región San Martín* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín] Repositorio institucional UNSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/ef70ef94-be02-4e09-83da-5ad45f09e8b9>
- Pizarro, C. (1996). *Riegos Localizados de Alta Frecuencia (RLAF), Goteo, Micro aspersion, Exudación*. Mundi-Prensa. <https://es.scribd.com/document/494675214/312379749-Pizarro-Riego-Localizados-de-Alta-Frecuencia-1-Copia>
- Poma, R. (2013). *Tres sistemas de plantación y tres niveles de fertilización en la producción de cebolla (Allium cepa L.) cv. "Roja de Camaná" bajo riego a goteo en zonas áridas* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Agustín] Repositorio institucional UNSA. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_028b888f3d852fb1c6af3ff7ba885ec6/Details

- Porcuna, J. (2000). *Manejo integrado de la cebolla (Allium cepa, L.)*. Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana.
<https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/126164/03hor01.pdf/8485f41d-39d6-42c6-8fcd-d9984d1f5bc9>
- Rivera, L., Fornaris, G., Cabrera, I., Lugo, M., Rivera, L., Vicente, N. y Conty, L. (2012). *Conjunto tecnológico para la producción de cebolla*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Salunkhe, D. y Kadam, S. (2003). *Tratado De Ciencia Y Tecnología De Las Hortalizas: producción, composición, almacenamiento y procesado*. Zaragoza: Acribia.
https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay/alma991000728409706331/34CVA_UMH:VU1
- Sela, G. (2023). *Fertilización y riego - Teoría y mejores prácticas* (nueva edición). Autoedición.
<https://croipaia.com/es/libro-fertilizacion-riego/>
- Sivincha, A. (2022). *Respuestas del cultivo de cebolla (Allium cepa L.) a tres frecuencias de riego localizado en condiciones del Centro Agronómico K'ayra – San Jerónimo – Cusco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco] Repositorio institucional UNSAAC.
https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/6798/253T20220304_TC.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Zamora, E. (2016). *El cultivo de la cebolla*. Universidad de Sonora.
<https://dagus.unison.mx/Zamora/CEBOLLA-DAG-HORT-015.pdf>
- Zapata, A. (2020). *Manual práctico de sistemas de riego localizado*. Mundi-Prensa.
<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484767596/manual-practico-de-sistemas-de-riego-localizado>

ANEXOS

Anexo 1. Panel de fotografías

- Medición del viento y lectura del tanque:



- Lectura de la precipitación y prueba de uniformidad:



- Insecticidas y fungicidas utilizados:



- Peso de fertilizantes y doblado de hojas



- *Cosecha del cultivo y recolección de datos*



Anexo 2. Precipitación pluvial diaria en mm SENAMHI-2022-2023

ESTACIÓN GRANJA KCAYRA

ESTACIÓN GRANJA KCAYRA
PARAMETRO:

LATITUD: 13°33'24.26"
LONGITUD: 71°52'30.62
ALTITUD: 3219 m.s.n.m.

DPTO: CUSCO
PROV: CUSCO
DIST: SAN JERONIMO

PRECIPITACION TOTAL DIARIA EN (mm)

DÍA	SETIEMBRE 2022	OCTUBRE 2022	NOVIEMBRE 2022	DICIEMBRE 2022	ENERO 2023
1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
2	0.0	0.0	0.0	1.1	13.1
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	1.0	0.0	0.0	0.9
5	0.0	0.0	0.0	0.5	4.6
6	0.0	0.0	0.0	10.7	0.0
7	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
9	0.0	0.0	0.0	2.1	11.8
10	0.0	0.0	0.0	0.0	27.6
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
14	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0
15	6.3	0.0	0.0	2.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0
17	0.0	0.0	0.0	5.9	4.6
18	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6
20	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	15.4	0.0	2.3
22	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
23	5.0	0.0	0.0	3.9	0.0
24	5.8	0.0	0.0	0.0	4.2
25	0.0	0.0	7.6	0.8	10.5
26	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	2.5	1.0	0.2
29	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
30	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0
31		0.0		0.0	7.1

Anexo 3. Informe de análisis de agua y suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL 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: ERICA OVALLE CERVANTES
MUESTRA : AGUA
FUENTE : RIACHUELO HUANACAURE, GRANJA KAYRA UNSAAC
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
REGION : CUSCO
FECHA : 0/10/07/2022

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	251.60
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

Ing. Guadalupe Herrera Arzúaga
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO



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: ERICA OVALLE CERVANTES
MUESTRA : SUELO
FUENTE : POTRERO C-1, GRANJA KAYRA UNSAAC
DISTRITO : SAN JERONIMO
PROVINCIA : CUSCO
REGION : CUSCO
FECHA : 6/10/07/2022

RESULTADO ANALISIS FISICOQUIMICO HIDRODINAMICO:

pH	7.75
C.E. mmhos/cm	1.30
Materia Orgánica %	4.60
Nitrógeno %	0.22
Fosforo ppm P_2O_5	12.80
Potasio ppm K_2O	325.30
C.I.C. meq/100	10.10
C.G. %	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



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

Helguinides Herrera Arriola
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
DE ANÁLISIS QUÍMICO

SOLICITANTE : ERICA OVALLE CERVANTES
 PREDIO : KAYRA POTRERO C-02
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 1196-04S-2022
 LUGAR : CUZCO
 FECHA DE RECEP. : 10/08/2022

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	Bouyacos
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	Acetato 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

NOTAS:

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

N : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 MES : Método Propio del Laboratorio.
 FAAS : Espectrofotometría 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. 344, San Vicente de Cañete, Lima - Perú.
 Teléfono: (511) 581 2261 / Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe / Web: www.vallegrande.edu.pe

Anexo 4. Planilla de riego para el cultivo de cebolla.

PLANILLAS DE CALCULO - MANEJO DE AGUA PARA RIEGO - 2022 - 2023													
Provincia:			Cusco			Ln para llegar a CC:		25.10		Área del terreno (ha)		163.4 m²	
Distrito:			Cusco			Ln (mínimo en suelo):		17.57					
Comunidad C.:			K'ayra			Eficiencia (%):		90.00%					
Sector:			Potrero C			Fecha de siembra:		1/09/2022					
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
1/09/2022	1	1.30	75.00	0.85	2.86	2.43	0.70	1.70				25.10	23.40
2/09/2022	2	2.00	77.00	0.80	1.76	1.41	0.70	0.99				23.40	22.41
3/09/2022	3	2.70	66.20	0.75	3.20	2.40	0.70	1.68				22.41	20.73
4/09/2022	4	0.00	64.20	0.80	4.02	3.22	0.70	2.25		4.37	4.85	25.10	22.85
5/09/2022	5	1.30	69.40	0.80	5.32	4.26	0.70	2.98				22.85	19.87
6/09/2022	6	1.30	68.90	0.80	2.76	2.21	0.70	1.55		5.23	5.81	25.10	23.55
7/09/2022	7	0.70	65.20	0.80	9.98	7.98	0.70	5.59				23.55	17.97
8/09/2022	8	0.00	67.20	0.80	3.68	2.94	0.70	2.06		7.13	7.93	25.10	23.04
9/09/2022	9	1.30	64.10	0.80	4.38	3.50	0.70	2.45				23.04	20.59
10/09/2022	10	0.70	64.50	0.80	3.62	2.90	0.70	2.03		4.51	5.02	25.10	23.07
11/09/2022	11	2.00	74.80	0.80	5.96	4.77	0.70	3.34				23.07	19.74
12/09/2022	12	4.70	67.90	0.75	4.20	3.15	0.70	2.21		5.36	5.96	25.10	22.90
13/09/2022	13	0.70	74.20	0.85	3.94	3.35	0.70	2.34				22.90	20.55
14/09/2022	14	2.00	70.20	0.80	5.04	4.03	0.70	2.82	4.8	4.55	5.05	25.10	22.28
15/09/2022	15	0.00	80.10	0.85	1.42	1.21	0.70	0.84	6.3			22.28	21.43
16/09/2022	16	1.30	76.60	0.85	4.62	3.93	0.70	2.75		3.67	4.07	25.10	22.35
17/09/2022	17	0.70	69.90	0.80	5.32	4.26	0.70	2.98				22.35	19.37
18/09/2022	18	0.70	67.20	0.80	3.68	2.94	0.70	2.06		5.73	6.36	25.10	23.04
19/09/2022	19	1.30	62.10	0.80	5.64	4.51	0.70	3.16				23.04	19.88
20/09/2022	20	3.30	66.20	0.75	3.86	2.90	0.70	2.03		5.22	5.80	25.10	23.07
21/09/2022	21	6.70	63.80	0.65	4.40	2.86	0.70	2.00				23.07	21.07
22/09/2022	22	0.00	71.50	0.85	6.66	5.66	0.70	3.96		4.03	4.48	25.10	21.14
23/09/2022	23	1.30	68.30	0.80	4.76	3.81	0.70	2.67	5	3.96	4.40	25.10	22.43
24/09/2022	24	2.00	84.20	0.80	1.76	1.41	0.70	0.99	5.8			22.43	21.45
25/09/2022	25	2.00	63.90	0.75	2.92	2.19	0.70	1.53				21.45	19.92
26/09/2022	26	6.70	66.90	0.65	6.40	4.16	0.70	2.91		5.18	5.76	25.10	22.19
27/09/2022	27	2.00	63.00	0.75	3.70	2.78	0.70	1.94				22.19	20.25
28/09/2022	28	2.00	64.90	0.75	4.40	3.30	0.70	2.31		4.85	5.39	25.10	22.79
29/09/2022	29	0.00	67.30	0.80	3.80	3.04	0.70	2.13				22.79	20.66
30/09/2022	30	6.70	62.70	0.65	4.62	3.00	0.70	2.10		4.44	4.93	25.10	23.00
1/10/2022	31	1.30	69.20	0.80	3.60	2.88	0.71	2.04				23.00	20.95
2/10/2022	32	1.30	71.50	0.85	4.32	3.67	0.72	2.64		4.15	4.61	25.10	22.46

3/10/2022	33	2.00	69.30	0.75	3.10	2.33	0.73	1.70				22.46	20.76
4/10/2022	34	0.00	77.10	0.85	2.46	2.09	0.74	1.55	1	4.34	4.82	25.10	23.55
5/10/2022	35	2.00	66.60	0.75	5.06	3.80	0.75	2.85				23.55	20.71
6/10/2022	36	1.30	72.10	0.85	5.18	4.40	0.76	3.35		3.39	3.77	25.10	21.75
7/10/2022	37	2.70	64.60	0.75	4.52	3.39	0.77	2.61				21.75	19.14
8/10/2022	38	4.00	72.30	0.80	4.62	3.70	0.78	2.88		5.96	6.62	25.10	22.22
9/10/2022	39	4.70	67.00	0.75	3.86	2.90	0.79	2.29				22.22	19.93
10/10/2022	40	2.70	61.60	0.75	5.42	4.07	0.80	3.25		5.17	5.74	25.10	21.85
11/10/2022	41	2.70	66.10	0.75	4.34	3.26	0.81	2.64				21.85	19.21
12/10/2022	42	5.30	61.80	0.65	7.90	5.14	0.82	4.21		5.89	6.54	25.10	20.89
13/10/2022	43	4.70	61.20	0.75	4.82	3.62	0.83	3.00		4.21	4.68	25.10	22.10
14/10/2022	44	4.70	71.60	0.80	4.72	3.78	0.84	3.17				22.10	18.93
15/10/2022	45	4.00	68.60	0.75	3.54	2.66	0.85	2.26		6.17	6.86	25.10	22.84
16/10/2022	46	3.30	67.90	0.75	2.96	2.22	0.86	1.91				22.84	20.93
17/10/2022	47	3.30	68.40	0.75	2.50	1.88	0.87	1.63				20.93	19.30
18/10/2022	48	2.00	70.40	0.80	3.60	2.88	0.88	2.53	0.2	5.80	6.44	25.10	22.57
19/10/2022	49	5.30	67.50	0.65	6.32	4.11	0.89	3.66				22.57	18.91
20/10/2022	50	2.00	67.80	0.75	5.14	3.86	0.90	3.47		5.99	6.66	25.10	21.63
21/10/2022	51	5.00	66.90	0.65	5.07	3.30	0.91	3.00				21.63	18.63
22/10/2022	52	1.30	64.60	0.80	4.11	3.29	0.92	3.02		6.47	7.19	25.10	22.08
23/10/2022	53	0.00	68.80	0.80	5.70	4.56	0.93	4.24				22.08	17.83
24/10/2022	54	2.00	65.80	0.75	4.70	3.53	0.94	3.31		7.27	8.07	25.10	21.79
25/10/2022	55	2.70	64.50	0.75	4.38	3.29	0.95	3.12		0.00	0.00	21.79	18.67
26/10/2022	56	4.00	72.50	0.80	7.38	5.90	0.96	5.67		6.43	7.15	25.10	19.43
27/10/2022	57	3.30	68.40	0.75	2.06	1.55	0.97	1.50		0.00	0.00	19.43	17.93
28/10/2022	58	1.30	63.90	0.80	2.38	1.90	0.98	1.87		7.17	7.96	25.10	23.23
29/10/2022	59	2.00	69.00	0.75	5.16	3.87	0.99	3.83		0.00	0.00	23.23	19.40
30/10/2022	60	0.70	66.40	0.80	5.78	4.62	1.00	4.62		5.70	6.33	25.10	20.48
31/10/2022	61	0.00	72.10	0.85	5.08	4.32	1.00	4.32				20.48	16.16
1/11/2022	62	1.30	68.00	0.80	3.60	2.88	1.00	2.88		8.94	9.94	25.10	22.22
2/11/2022	63	2.00	67.00	0.75	3.83	2.87	1.00	2.87				22.22	19.35
3/11/2022	64	2.70	62.60	0.75	5.43	4.07	1.00	4.07		5.75	6.39	25.10	21.03
4/11/2022	65	0.70	72.60	0.85	5.70	4.85	1.00	4.85		4.07	4.53	25.10	20.26
5/11/2022	66	0.00	58.30	0.80	4.58	3.66	1.00	3.66		4.85	5.38	25.10	21.44
6/11/2022	67	1.30	63.70	0.80	4.02	3.22	1.00	3.22				21.44	18.22
7/11/2022	68	4.70	60.10	0.75	5.06	3.80	1.00	3.80		6.88	7.64	25.10	21.31
8/11/2022	69	2.00	60.90	0.75	4.16	3.12	1.00	3.12				21.31	18.19
9/11/2022	70	2.00	56.80	0.75	3.82	2.87	1.00	2.87		6.92	7.68	25.10	22.24
10/11/2022	71	3.30	69.30	0.75	5.36	4.02	1.00	4.02				22.24	18.22
11/11/2022	72	2.00	59.00	0.75	3.52	2.64	1.00	2.64		6.89	7.65	25.10	22.46
12/11/2022	73	1.30	61.90	0.80	6.56	5.25	1.00	5.25		2.64	2.93	25.10	19.85
13/11/2022	74	2.00	59.30	0.75	4.52	3.39	1.00	3.39		5.25	5.83	25.10	21.71
14/11/2022	75	2.00	60.00	0.75	7.10	5.33	1.00	5.33		3.39	3.77	25.10	19.78
15/11/2022	76	1.30	62.80	0.80	7.56	6.05	1.00	6.05		5.33	5.92	25.10	19.05
16/11/2022	77	3.70	63.60	0.75	4.86	3.65	1.00	3.65		6.05	6.72	25.10	21.46
17/11/2022	78	2.00	62.50	0.75	1.40	1.05	1.00	1.05				21.46	20.41
18/11/2022	79	2.00	63.50	0.75	2.84	2.13	1.00	2.13				20.41	18.28
19/11/2022	80	3.30	59.90	0.75	4.44	3.33	1.00	3.33		6.83	7.58	25.10	21.77

20/11/2022	81	0.00	66.90	0.80	4.72	3.78	1.00	3.78	2			21.77	17.99
21/11/2022	82	4.00	59.8	0.75	4.74	3.56	1.00	3.56	15.4	5.11	5.67	25.10	21.55
22/11/2022	83	1.30	69.5	0.80	1.90	1.52	1.00	1.52				21.55	20.03
23/11/2022	84	1.30	72.8	0.85	3.34	2.84	1.00	2.84				20.03	17.19
24/11/2022	85	1.30	72.90	0.85	3.88	3.30	1.00	3.30		7.91	8.79	25.10	21.80
25/11/2022	86	2.70	66.90	0.75	3.14	2.36	1.00	2.36	7.6			21.80	19.45
26/11/2022	87	1.30	61.10	0.80	5.30	4.24	1.00	4.24		5.65	6.28	25.10	20.86
27/11/2022	88	1.00	63.90	0.80	5.20	4.16	1.00	4.16				20.86	16.70
28/11/2022	89	1.30	63.20	0.80	4.02	3.22	1.00	3.22	2.5	8.40	9.33	25.10	21.88
29/11/2022	90	1.30	69.20	0.80	5.32	4.26	1.00	4.26				21.88	17.63
30/11/2022	91	1.30	60.40	0.80	4.16	3.33	1.00	3.33		7.47	8.30	25.10	21.77
1/12/2022	92	2.00	55.40	0.75	3.70	2.78	1.00	2.78				21.77	19.00
2/12/2022	93	1.00	58.90	0.80	5.10	4.08	1.00	4.08	1.1	6.10	6.78	25.10	21.02
3/12/2022	94	1.30	60.60	0.80	3.80	3.04	1.00	3.04				21.02	17.98
4/12/2022	95	2.00	67.30	0.75	4.00	3.00	1.00	3.00		7.12	7.91	25.10	22.10
5/12/2022	96	1.70	67.40	0.80	3.50	2.80	1.00	2.80	0.5			22.10	19.30
6/12/2022	97	1.30	64.60	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00	10.7			19.30	19.30
7/12/2022	98	1.70	76.80	0.85	0.00	0.00	1.00	0.00	3.6			19.30	19.30
8/12/2022	99	3.00	79.50	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00				19.30	19.30
9/12/2022	100	1.70	67.70	0.80	1.50	1.20	1.00	1.20	2.1			19.30	18.10
10/12/2022	101	0.00	69.10	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00				18.10	18.10
11/12/2022	102	0.00	65.90	0.80	1.50	1.20	1.00	1.20				18.10	16.90
12/12/2022	103	0.00	74.70	0.85	5.60	4.76	1.00	4.76				25.10	20.34
13/12/2022	104	0.00	70.90	0.85	1.30	1.11	1.00	1.11	0.6			20.34	19.24
14/12/2022	105	0.70	75.50	0.80	1.50	1.20	1.00	1.20				19.24	18.04
15/12/2022	106	1.30	70.60	0.80	1.60	1.28	1.00	1.28	2			18.04	16.76
16/12/2022	107	2.70	79.60	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00	3.7			16.76	16.76
17/12/2022	108	1.30	58.90	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00	5.9			16.76	16.76
18/12/2022	109	2.00	70.40	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00				16.76	16.76
19/12/2022	110	2.70	73.40	0.80	3.70	2.96	1.00	2.96				25.10	22.14
20/12/2022	111	2.30	70.40	0.80	2.60	2.08	1.00	2.08				22.14	20.06
21/12/2022	112	1.30	78.10	0.85	0.00	0.00	1.00	0.00				20.06	20.06
22/12/2022	113	2.50	66.80	0.75	2.20	1.65	1.00	1.65	2.5			20.06	18.41
23/12/2022	114	1.30	72.40	0.85	2.40	2.04	1.00	2.04	3.9			18.41	16.37
24/12/2022	115	4.00	72.70	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00				16.37	16.37
25/12/2022	116	0.70	78.90	0.85	2.80	2.38	1.00	2.38	0.8			25.10	22.72
26/12/2022	117	2.00	70.40	0.80	4.80	3.84	1.00	3.84				22.72	18.88
27/12/2022	118	2.00	73.40	0.80	4.30	3.44	1.00	3.44				18.88	15.44
28/12/2022	119	1.30	70.40	0.85	0.00	0.00	1.00	0.00	1			15.44	15.44
29/12/2022	120	2.30	70.40	0.80	0.00	0.00	1.00	0.00				15.44	15.44
30/12/2022	121	1.30	79.00	0.85	3.90	3.32	1.00	3.32	2.3	7.86	8.73	25.10	21.79
31/12/2022	122	1.70	71.10	0.85	0.00	0.00	1.00	0.00				21.79	21.79
1/01/2023	123	0.00	70.40	0.85	1.70	1.45	1.00	1.45	1.3			21.79	20.34
2/01/2023	124	0.00	76.10	0.85	0.30	0.26	1.00	0.26	13.1			20.34	20.09
3/01/2023	125	0.00	81.10	0.85	6.80	5.78	1.00	5.78				20.09	14.31
4/01/2023	126	0.00	77.60	0.85	2.30	1.96	1.00	1.96	0.9			25.10	23.15
5/01/2023	127	0.70	82.80	0.85	1.30	1.11	1.00	1.11	4.6			23.15	22.04
6/01/2023	128	1.30	80.50	0.85	3.10	2.64	1.00	2.64				22.04	19.41

7/01/2023	129	2.70	73.50	0.80	5.30	4.24	1.00	4.24			19.41	15.17
8/01/2023	130	1.30	69.40	0.80	3.40	2.72	1.00	2.72	0.4		15.17	12.45
9/01/2023	131	2.00	73.80	0.80	3.80	3.04	1.00	3.04	11.8		12.45	9.41
10/01/2023	132	2.70	71.40	0.80	9.10	7.28	1.00	7.28	27.6		9.41	2.13
11/01/2023	133	0.70	66.50	0.80	3.00	2.40	1.00	2.40			25.10	22.70
12/01/2023	134	1.30	71.30	0.85	3.40	2.89	1.00	2.89			22.70	19.81
13/01/2023	135	0.70	70.30	0.85	4.80	4.08	1.00	4.08		5.29	5.88	25.10
14/01/2023	136	1.30	72.00	0.85	4.00	3.40	1.00	3.40			21.02	17.62
15/01/2023	137	4.00	68.40	0.75	5.00	3.75	1.00	3.75		7.48	8.31	25.10
16/01/2023	138	0.70	60.50	0.80	4.50	3.60	1.00	3.60			21.35	17.75
17/01/2023	139	0.00	67.30	0.80	2.30	1.84	1.00	1.84	4.6		17.75	15.91
18/01/2023	140	0.00	70.30	0.85	4.60	3.91	1.00	3.91		5.44	6.04	25.10
Total								371.65	155.6	299.95	333.28	

Respuestas.

Lámina neta para alcanzar a CC:	25.10 mm
Lámina neta final:	17.57 mm
Demanda hídrica del cultivo de cebolla	371.65 mm
Cuanto he irrigado en los 140 días:	333.28 mm
Cuántos son las necesidades netas en 140 días	299.95 mm
Contribución de lluvia para el cultivo	71.70 mm
Lluvia total	155.60 mm

Anexo 5. Ficha de control fitosanitario

FICHA DE CONTROL FITOSANITARIO				Cultivo: Cebolla (<i>Allium cepa</i>) Equipo: Mochila de 20 L Horario Fijo: 08:00 AM	
Monitoreo y Aplicación Preventiva					
1. DATOS GENERALES DEL LOTE					
Parcela / Lote:	POTRERO C2		Superficie:	222.6 m²	
Etapas Fenológicas:	DESARROLLO VEGETATIVO		Horario Fijo:	08:00 AM	
Estrategia Aplicación:	Preventiva (Frecuencia: c/ 20 días)		Responsable / Tesista:	Erica Ovalle Cervantes	
2. CRONOGRAMA Y REGISTRO DE APLICACIONES					
FECHA / HORA	OBJETIVO FITOSANITARIO	PRODUCTO / ING. ACTIVO	DOSIS / MOCHILA (20 L)	ESTRATEGIA / HORARIO	
20/09/2022 08:00 AM	Mildiu <i>Peronospora destructor</i>	Vitavax (Carboxin + Thiram)	30 g / 20 L	Preventivo (c/20d) 08:00 AM	
10/10/2022 08:00 AM	Trips <i>Thrips tabaci</i>	Cigaryl (Insecticida)	30 g / 20 L	Preventivo (c/20d) 08:00 AM	
30/10/2022 08:00 AM	Mildiu / Trips	Vitavax + Cigaryl	30 g c/u / 20 L	Preventivo (c/20d) 08:00 AM	

Anexo 6. Evaluación de número de raíces

Número de raíces 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>
85	51	35	43
84	43	77	49
79	65	48	53
65	70	56	59
95	63	38	58
63	60	50	48
58	57	79	49
98	48	35	62
65	52	70	58
42	67	45	51
68	38	59	64
47	67	60	62
67	57	48	53
76	46	50	59
39	44	73	61
71	58	88	48

Número de raíces 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>
52	98	46	70
84	86	61	59
59	56	89	44
68	60	83	68
83	96	71	60
84	48	81	58
75	47	77	60
53	80	78	48
49	51	56	66
106	48	61	55
56	43	70	72
79	58	59	66
67	52	112	52
71	47	56	78
49	92	91	58
58	50	50	68

Número de raíces 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>
69	83	64	98
74	91	58	72
65	67	68	72
79	58	73	91
63	55	54	92
81	58	65	68
66	94	83	74
77	74	51	77
76	50	74	82
83	140	85	89
57	107	67	79
55	67	83	59
80	56	58	67
64	48	87	64
95	78	61	59
68	79	98	74

Número de raíces 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>
61	86	75	63
55	77	55	65
65	52	72	59
57	43	66	62
55	100	59	59
64	97	61	68
52	69	65	58
55	51	84	62
51	68	72	73
63	82	65	59
72	90	71	57
51	68	73	54
38	50	52	101
43	41	69	57
48	49	62	58
57	46	72	75

Anexo 7. Evaluación de 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>
15	11	9	9
9	12	11	10
13	12	9	9
9	14	12	12
11	13	10	8
10	10	9	9
14	11	10	8
15	11	8	7
11	10	12	7
10	14	9	8
13	9	8	11
8	8	9	12
25	14	8	9
14	10	9	10
9	9	8	9
11	8	12	8

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>
11	9	12	14
10	11	11	15
10	9	9	12
10	10	16	11
11	12	12	10
10	9	11	11
11	8	11	10
12	9	11	12
11	9	9	15
13	8	8	12
10	8	9	11
13	8	11	16
12	9	18	10
11	9	14	13
10	14	13	10
9	10	9	13

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>
13	12	13	15
15	13	11	14
14	11	13	13
18	13	10	11
13	11	13	13
16	10	13	11
18	14	10	12
12	20	13	16
20	13	18	15
15	15	10	12
14	17	13	12
13	18	11	13
13	11	11	10
12	11	17	14
14	11	10	17
13	14	11	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>
14	15	10	17
13	17	9	12
15	13	11	10
14	10	10	16
13	12	13	11
14	11	12	20
13	11	15	11
16	10	18	11
13	16	13	10
14	16	14	12
13	17	12	10
11	13	13	13
11	11	9	12
10	13	11	10
10	11	13	13
11	12	12	12

Anexo 8. Evaluación del diámetro del pseudotallo

Diámetro 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>
2.6	1.8	1.8	1.5
2	1.7	1.2	1.6
2.5	2	1.8	1.1
1.5	2.5	2	1.7
1.9	2.4	1.5	1.2
2.3	1	1.4	1.4
2.1	1.6	2.3	1.9
2.6	1.7	1.4	1.4
2.6	1	2.5	1.5
2.1	2.3	1	1
2	1.4	1.5	1.5
1.4	1.3	1.5	2
3.2	1.8	1.4	2
2	1.2	1.2	1.8
1	1	1.3	1.7
1.5	1.1	2.4	0.9

Diámetro 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>
2.3	1.7	2	2.8
2.3	2.2	2.4	2.6
1.5	1.7	1.4	2.2
2.3	1.4	2	2.5
1.7	2.1	1.5	2.4
2.3	1.2	1.7	2
2	1.8	2.8	2
2	1.5	1.8	2.2
1.2	2	1.5	1.8
2	2	1.8	1.5
1.2	1	1.3	1.4
3	2	2	1.9
2.2	1.5	2.5	1.2
2.2	1.4	2	1.5
1.5	1.5	2.4	1.8
1.6	1.5	2	2

Diámetro 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>
2.5	2.5	2.2	2.2
3	2.2	1.8	2.4
3	2.1	1.6	2.5
3	2	1.6	2
2.7	1.6	2.1	2.2
2.6	1.3	2	3
2.1	2.1	1.8	2.8
2.1	3.1	2	3.5
2.6	2.7	2.5	2.2
2.1	3	1.6	2.1
2.5	3.5	2.7	2.5
2.6	2.6	1.9	3.2
1.8	2.1	2.2	2.5
2.8	2.4	3	2.5
2.4	2.5	1.4	2.7
2.3	3	2	2

Diámetro 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>
3	2	1.9	2.6
2.8	2.2	1.6	1.7
3	2.1	1.5	1.4
2.6	2.4	2	2.5
2.5	2.5	2	2.8
2.2	2.8	1.4	2
2	2.3	2.5	1.7
2.6	1.6	2.4	1.5
2.3	1.8	2	2.5
2.2	3.2	1.9	2
2.5	2.9	2.5	1.3
1.5	1.7	2	2.4
1.4	2.2	2	2
1.5	1.5	2.1	2
2.4	2	2	2.3
2.8	2	2	2.2

Anexo 9. Evaluación de altura de planta

Diámetro 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>
68	47	47	40
62	49	53	49
67	58	49	42
43	62	59	48
55	57	49	47
64	49	50	39
53	50	51	48
62	56	49	47
68	47	58	44
50	55	49	41
43	49	53	48
24	39	48	53
70	44	39	49
60	46	44	52
41	40	39	44
50	39	49	41

Diámetro 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>
62	58	46	59
60	62	60	63
50	57	58	64
60	50	60	68
69	53	57	64
59	58	48	66
56	48	62	57
58	50	54	56
50	55	56	68
61	47	59	58
42	48	54	56
68	50	50	58
57	62	55	59
67	59	59	53
56	53	63	51
46	54	60	57

Diámetro 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>
65	62	59	74
66	68	56	65
70	65	66	66
68	57	61	63
60	59	63	60
65	50	65	67
60	63	60	65
63	72	66	74
58	54	69	64
59	77	67	60
61	78	65	65
59	77	58	64
60	60	59	63
61	58	70	67
72	76	52	64
58	72	56	59

Diámetro 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>
60	60	51	67
58	65	53	62
65	49	49	56
68	50	55	62
63	51	57	60
64	62	61	65
57	59	64	60
66	40	62	58
50	70	61	61
68	70	55	58
62	55	64	62
56	57	61	60
49	59	57	62
50	55	63	66
53	52	65	77
66	67	58	64

Anexo 10. Evaluación de la longitud polar de bulbo

Longitud polar de 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>
8	8	8.5	9.2
9.8	10.5	7.5	7.4
10	8.5	8.2	7.5
7.3	8.5	9.2	7.6
7.7	9.4	7	8.4
9.8	8.7	8.4	7.8
9.2	9	9.3	7.8
9.3	8.7	8.4	9.7
9.5	8.3	8.5	7.8
8.9	8.8	10.5	7.2
9	8.9	7.5	9.3
7	7.5	8.5	8
8	7.9	7.3	8.6
7.4	8	6.8	10.2
7	7.6	6.8	7.8
7.2	6.5	8.4	9

Longitud polar de 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>
8.5	9.9	9.9	9.9
8	9.4	10.5	11
8.5	10.3	10	9.9
10.5	8.5	9.5	10.8
8.7	8.4	10	9
9.1	8	9.1	8.6
9.5	9.5	9	8.5
9.2	8.8	10	9.7
9.5	9.8	10	8.5
7.5	10	8.6	8
7	8.7	9.4	7.8
11.8	11	10.1	10
9.6	7.7	10	9.4
10.5	9	9.5	9
10.4	9.1	9.4	11.3
9.8	9	10.5	8.6

Longitud polar de 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>
11	11.4	11.8	9.5
12	11.1	8.9	10
12	10.7	11.2	10
11.4	8.6	10	9
10.9	9.8	11.6	9.5
11.5	9.5	10.6	11.8
11.7	8.8	8.7	12.5
9	10.4	9.8	12.5
8	10.2	12	10
8.5	12	9.2	10.4
8	10	11.5	11.1
8.8	10.8	10	11
9	10.8	9	10.5
10	10.8	12.7	12.7
8.3	9.8	10	12
9	9	9	12.8

Longitud polar de 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>
10	11.6	9.2	10
9.5	10	9.6	9.2
9.4	9	7.5	8.5
11	10.4	8.8	9.7
9	11.9	10.8	11.2
10	8.5	10.2	9.5
8.5	11.2	12	9.8
10	10	8.5	8.5
9.8	9.5	10.2	9
11	12	10	8.5
10.5	12	9	10.2
11	10	12	10.1
9	12.1	8.6	9.8
8.9	8	10.5	12.3
8.9	9.5	9.5	10.4
9	9	9.6	10.5

Anexo 11. Evaluación del diámetro ecuatorial del bulbo

Diámetro ecuatorial 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>
8	9	8.1	8
6.8	7.9	8.7	8.6
6.2	8.9	8.3	8.2
8.5	9.4	7.4	7.8
8.1	8.5	8	7.6
7.9	7.7	8.5	7
8.2	8.5	7.4	7.9
7.4	8.9	6.4	6
8	7.5	8.2	6.4
8.5	8.7	5.5	8.6
6.9	7.8	6.5	7.1
8.3	7.6	7	7.8
8.9	7.2	8.5	8.5
7	8.4	7.3	7,4
7.4	8.1	7.5	8.8
8.5	8.6	7.5	7.4

Diámetro ecuatorial 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>
9	7.7	9.2	8.3
9.6	8	9.7	7.7
9	9.1	8	8.8
7.8	9.5	8	8.2
10.2	10.7	8.5	7.6
8.6	8.4	7.8	8
9.4	8.2	9.7	8.4
8.5	9.8	9.4	7.5
8.5	8.4	9.2	8.4
8.7	8.8	9.3	8
9.8	8.5	8.6	9.5
8.4	8	10	8
9.4	9.6	9.6	8
7.5	9.2	9.9	8.6
10.5	8.8	10	8.4
8.4	8.5	8	8

Diámetro ecuatorial 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	9.5	9.5	11.8
10.5	10	9.4	9.9
9	10	8.5	10.4
11.3	10.5	10.2	11
9	10.4	9.5	9.8
10.2	9.8	10.1	9
9	10.6	10.5	8.9
9.4	10.5	10.4	8.5
10.7	9.4	9.5	10
10	9.5	10.2	9
14.7	10.2	8.4	8.5
9.4	10.5	10.9	10
9.1	11.6	10.8	10
9.5	9.5	8	8.5
9.7	10.1	10	8.6
10.5	13	10.5	10.4

Diámetro ecuatorial 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>
8	8.7	9.6	9.6
9	10.3	9	9
8.8	9.5	10	9.6
8	9.2	9.7	9.5
8.5	9	7.7	8.4
8.6	8.5	9.4	9.4
8.9	8	9.7	9
8.5	8	10	9.3
8	8.5	9.7	9.6
7.8	8	10	10.1
7.5	9	8.9	8.6
9	9.5	9.8	8.4
8.8	8.5	9	10.1
9.6	9.5	8.7	8
9	9	9	9
8.5	8	8.6	10.2

Anexo 12. Evaluación del peso del bulbo

Diámetro ecuatorial 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>
300	390	219	349
354	354	296	322
237	341	360	250
299	388	237	317
280	380	270	263
353	293	289	230
352	347	282	254
291	380	170	178
336	246	286	184
395	380	230	315
153	294	165	263
120	252	224	285
379	204	295	318
205	317	167	302
197	265	222	323
293	300	293	253

Diámetro ecuatorial 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>
403	359	439	378
372	316	500	475
371	436	372	452
356	396	354	396
490	466	341	290
364	351	317	324
467	388	315	298
374	431	496	327
364	391	446	298
314	382	404	295
400	354	365	339
435	398	493	332
444	395	441	373
358	404	462	324
488	350	497	378
358	359	430	299

Diámetro ecuatorial 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>
593	455	478	805
719	638	436	482
479	493	451	569
734	452	528	560
450	465	473	454
526	486	539	477
572	509	563	474
506	531	610	458
490	467	539	443
480	580	521	420
512	538	425	430
456	572	579	540
427	702	444	480
494	496	421	469
420	511	506	500
516	757	494	660

Diámetro ecuatorial 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>
386	502	427	418
430	496	384	395
355	437	425	427
500	466	440	455
342	478	376	409
390	350	353	460
423	370	490	401
460	345	368	386
347	340	426	516
346	451	464	464
327	491	372	448
435	470	513	417
385	421	365	562
468	400	382	539
352	380	394	380
350	360	405	502