

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**TESIS:**

**Efecto de fertilizantes hidrosoluble y liberación lenta en el  
rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán, 2750 m.s.n.m.,  
Ayacucho, 2023**

Para optar el título profesional de:  
**INGENIERA AGRÓNOMA**

PRESENTADO POR:  
**Bach. Hilda Elena RAMIREZ PALACIOS**

ASESOR:  
**Ing. Orlando Fidel SULCA CASTILLA**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

## DEDICATORIA

*A Dios, por ser mi guía constante y fortaleza en situaciones inoportunos, por darme la vida y salud.*

*A mis amados padres, por su amor incondicional, por ser mi guía y ejemplo a seguir, sobre todo, por confiar en mí.*

*A mis hermanos (as), por ser cómplice de mis sueños hecho realidad hoy en día, por ser mi apoyo moral.*

*A mis amigos, por ser parte de mis aventuras y mi sueño, por las risas, los consejos, gracias por estar ahí, cada uno a su manera, impulsándome a seguir adelante.*

*Hilda E.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), alma máter de mi formación profesional, por brindarme la formación académica. Por permitirme forjar no solo los conocimientos, sino también convicciones y principios para mi vida.

A la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), específicamente, a la Escuela Profesional de Agronomía, y también a los docentes, por haberme inculcado y compartido sus conocimientos y experiencias profesionales.

Al Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla, por guiarme como asesor y apoyarme durante el desarrollo de la tesis. Su guía experta, paciencia y exigencia en el proceso fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. Agradezco también la confianza depositada en mí y las valiosas enseñanzas que quedarán como parte esencial de mi formación.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
ÍNDICE GENERAL .....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE ANEXOS .....	8
RESUMEN .....	9
INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1. Antecedentes .....	12
1.2. Cultivo de la cebolla, origen y generalidades .....	13
1.2.1. Clasificación taxonómica .....	15
1.2.2. Descripción botánica .....	15
1.2.3. Fase fenológica .....	16
1.2.4. Requerimientos nutricionales primarios .....	17
1.2.5. Requerimientos nutrientes secundarios .....	18
1.3. Necesidad hídrica del cultivo.....	19
1.3.1. Transpiración .....	20
1.3.2. Evapotranspiración .....	20
1.4. Fertirriego .....	21
1.5. Fertilizantes para fertirriego.....	22
1.5.1. Características generales.....	23
1.5.2. Compatibilidad de los fertilizantes .....	24
1.6. Fertilizantes hidrosolubles.....	25
1.6.1. Nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ).....	25
1.6.2. Nitrato de calcio .....	26
1.6.3. Fosfato monoamónico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ).....	26
1.7. Fertilizantes de acción lenta encapsulados.....	27
1.7.1. Fertilizante de liberación lenta.....	27

1.7.2. Basecote Plus 3M 16-8-12 (+2+TE).....	28
1.7.3. Ritmo de cesión de nutrientes en los abonos recubiertos.....	28

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

1.8. Localización.....	30
1.8.1. Ubicación específica.....	30
1.8.2. Ubicación política.....	30
1.8.3. Ubicación geográfica.....	30
1.9. Antecedente del terreno .....	32
1.10. Características climáticas.....	32
1.11. características fisicoquímicas del suelo .....	33
1.12. Factores de estudio.....	34
1.13. Tratamientos .....	35
1.14. Diseño experimental .....	35
1.15. Análisis estadístico.....	36
1.16. Material biológico.....	36
1.17. Herramientas y equipo .....	37
1.18. Instalación y conducción del cultivo.....	37
1.19. Evolución de factores de rendimiento .....	41

## CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.20. Altura de la planta.....	43
1.21. Peso total de la planta .....	44
1.22. Número de hojas por planta .....	46
1.23. Diámetro ecuatorial de bulbo.....	46
1.24. Diámetro polar de bulbo .....	49
1.25. Rendimiento de bulbos .....	50
1.26. Correlación de las variables .....	54
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....	57
ANEXO .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Contenido nutricional de cebolla de bulbo y cebollín .....	19
<b>Tabla 1.2.</b> Curvas de absorción de elementos secundario de cultivo de cebolla.....	21
<b>Tabla 1.3.</b> Característica de los fertilizantes hidrosolubles .....	26
<b>Tabla 1.4.</b> Compatibilidad de los fertilizantes solubles .....	27
<b>Tabla 1.5.</b> Combinaciones recomendadas para preparación según compatibilidad en dos tanques .....	27
<b>Tabla 1.6.</b> Liberación de nutriente del Nutricote en función de la temperatura de suelo .....	31
<b>Tabla 2.1.</b> Resumen de balance hídrico de los factores meteorológicos .....	34
<b>Tabla 2.2.</b> Interpretación de las características físico químico del suelo .....	35
<b>Tabla 2.3.</b> Interpretación de relaciones catiónicas .....	36
<b>Tabla 2.4.</b> Tratamientos de aplicación de fertilizante hidrosoluble y liberación lenta.....	37
<b>Tabla 2.5.</b> Descripción de características de las unidades experimentales.....	39
<b>Tabla 2.6.</b> Resumen de cálculo de operación de sistema.....	41
<b>Tabla 2.7.</b> Característica de la cinta de goteo en campo.....	42
<b>Tabla 2.8.</b> Fertilizantes a usar en el fertirriego.....	44
<b>Tabla 2.9.</b> Ley de abonamiento y tipo de fertilizante hidrosoluble, en el cultivo de cebolla...	44
<b>Tabla 3.1.</b> Análisis de varianza de altura promedio de la planta de cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles.....	48
<b>Tabla 3.2.</b> Análisis de varianza de peso promedio de la planta de cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles.....	49
<b>Tabla 3.3.</b> Análisis de varianza de número de hojas promedio de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles .....	51
<b>Tabla 3.4.</b> Análisis de varianza de diámetro ecuatorial de bulbo de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles.....	52
<b>Tabla 3.5.</b> Análisis de varianza de diámetro polar de bulbo de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles.....	54

**Tabla 3.6.** Análisis de varianza de rendimiento de bulbos de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles..... 55

**Tabla 3.7.** Coeficientes de correlación de las variables evaluados en cultivo de la cebolla .... 59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Fases fenológicas del cultivo de cebolla de bulbo .....	19
<b>Figura 1.2.</b> Tasa de absorción de NPK de la cebolla .....	20
<b>Figura 1.3.</b> Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual.....	23
<b>Figura 1.4.</b> Comparativa de los distintos tipos de fertilizantes en el ciclo del cultivo.....	25
<b>Figura 2.1.</b> Mapa de localización del centro experimental donde se realizó el estudio.....	33
<b>Figura 2.2.</b> Climograma de referencia para centro experimental de Canaán.....	35
<b>Figura 2.3.</b> Croquis de la distribución de las unidades experimentales (UE).....	38
<b>Figura 2.4.</b> Croquis de la distribución de las unidades .....	38
<b>Figura 2.5.</b> Diseño del sistema de riego por goteo .....	42
<b>Figura 2.6.</b> Componente del cabezal de riego.....	43
<b>Figura 3.1.</b> Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de peso total de la planta bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.....	50
<b>Figura 3.2.</b> Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de diámetro ecuatorial de bulbo de cebolla bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.....	53
<b>Figura 3.3.</b> Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de rendimiento por hectárea de bulbo de cebolla bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Análisis de prueba de supuestos (normalidad y homogeneidad) de las variables.....	70
<b>Anexo 2.</b> Datos de campo de las variables evaluadas testigo .....	71
<b>Anexo 3.</b> Datos de campo de las variables evaluadas tratamiento basecote.....	72
<b>Anexo 4.</b> Datos de campo de las variables evaluadas tratamiento fertirriego .....	73
<b>Anexo 5.</b> Panel fotográfico del proceso de elaboración de tesis .....	74
<b>Anexo 6.</b> Reporte del análisis de caracterización del suelo Centro Experimental Canaán. ....	78

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de los fertilizantes de liberación lenta e hidrosolubles en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium Cepa* L.), en condiciones de 2750 m.s.n.m. Canaán, Ayacucho, 2023; se realizó el presente trabajo de investigación conduciendo 3 tratamientos que resultan de la aplicación de los fertilizantes (T1: fertilización de liberación controlada, T2: fertilización hidrosolubles y T3: testigo) con 3 repeticiones y 9 unidades experimentales, dispuestos mediante el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA). EL fertilizante de liberación lenta empleado fue BASACOTE PLUS 3M 16-8-12 (+2+TE) y los hidrosolubles fueron: Fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12,5 % N), Nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Nitrato de potasio (45,5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N), Nitrato de calcio (15,5 % N; 26 % CaO) y Sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO). El estudio demostró, que al aplicar basecote influyó con incremento de 38.8% en peso total de la planta, 11.26% en diámetro ecuatorial de bulbo, todos respecto al testigo. Asimismo, se encontró un rendimiento de 78.80 t ha<sup>-1</sup> de bulbos, el cual equivale a un incremento de 36.45% en comparación con el testigo. Al aplicar los hidrosolubles, influyó con un incremento de 40.28% de peso total de la planta, 24.5% en diámetro ecuatorial de bulbo y 39.27% en rendimiento por hectárea de bulbos (82.45 t ha<sup>-1</sup>), todos en comparación con el testigo. En las variables altura de la planta, diámetro polar de bulbo y número de hojas de la planta, no se encontraron respuestas significativas. Este tipo de fertilizantes tuvo un efecto menor que de liberación lenta, por lo que tuvo una influencia intermedia en las variables evaluadas.

**Palabras clave:** *Allium cepa*, basecote, fertilizantes, liberación lenta, hidrosolubles.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2019 según menciona la FAO la producción de cebolla (*Allium cepa*) fue aproximadamente de 97 millones de toneladas y el área cosechada fue de 5 millones de hectáreas con un rendimiento en promedio de 19 t ha<sup>-1</sup>. Esta hortaliza está siendo cultivada en 175 países en una extensión de 5 millones de hectáreas de las cuales Asia presenta mayor concentración alrededor del 60% de producción, entre ellas China cultiva en un 25% obteniendo una producción de 24.7 millones de toneladas seguido de India con una producción de 22.1 millones de toneladas y el tercer productor se encuentra Estados Unidos

En los años de 2001 al 2006 el 98% de la exportación de cebolla se dirigió hacia el mercado de los Estados Unidos y en el año del 2007 la exportación de la cebolla al mismo mercado incremento en 40% en relación al año 2006, a su vez la exportación hacia el mundo creció en un 66% debido a la apertura de nuevos mercados como Colombia principalmente; seguido de Chile, España, Ecuador, Países Bajos y Panamá (Apcho et al., 2017). La producción de cebolla (*Allium cepa* L.) a nivel nacional incrementó a 75,816 toneladas ascendiendo en 25.9% en el mismo año en comparación al mes anterior en el año 2020, este efecto se debió al aumento de áreas sembradas y a ello se complementa las buenas condiciones climáticas en la cual se desarrolla el cultivo. Dentro de los departamentos con mayor concentración de producción es Arequipa en un 60.9% de la producción nacional y a esto se atribuye que ha ido incrementando en un 65.7% con respecto a los años anteriores, los departamentos que presentaron similar comportamiento de incremento de producción son Cusco (39,8 %), Lambayeque (19.4%), Junín (19.3%) y Piura (7.7%). Sin embargo, en los departamentos de La Libertad, Ayacucho, Lima, Ancash e Ica disminuyeron su producción en un, -76.1%, -55.3%, -42.4%, -35.7% e Ica -6.4% respectivamente (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2020).

La aplicación de agua desmedida genera problemas en la producción entre ellas altera la producción y desarrollo del cultivo, el segundo factor que son los problemas fitosanitarios ocasionando asfixia radicular, estas reducen el rendimiento generando pérdidas de sistema productivo (Gallardo et al. 1994).

La producción de la cebolla ha ido incrementando paulatinamente en áreas cultivables en las distintas regiones del país, paralelo a ello la demanda de la hortaliza subió en un 80% al consumo nacional y la apertura de nuevos mercados para la exportación han motivado a la

ampliación de los campos por ende se busca incrementar los rendimientos del cultivo, sin embargo, el mal suministro de los agroquímicos ha generado problemas nocivos al medio ambiente y al suelo. Según la FAO (2013) indica que el uso de los agroquímicos usados de forma indiscriminada está ocasionando en el suelo alteraciones del pH, deterioro de la estructura, desequilibrio de la microfauna y eutrofización.

La contaminación de las cuencas hidrográficas ha sido afectada por la actividad antropogénica principalmente por la agricultura, dado los estudios este fenómeno de contaminación se denomina contaminación difusa ya que este se distribuye en las cuencas y las principales sustancias registradas se atribuyen al nitrato y fosfato como restos de los procesos de fertilización. (Rojas et al., 2020)

El elemento contaminante más nocivo se considera al nitrógeno ya que presenta menor eficiencia en la retención del suelo llegando a perder entre 50 a 100 por ciento y dentro de las soluciones se atribuye es a los fertilizantes de liberación lenta ya que mejora la eficiencia mediante su lenta transformación al estado en la que la planta lo usará donde será asimilado por la raíz de la planta (Ballestes et al., 1998).

**Objetivo general:**

Determinar el efecto de la fertirrigación y los fertilizantes de liberación controlada mediante el riego por goteo en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium Cepa* L.), en Canaán a 2735 m – Ayacucho, 2023.

**Objetivo específico:**

1. Evaluar el efecto de los fertilizantes hidrosolubles aplicados mediante fertirriego por goteo en el rendimiento de cebolla roja arequipeña en el Centro Experimental Canaán – UNSCH.
2. Determinar el efecto del fertilizante de liberación controlada en un sistema de riego por goteo en el rendimiento de cebolla roja Arequipeña, en el Centro Experimental Canaán – UNSCH.
3. Comparar los valores de rendimientos de cada tratamiento bajo condiciones de los parámetros de rendimiento en el cultivo de cebolla roja arequipeña.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes

Simelane et al. (2024), realizaron trabajo de investigación llevado a cabo en la granja experimental Hygrotech en Dewagensdrift, Pretoria en el periodo de marzo a noviembre de 2019 y 2020 en el cultivo de la cebolla, con la finalidad de evaluar los efectos de fertilizante de liberación controlada denominado cianamida cálcica ( $\text{CaCN}_2$ ), donde las variables evaluadas fueron: parámetros agronómicos, calidad de cebolla de días corto. En este trabajo se aplicaron 6 niveles de fertilizante, 90, 120, 200, 400 y 600  $\text{kg ha}^{-1}$ , el riego aplicado fue bajo aspersión. En los resultados, concluyeron que el nivel de 400  $\text{kg ha}^{-1}$  influyó de manera significativa en altura de las plantas, número de las hojas, el peso y diámetro de bulbos. No obstante, la dosis más alta influyó de manera negativa en los parámetros agronómicos evaluadas. Este fertilizante aplicado, mejoró las pérdidas pos cosecha y rendimiento de los bulbos.

Redy y Shiferaw (2024) realizaron trabajo de investigación en el cultivo de la cebolla, con la finalidad de evaluar el efecto combinado de fertilización orgánica y nitrogenado hidrosoluble en el rendimiento y desarrollo vegetal. Aplicaron niveles de nitrógenos en 0, 46 y 92  $\text{kg ha}^{-1}$ , donde los resultados relevantes fueron, que a medida que se incrementaba los niveles de fertilización, los rendimientos del cultivo cebolla se mostraron con aumento notable, 62.52  $\text{t ha}^{-1}$ .

Geisseler et al. (2021) realizaron trabajo de investigación en el cultivo de la cebolla, con la finalidad de evaluar el efecto de una fertilización de liberación controlada llamada Osmocote en el rendimiento del cultivo. El experimento se realizó en condiciones de campo abierto, donde el Osmocote se aplicó a un nivel de 80  $\text{kg ha}^{-1}$ . Los resultados más importantes se mostraron que al aplicar el Osmocote encontraron poco efecto en el rendimiento, no obstante, cuando se

duplicó la dosis a 160 kg ha<sup>-1</sup> de Osmocote, se observó un aumento significativo en el rendimiento. Al final, concluyeron que los efectos de fertilizantes de liberación lenta también están influenciados factores externos, lo cual podría afectar su eficiencia de absorción en los cultivos.

Shakeel et al. (2024) evaluó la investigación del efecto de fertilizantes nitrogenados de liberación controlada en el rendimiento del cultivo de cebolla. En este estudio, Boro (B), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Cobre (Cu) se recubrieron sobre urea en sus proporciones recomendadas completas. Paralelamente, se utilizaron tratamientos con urea recubierta con *p*-fenilendiamina (PPD-0.2 %, 0.4 %, 0.6 %, 0.8 % y 1.0 %) e hidroquinona (HQ-0.5 %, 1.0 % y 2 %), utilizando urea recubierta solo con acetona como control interno. El tratamiento con urea sin recubrir se utilizó como control general. Entre estas combinaciones de recubrimiento, se observaron incrementos de rendimiento de bulbos del 54.26 % y 44.82 % con urea recubierta (Fe+Zn)-completa y PPD-1 %, respectivamente, en comparación con la urea sin recubrir en el experimento de campo. Sin embargo, el incremento del 33.33 % en la eficiencia agronómica del nitrógeno (ENA) y las ganancias económicas subsiguientes demostraron que la aplicación de urea recubierta con (Fe+Zn) es una solución para abordar las pérdidas de N en suelos calcáreos alcalinos.

Guo et al. (2020) realizaron investigación sobre el efecto de fertilizantes hidrosolubles y de liberación controlada en el cultivo de yuyo o llamado también colza (*Brassica campestris* L.). Este fertilizante nitrogenado soluble y de liberación lenta resultó en mayores rendimientos y eficiencias en el uso del nitrógeno en plantas de colza en comparación con un fertilizante de urea estándar. Los rendimientos de las plantas de colza tratadas con una mezcla de fertilizante de liberación lenta y urea (100%) fueron significativamente superiores a los de los demás tratamientos. La eficiencia en el uso del nitrógeno para los tratamientos con el fertilizante en estudio (liberación lenta) y la mezcla con fertilizantes (hidrosoluble) fue significativamente superior a la del tratamiento con urea (“UREA”) en un 37-52% y un 42-43%, respectivamente. Por lo tanto, el fertilizante mostró un gran potencial para mejorar la producción de colza y posiblemente de otros cultivos.

## **1.2. Cultivo de la cebolla, origen y generalidades**

La cebolla de bulbo pertenece al género *Allium*, donde están agrupados *Allium tuberosum*

(cebollino chino), *A. festulosum* (cebolla de rama), *A. sativum* (ajo), *A. ampeloprasum* (puerro)

La cebolla es originaria de Asia Central, siendo el Mediterráneo el segundo núcleo de diversificación. Posteriormente, estos se propagaron a diversas regiones del mundo (INIA, 2003; Japón, 1982).

A nivel de importancia nutricional, el cultivo de cebolla es ampliamente consumido y posee de compuestos bioactivos y a su amplio uso culinario en diversos países del mundo, la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) es un cultivo potencialmente importante a nivel nutricional en la dieta humana. Algunos compuestos como los flavonoides, en particular la quercetina, que funcionan como antioxidantes naturales y ayudan a prevenir enfermedades crónicas como las cardiovasculares y algunos tipos de cáncer, son abundantes en esta verdura (Griffiths et al., 2002). Además, Lanzotti (2006) afirma que las propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas de la cebolla se deben a la presencia de compuestos organosulfurados.

**Tabla 1.1.** Contenido nutricional de cebolla roja Arequipeña de bulbo.

<b>Nutriente</b>	<b>Valor (de 100g de muestra fresca)</b>
<b>Agua (%)</b>	91-92
<b>Energía (kcal)</b>	34-25
<b>Proteína (g)</b>	1.2-1.7
<b>Grasa (g)</b>	0.3-0.1
<b>Carbohidratos (g)</b>	7.3-5.6
<b>Fibra (g)</b>	0.4-0.8
<b>Ca (mg)</b>	25-60
<b>P(mg)</b>	29-33

Fe (mg)	0.4-1.9
K (mg)	155-275
Vitamina A (UI)	0-5000
Niacina (mg)	0.10-0.20
Ácido ascórbico (mg)	8.4-45.0

Fuente: (Haytowitz y Mattheews, 1984, citado por Zamora, 2016).

### 1.2.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la cebolla, descrita por Carlos Linneo en *Species Plantarum*, citado por Vásquez (2019) se clasifica de la siguiente manera:

- ✓ Reino : Vegetal
- ✓ Sub reino : Embryobionita
- ✓ División : Antophyta
- ✓ Sub división : Angiospermae
- ✓ Clase : Monocotiledónea
- ✓ Orden : Liliflorae
- ✓ Familia : Alliaceae
- ✓ Género : Allium
- ✓ Especie : Ceba
- ✓ Nombre científico : *Allium cepa*

### 1.2.2. Descripción botánica

La morfología y anatomía del cultivo de la cebolla es muy particular y típico del cultivo, Enciso et al. (2019), describe de la siguiente manera:

- a. **Hojas.** Las hojas de la cebolla se disponen en direcciones alternas y opuestas. Presentan una lámina esférica, hueca y fistulosa, y una vaina envolvente, lo que les confiere una forma lanceolada. Se disponen una frente a la otra y de forma alterna. La lámina externa

cubre cada hoja ensanchada cuando una nueva hoja emerge de un orificio creado entre los límites de la lámina y la vaina. En botánica, las vainas circundantes se unen para formar una estructura abultada llamada bulbo tunicado. Una planta suele tener de 13 a 18 hojas, cada una con una capa cerosa que la protege de las enfermedades foliares.

- b. Raíces.** Es de tipo fasciculado, lo que significa que las raíces adventicias emergen de su tallo cónico durante el desarrollo vegetativo. En la planta adulta, estas se expanden lateralmente con una profundidad de 25 cm y un radio de 15 cm.
- c. Tallo.** La base del bulbo subterráneo está formada por una estructura discoidal con entrenudos cortos y uniformemente espaciados. En el centro del disco se encuentra el meristemo apical, que produce las hojas.
- d. Bulbo.** Todos los elementos de reserva se almacenan en las hojas basales más gruesas, a veces llamadas hojas catáfilas, que les dan origen. Los bulbos pueden ser cónicos, globosos, planos, deprimidos y de color blanco, amarillo, marrón, cobrizo, rojo, violeta y morado, según la variedad.
- e. Flores.** Se disponen en inflorescencias lilas o blancas que se asemejan a umbelas. Estas flores son hermafroditas y no autógamas debido a su protandria, que consiste en la liberación de polen antes de que el estigma madure o sea receptivo. Esto da como resultado flores 100 % alógamas (polinizadas de forma cruzada) con una apertura irregular de la flor.
- f. Fruto.** Consiste en cápsula trilocular, puede contener entre uno a dos semillas por cada lóculo, y a veces no llegan a madurar producto de factores climáticos.
- g. Semilla.** Es de color negro y, a medida que envejece, la pérdida de agua hace que su superficie lisa se vuelva rugosa al estar verde. Tras la cosecha, permanece en estado de latencia durante aproximadamente dos semanas.

### ***1.2.3. Fase fenológica***

La primera etapa se da con la aparición de hojas banderas y desarrolla de 12 a 16 hojas creciendo en un periodo de 45 días después de trasplante (ddt), en la segunda etapa da inicio a la formación del bulbo, el tercer estadio inicia cuando se detiene la brotación de nuevas hojas dando paso a la maduración inicial del bulbo y el último estadio da paso a la traslocación de fotosintatos al bulbo, esta se caracteriza por doblarse el cuello y las hojas se tornan amarillas (Zamora, 2016).

**Figura 1.1.** Fases fenológicas del cultivo de cebolla de bulbo



Fuente: (MIDAGRI, s.f.).

#### **1.2.4. Requerimientos nutricionales primarios**

Los nutrientes más absorbidos en el cultivo de cebolla son el N y K, en cuestión de los elementos secundarios más absorbidos se atribuye al Ca y en los microelementos el Fe es más requerido por la planta y el elemento menos demandado es el Cu (Ballestes, Olmos & Anguis, 1998).

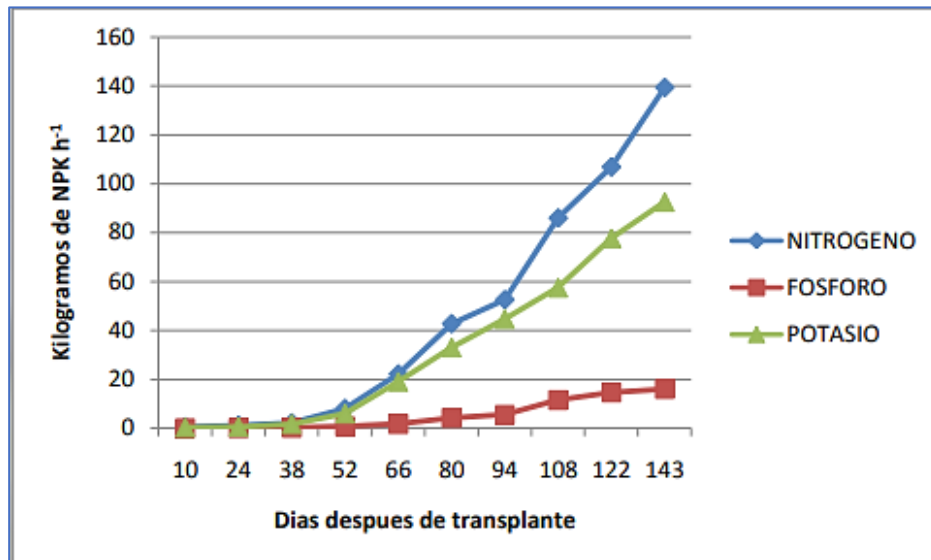
Las concentraciones de los nutrientes N, P, K, Mg, S, Zn y Mn en la planta reduce a medida que avanza las fases del cultivo, sin embargo, el Fe muestra un incremento en la parte aérea y raíz y en cuestión del B presenta un declive en la hoja, pero se mantiene en el bulbo. La participación del nitrógeno se da a partir de los 45 días incrementado a un mayor a los 90 días y a partir de los 105 días este elemento translocas de las hojas hacia la escama de los bulbos y dará paso al ensanchamiento del bulbo, el elemento potasio es absorbido y dirigido a la parte aérea hasta los 105 ddt y posterior a ello el bulbo absorbe en mayor cantidad (Pacheco, 2013).

Según Pacheco (2013) indica que la extracción por tonelada de cebolla es de 3 kg de N; 1.2 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 4.1 kg de K<sub>2</sub>O; 3 kg de Ca y 1 kg de MgO. La cantidad de NPK extraída fue de 139 de N; 15 de P; y 92 de K, para un rendimiento de 42 t ha<sup>-1</sup> y la mayor demanda de fertilizantes se da a partir de los 50 días después de haber trasplantado.

El abonamiento (ej., nitrógeno) o riego, aplicado de forma excesiva o tarde en la temporada, puede atrasar el proceso de maduración de la cebolla y reducir su vida en almacenamiento. El levantar y cosechar cebolla que todavía no esté madura también puede traer problemas durante

el curado, y reducir posteriormente su capacidad de almacenamiento. Además de estos factores críticos que afectan el almacenamiento de la cebolla, también se deben considerar otros, como el control de la temperatura y la humedad relativa durante su almacenaje, el diseño de las facilidades de almacenamiento (incluyendo un buen sistema de ventilación) y la inhibición del rebrote de hojas y raíces. Prácticas inapropiadas relativas a cualquiera de estos factores pueden causar pérdidas durante el almacenamiento y posterior manejo de los bulbos (Pacheco, 2013).

**Figura 1.2.** Tasa de absorción de NPK de la cebolla



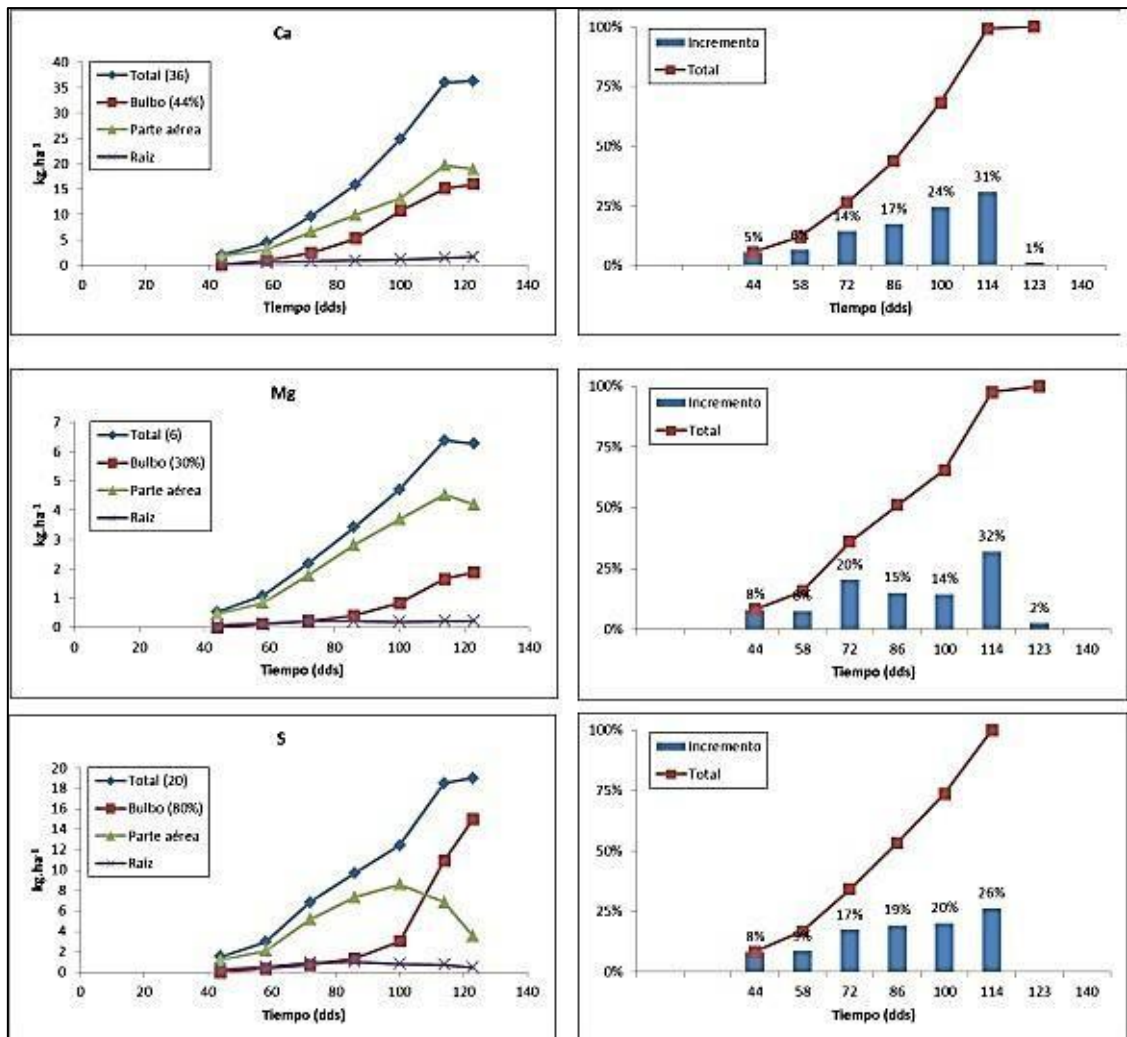
Fuente: (Pacheco, 2013).

### 1.2.5. Requerimientos nutrientes secundarios

En los requerimientos de los micronutrientes, la planta posterior al trasplante absorbe gran cantidad de Ca dirigido al follaje, de los 93 kg de Ca ha<sup>-1</sup> absorbidos el 40% es extraído por la planta en la cosecha, sin embargo, dada su baja movilidad del elemento no presenta traslocación en el bulbo de la parte aérea, a partir de los 60 días después de trasplanta (DDT) presenta mayor contenido del elemento en los tejidos siendo que a los 60 DDT y 105 DDT hay incremento de absorción y el magnesio es absorbido por la parte aérea en mayor proporción hasta los 105 DDT y luego de ello disminuye su absorción, pero simultáneamente presenta incremento en el bulbo, del total absorbido en la cosecha absorbe un 59 %, cabe mencionar que la etapa de mayor absorción se refleja en el último cuarto del cultivo, por lo que es importante aplicar en las etapas avanzadas tanto el Ca y Mg. Al igual que el Mg el S presente el mismo comportamiento, pero la diferencia que este ocurre de forma temprana, el S es más absorbido dentro de los elementos

secundarios en el momento de la bulbificación y el más extraído en el momento de la cosecha con un 79 %. La absorción de los elementos de Ca y Mg son muy semejantes en tiempo, magnitud y comportamiento siendo así que estos elementos se absorben hasta el final de su ciclo, sin embargo, la diferencia de estos elementos es que el S presenta mayor absorción en las últimas etapas fenológicas. De forma general el Ca es el más absorbido relativamente con mayor extracción en la cosecha, seguido es el S y en menor grado el Mg (Pacheco, 2013).

**Tabla 1.2.** Curvas de absorción de elementos secundario de cultivo de cebolla



Fuente: (Pacheco, 2013).

### 1.3. Necesidad hídrica del cultivo

La cebolla, como muchas otras especies agrícolas, requiere riego según la tasa de evapotranspiración (ET<sub>o</sub>) de cada región, así como los coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>) y de

reducción ( $K_r$ ) de cada estación del año, que determinan el número de árboles y la densidad de plantación. La capacidad del suelo para retener agua, el clima, el estado vegetativo de las plantas y el tipo de planta influyen en el número de riegos necesarios y la cantidad de agua utilizada en cada uno. La cebolla necesita volúmenes mínimos, que se estiman típicamente entre 4500 y 5000 m<sup>3</sup>/ha (riego por goteo) y 7000 y 7500 m<sup>3</sup>/ha (riego por inundación), a pesar de su resistencia a la sequía (riego por gravedad) (MIDAGRI, s.f.).

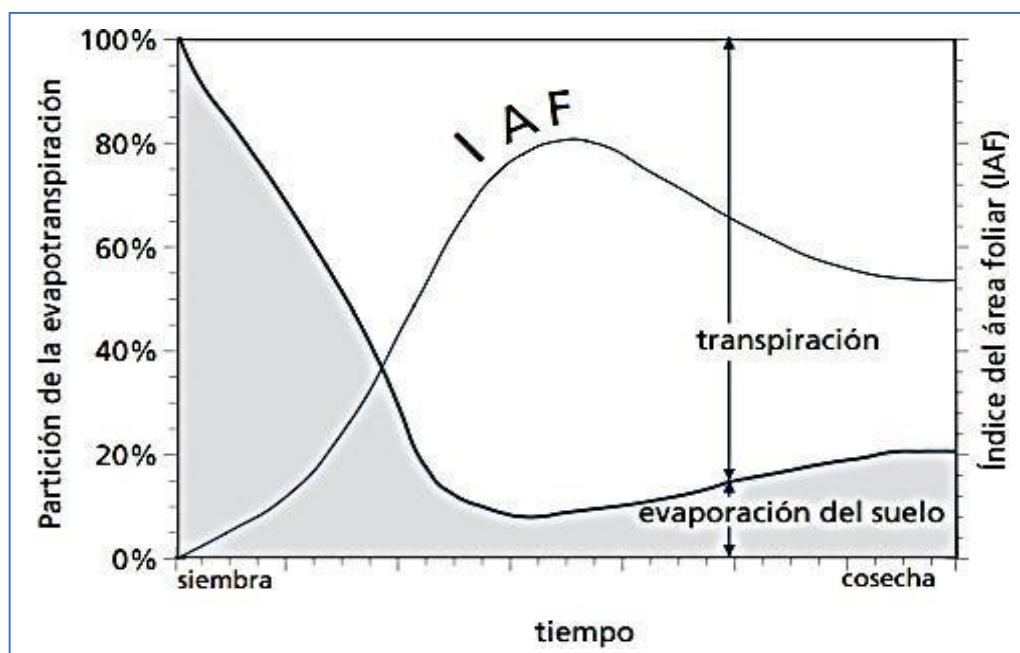
### ***1.3.1. Transpiración***

Es la vaporación de agua de los tejidos de la planta al medio exterior, siendo controladas por las aberturas de las estomas. Parte de la solución del suelo absorbido se pierde y solo cierta parte queda retenida en la estructura vegetal. La transpiración depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento (la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica) también deben ser considerados en su determinación. Así mismo la tasa de transpiración está determinada por la fenología del cultivo, el medio donde se desarrolla y manejo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023).

### ***1.3.2. Evapotranspiración***

La evaporación de la superficie de suelo cultivada es a causa de la incidencia de los rayos solares. Cuando el cultivo está en inicio de desarrollo la evaporación es mayor a medida que desarrolla y cubre la superficie del suelo incrementa la transpiración y esta será la principal pérdida de agua. la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) se desarrolló sin alteración de agua donde se trabaja con un cultivo de pasto está cubierto en su totalidad (FAO, 2013).

**Figura 1.3.** Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual



Fuente: (FAO, 2013).

#### 1.4. Fertirriego

Rodríguez y Guzmán (2004) menciona que el fertirriego es una herramienta esencial para maximizar los rendimientos de los cultivos, como también maximiza el uso de fertilizantes y agua, aumentando así la productividad agrícola. Una dosificación más precisa de nutrientes según los requerimientos de los cultivos se logra con la capacitación técnica adecuada, lo que reduce los costos de producción y aumenta márgenes de ganancia. Este método permite reducir los efectos negativos sobre el entorno ambiental, este método promueve una agricultura más sostenible hacia el futuro.

Bellido y Pino (2000), el fertirriego está enfocada a la producción agrícola sostenible, porque permite el uso adecuado de los fertilizantes, con esto se logra la mejora la absorción de nutrientes por las plantas y reduce las pérdidas por lixiviación. Al automatizar el proceso de fertilización ofrece ventajas útiles, como ahorro de mano de obra y tiempo, así como el dinero. Además, se reducen los costos de producción y se optimiza el uso de insumos al aplicar solo la cantidad necesaria de nutrientes.

Componentes, ventajas y desventajas de fertirriego según Bellido y Pino (2000) se describe a continuación:

- ✓ Cabezal
- ✓ Motor
- ✓ Inyector Venturi
- ✓ Filtros de anillo
- ✓ Válvulas de control

#### Ventajas

- ✓ Dosificación racional de los fertilizantes
- ✓ Ahorro considerable de agua
- ✓ Posibilidad de usar agua de riego de baja calidad
- ✓ Nutrición optimizada del cultivo y, por lo tanto, aumento de rendimiento y calidad del producto.
- ✓ Control de la contaminación por exceso de fertilizantes
- ✓ Mayor eficiencia y rentabilidad de los fertilizantes
- ✓ Alternativas en la utilización de diversos tipos de fertilizantes simples y complejos cristalinos y soluciones concentradas
- ✓ Mayor uniformidad en la distribución del fertilizante, en relación con la aplicación en seco.

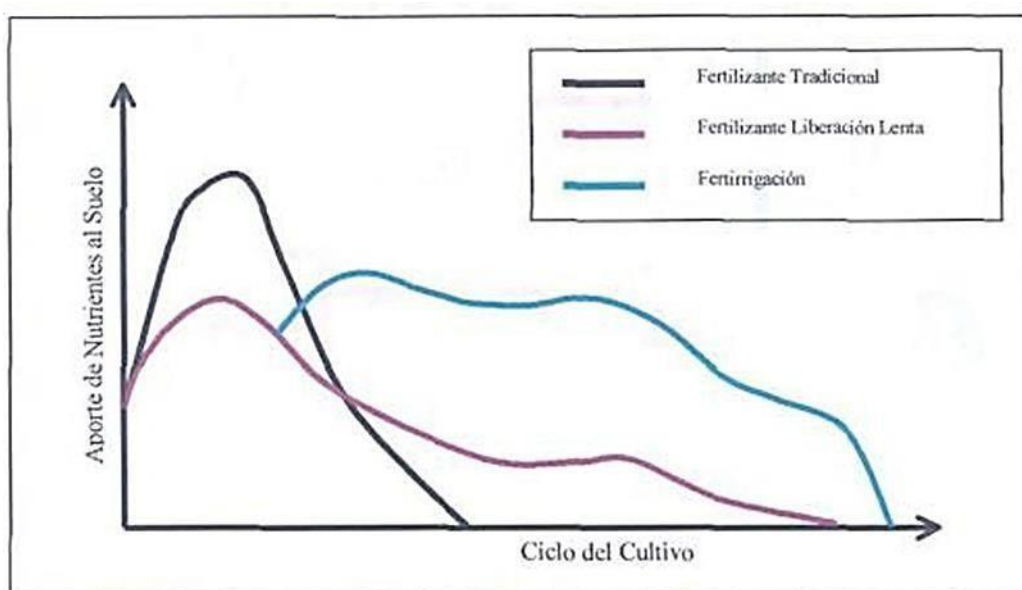
#### Desventajas

- ✓ Costo inicial en infraestructura
- ✓ Obstrucción de goteros
- ✓ Debe ser manejado por personal especializado

## 1.5. Fertilizantes para fertirriego

Como se observa en la Figura 1.4. el fertilizante de liberación tradicional aporta mayor cantidad nutrientes en las primeras etapas fenológicas y luego disminuye a cero a mitad de crecimiento del cultivo siendo la etapa de mayor requerimiento nutricional y en la curva de los fertilizantes de liberación controlada es de forma más prolongada pero no cubre el ciclo del cultivo en su totalidad (última etapa fenológica), en cuestión del fertirriego permite la aplicación de nutrientes de acuerdo a la necesidad de la planta (Bellido & Pino, 2000).

*Figura 1.4. Comparativa de los distintos tipos de fertilizantes en el ciclo del cultivo*



Fuente: (Bellido & Pino, 2000).

Para un adecuado manejo de abonamiento bajo un sistema de riego se debe considerar la composición química, la pureza, la solubilidad, la salinidad y el pH. Cabe mencionar que los fertilizantes deben ser solubles en el agua ya que evitara la obstrucción de los emisores, así mismo es importante destacar la temperatura del agua ya que influenciara en la solubilidad de los fertilizantes (a mayor temperatura mayor solubilidad). El agua tiene la característica de ionizarse y por tanto los fertilizantes solubles presentan una conductividad eléctrica y esta variable nos da a conocer la salinidad de la solución, por lo que se recomienda que los abonos no superen el 1 mS.cm<sup>-1</sup> (mmho/cm), siendo ideal entre 2 a 3 mmhos/cm (Rodríguez & Guzmán 2004)

### 1.5.1. Características generales

#### Solubilidad

Según menciona Ferreyra et al. (2005) se conoce algunos fertilizantes por su alta solubilidad como es el caso de la urea, nitrato de calcio, nitrato de sodio. De mediana solubilidad se conoce al cloruro de potasio, fosfato di amónico y nitrato de amonio; de menos solubilidad se considera al sulfato de calcio, superfosfato triple y sulfato de hierro. En cuestión del fertilizante de urea no ocasiona problemas, sin embargo, si el agua contiene alga (presenta enzima ureasa) presentará inconvenientes y reducirá su eficiencia de uso. El Fosforo es un elemento de baja solubilidad, así mismo se debe tener precaución al aplicarlo debido a que genera precipitación con calcio que contenga el agua de riego convirtiendo fosfato monocálcico a bicálcico y el mismo efecto se observa cuando se combina el Fósforo y Magnesio. Se debe evitar mezclar nitrato de calcio con ácido fosfórico ya que la reacción de ambos genera obstrucción en los emisores debido a la formación de fosfato de calcio. Los microelementos se aplican en forma de quelatos.

*Tabla 1.3. Característica de los fertilizantes hidrosolubles*

Fertilizantes	Solubilidad (g/l)	C.E. (uS/cm)	Reacción
Nitrato de calcio	1200	605	Básica
Nitrato de potasio	300	693	Básica
Sulfato de magnesio	700	410	Neutral
Fosfato monoamónico	200	455	Acido

Fuente: Ferreyra et al. (2005)

### 1.5.2. Compatibilidad de los fertilizantes

Galvis (2009) menciona que para poder mezclar los fertilizantes se debe tomar en cuenta las características de solubilidad y, sobre todo, la compatibilidad, dado que ciertas mezclas podrían generar obturaciones en el sistema de fertirriego. Los fertilizantes nitrato de calcio y sulfato de magnesio, nitrato de amonio y sulfato de potasio son incompatibles. El autor recomienda agregar ácidos, como el ácido nítrico, al inicio para disminuir el pH del agua y evitar la formación de precipitados, asegurando así la eficiencia del sistema de fertirriego. Por otra parte, Calvache (1998), menciona que es muy necesario tener dos contenedores para preparar como

los que contienen Calcio, Magnesio y microelementos, de los que contienen Fósforo y Sulfato.

**Tabla 1.4.** *Compatibilidad de los fertilizantes solubles*

Fertilizante	Urea	NA	SA	Nca	MAP	MKP	AF	NK	SK	SMg	NMg
Urea		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato amónico (NA)	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato amónico (SA)	C	C		X	C	C	C	L	C	C	C
Nitrato de calcio (Nca)	C	C	X		X	X	X	C	X	C	C
Fosfato monoamón. (MAP)	C	C	C	X		C	C	C	C	X	X
Fosfato monopotásico (MKP)	C	C	C	X	C		C	C	C	X	X
Acido fosfórico (AF)	C	C	C	X	C	C		C	C	X	X
Nitrato potásico (NK)	C	C	L	C	C	C	C		C	L	C
Sulfato potásico (SK)	C	C	C	X	C	C	C	C		C	C
Sulfato de magnesio (SMg)	C	C	C	X	X	X	X	L	C		C
Nitrato de magnesio	C	C	C	C	X	X	X	C	C	C	

**C:** Compatible. **L:** Compatibilidad limitada. **X:** Incompatible.

Fuente: (Ferrer, 2009).

**Tabla 1.5.** *Combinaciones recomendadas para preparación según compatibilidad en dos tanques*

Tanque 1	Tanque 2
<b>Fertilizantes sin calcio</b>	<b>Fertilizantes sin fosfatos ni sulfatos</b>
Complejos NPK	Nitrato potásico
Nitrato potásico	Nitrato de Magnesio
Fosfato monoamónico	Urea
Fosfato monopotásico	Nitrato de calcio
Urea	Nitrato amónico
Nitrato Amónico	Acido nítrico
Sulfato potásico	
Acido fosfórico	

Fuente: (Ferrer, 2009).

## 1.6. Fertilizantes hidrosolubles

### 1.6.1. Nitrato de Potasio ( $KNO_3$ )

Se caracteriza por ser altamente soluble en agua superando a sulfato de potasio, este se encuentra en estado puro y generalmente se encuentra en combinación con nitrato de magnesio, calcio y sodio está disponible de forma natural o sintética (el primero se usa como materia prima que son principalmente ricos en nitrato y el segundo se realiza combinaciones industriales para la producción. Este fertilizante es de gran potencial debido a que proporciona potasio libre de cloro el contenido que presenta no es significativo ya que solo contiene menos del 1%, así mismo

está libre de elementos innecesarios ya que no deja residuos debido a que el nitrógeno se encuentra en forma de nitrato por lo que es absorbido en su totalidad por la planta, así mismo el nitrógeno estimula la absorción de los elementos de potasio, magnesio y calcio y reduce la absorción del cloruro de forma opuesta actúa el amonio (Palomino, 2015).

El nitrato de potasio, está compuesto de 13% de nitrógeno ( $\text{NO}_3$ ) en forma de nitrato y 46% de potasio  $\text{K}_2\text{O}$ , de acuerdo a otros autores coinciden que el fertilizante está libre de cloro, sodio, perclorato y por la alta solubilidad se usa en fertirriego y foliar, a su vez el  $\text{KNO}_3$  contrarresta los efectos perjudiciales de cloruro y sodio en el metabolismo de la planta (Ronen, 2015).

### **1.6.2. Nitrato de Calcio**

Es un fertilizante de reacción alcalina, de la cual mantiene el pH del suelo. Se obtiene buenos resultados en suelos pesados y especialmente en los salino-alcalinos. Cuando se describe al fertilizante nitrato de calcio, se describe a una sal doble de nitrato de calcio y nitrato de amonio y es una de las sales de fácil manipulación como producto granular, para la obtención de este fertilizante paso por diversas transformaciones de ellas se conocen tres materias primas: la piedra caliza, el ácido nítrico y el nitrato de amonio (Balderas, 1978)

El Nitrato de Calcio básicamente es una fuente de calcio, pero también aporta nitrógeno en la solución de fertirriego, además la aplicación del fertilizante beneficia para reducir el exceso relativo de Na y prevenir la degradación de la estructura del suelo, como también equilibra el aporte de Mg. Así mismo se le atribuye a la prevención de alteraciones fisiológicas por la baja movilidad del Ca ocasionando la podredumbre apical (Rodríguez y Guzmán, 2004).

### **1.6.3. Fosfato Monoamónico ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )**

El fosfato monoamónico (MAP) contiene fósforo y nitrógeno y este contiene más fósforo (P) en comparación de otros fertilizantes, el contenido de MAP varía de 48% a 61% esto dependerá de las impurezas que presente. La composición más representativa es de 11-52-0 y la solubilidad en agua es 370 g/l a 20°C el pH en la solución está entre 4 a 4.5 siendo moderadamente ácido, son bastante solubles en el suelo con humedad, se libera en amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) Y ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Para la aplicación en agua se recomienda no combinar con calcio o magnesio (Internacional Plant Nutrition Institute [IPNI], s.f.).

## **1.7. Fertilizantes de acción lenta encapsulados**

Según Gonzales et al. (2005) indica que la Asociación Americana del Control Oficial de Planta y Alimento (AAPFCO), define a los fertilizantes de liberación lenta como nutrientes para las plantas en diversas formas. Estos fertilizantes retrasan su disponibilidad inmediata a la planta, conllevando a una disposición de largo tiempo. Se conocen dos términos de fertilizantes de liberación lenta y liberación controlada, según la AAPFCO los define con el mismo concepto, sin embargo los fertilizantes de liberación lenta son descompuestos por microorganismos biológicos ya que estos son productos nitrogenados como UFs (urea – formaldehidos) y los de liberación controlada son encapsulados donde presentan varias formas de recubrimiento semipermeable, polímeros insolubles en agua o por hidrólisis lenta descompuestos solubles.

### ***1.7.1. Fertilizante de liberación controlada***

Los fertilizantes de liberación controlada tienen mayor aprovechamiento de los nutrientes ya que se encuentra disponible en un mayor tiempo, para las plantas evitando posibles pérdidas de este nutriente. Entre ellas el fertilizante urea-formaldehido fue el primer fertilizante nitrogenado conocido, de las cuales se menciona las siguientes ventajas (Gonzales et al., 2005).

Según Gonzales et al. (2005), las ventajas de estos tipos de fertilizantes son las siguientes:

- ✓ Reduce la toxicidad en comparación a los fertilizantes convencionales, ya que estas al diluirse presenta altas concentraciones iónicas en el suelo.
- ✓ Reduce pérdidas de nutrientes relacionados a los productos nitrogenados.
- ✓ Reduce la contaminación ambiental, debido a que atenúa la evaporación del amonio, restringe la pérdida por lixiviación afectando las napas freáticas.

En el mercado se conocen diversas variedades de recubrimiento al fertilizante, como asfaltos, urea formaldehído, carbonato cálcico, silicato cálcico, roca fosfática, cemento Portland, polímeros, etc. De los cuales estas presentan características en común como deben ser poco solubles, inactivos, inocuos, biodegradable y de fácil aplicación. La liberación de este producto varía de acuerdo al tipo de cubierta, grosor y composición (Ballester, Olmos & Anguis, 1998).

Según Bilbao (1994, como se citó en Gonzales et al. 2007) menciona que entre los tipos de

recubiertas de los fertilizantes de liberación lenta la urea-formaldehído es uno de los primeros recubiertas nitrogenadas investigadas y aplicadas al mercado por su eficiencia. Se considera que la producción de la recubierta demanda alto costo ya que se requiere rigurosidad en las condiciones de reacción que se debe mantener en el proceso de trabajo en ello se toma en consideración con el pH, temperatura, relación molar, tiempo de la reacción, etc., a fin de obtener un polímero de cadenas largas y reticuladas.

### **1.7.2. *Basacote Plus 3M 16-8-12 (+2+TE)***

Es un fertilizante compuesto de liberación controlada que están recubiertos con una membrana elástica (poligen), a su vez está protegida contra la helada y cambios bruscos de temperatura, así mismo la membrana que recubre al fertilizante es liberada en función a la humedad y temperatura que está presente en el medio. La elección se realiza de acuerdo al ciclo fenológico (Campo expert, 2021).

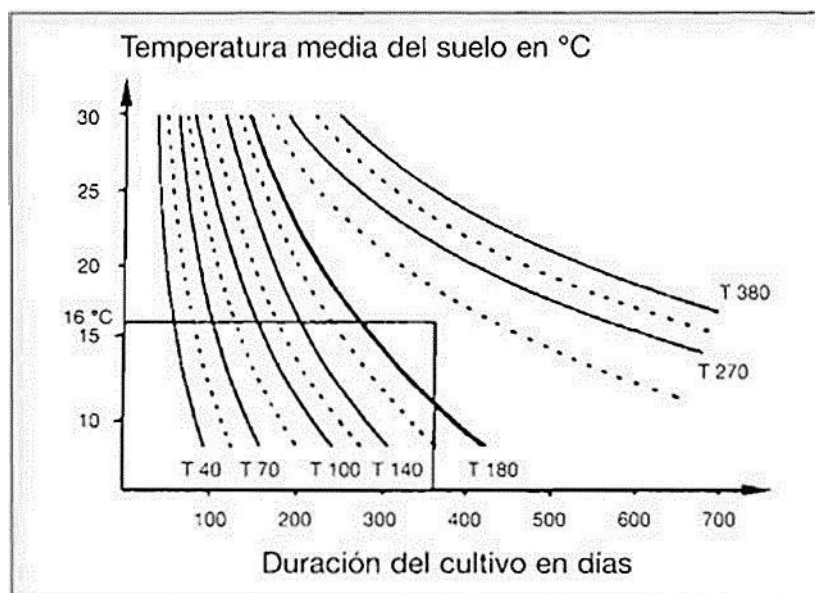
### **1.7.3. *Ritmo de cesión de nutrientes en los abonos recubiertos.***

La liberación de los nutrientes en los abonos con recubierta está determinada por la temperatura y esta se desenvuelve de forma correcta entre el rango de 10°C a 20°C. el tiempo de liberación está afectada por el modo de aplicación en el suelo, se recomienda la aplicación superficial ya que la oscilación de riego alternada influye considerablemente en su liberación. Los abonos de liberación lenta son compuestos, pero en el núcleo generalmente se encuentra abono nitrogenado de forma de abono nitrogenado puro o en forma urea. Se conoce los fertilizantes Osmocote Plus 11-22-9+6, de 8-9 meses. Nutricote 13-13-13+2, de 3,5 meses. Basacote 6M 14-10-13+2, de 5-6 meses. Plantacote 4M 14-9-15, de 4 meses. El aporte de los nutrientes de Osmocote libera los nutrientes en 1% por día para los periodos de 3-4 meses y 4% diario para los productos de 8 a 9 meses y la mitad de su contenido se libera en la mitad de su periodo. La liberación de N es más precoz con cesión del 9% en las primeras semanas y con máxima en la séptima semana. En cuestión del fósforo y potasio en las presentaciones de 3-4 meses como los de 8-9 meses evidencian su liberación en los primeros meses (Ballester, Olmos & Anguis, 1998).

Según menciona **Mendoza y Bautista (2020)** el uso de Osmocote plus (OS) y Basacote plus (BI) en la fertilización promueven el desarrollo de las plantas, pero no en los sólidos totales en tallo. A su vez el Osmocote plus desarrolla un mayor crecimiento de la planta en número de

hojas, altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco de hoja y tallo, en combinación del OS + BI se obtuvo mayor peso fresco de raíz (Ballester, Olmos & Anguis, 1998).

**Tabla 1.6.** Liberación de nutriente del Nutricote en función de la temperatura de suelo.



Fuente: (Ballester, Olmos & Anguis, 1998).

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Localización

##### 2.1.1. *Ubicación específica*

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Canaán, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, a 2750 m.s.n.m.

##### 2.1.2. *Ubicación política*

Región : Ayacucho

Provincia : Huamanga

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Lugar : Centro Experimental Canaán - UNSCH

##### 2.1.3. *Ubicación geográfica*

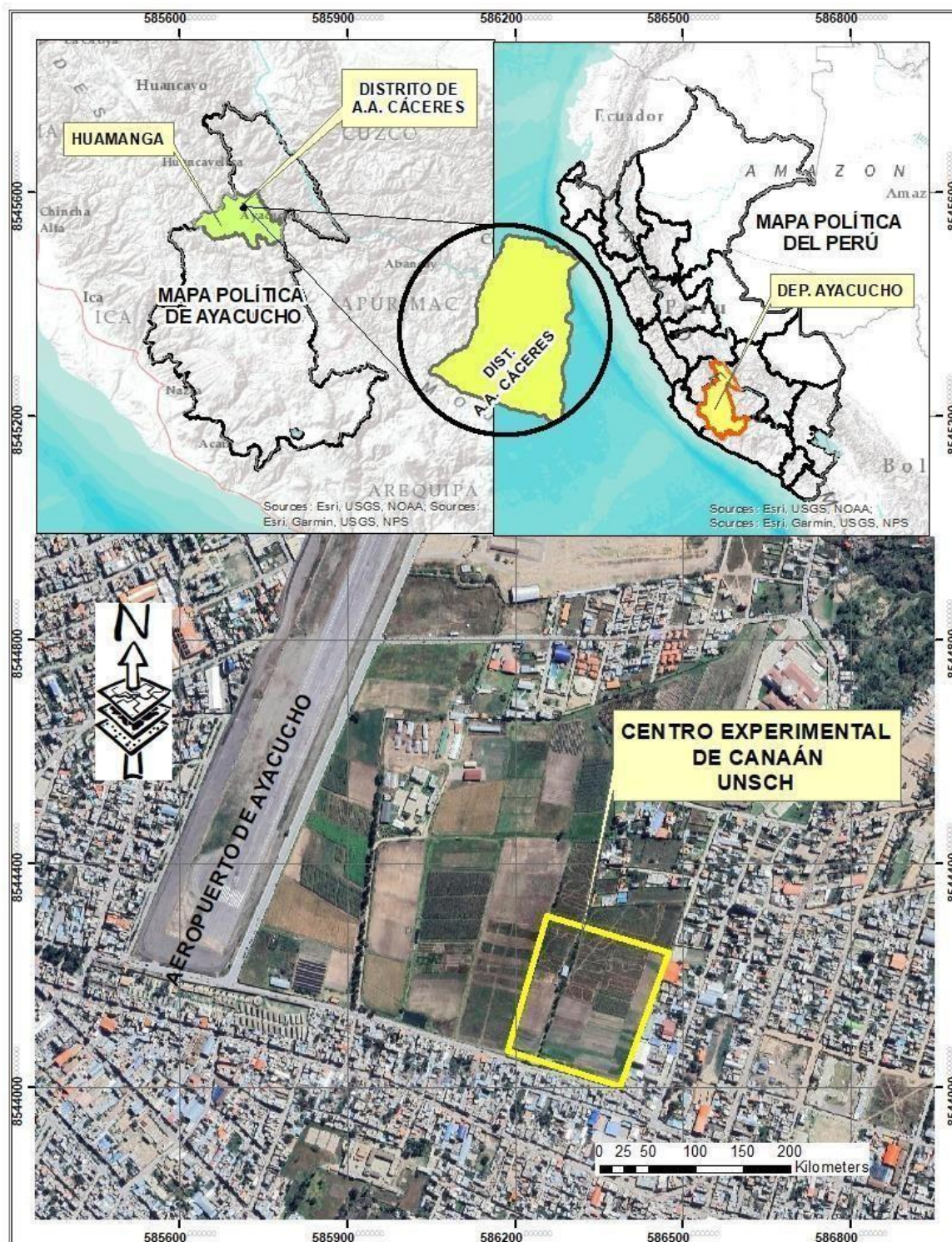
Latitud Oeste : 74° 12' 21"

Latitud Sur : 13° 09' 28"

Altitud : 2750 m. s. n. m.

Región natural : Región quechua

Figura 2.1. Mapa de localización del centro experimental donde se realizó el estudio



Fuente: Edición propia

## 2.2. Antecedente del terreno

El área de la instalación experimental presenta una pendiente de 3%, el cultivo que le antecedió fue lechuga variedad américa y cebolla china. En el periodo del 2022 las hortalizas fueron abonados con urea con el sistema edáfica a chorro continuo.

## 2.3. Características climáticas

Según los datos de estación meteorológicos de INIA – Canaán, el área experimental tiene temperatura media mínima y máxima de 9.25 °C y 25.15 °C, respectivamente. Presenta una precipitación acumulada anual de 493.5 mm. El déficit hídrico se presenta en los meses abril hasta noviembre.

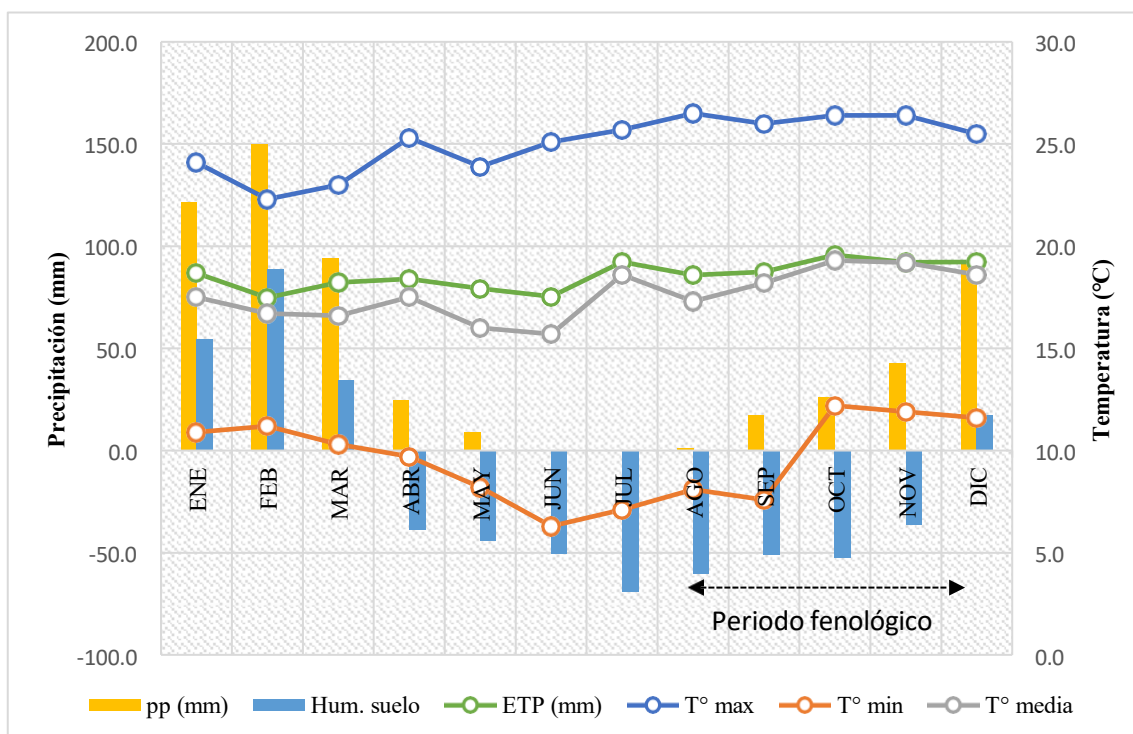
**Tabla 2.1.** Resumen de balance hídrico

ESTACIÓN	DISTRITO : AYACUCHO		ALTITUD : 2735 msnm									
	PRO VINCIA : HUAMANGA		LATITUD : 13° 10' 00.06" S									
	DEPARTAMENTO : AYACUCHO		LONGITUD : 74° 12' 22.92" W									
DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
T° max. (°C)	24.1	22.3	23.0	25.3	23.9	25.1	25.7	26.5	26.0	26.4	26.4	25.5
T° min. (°C)	10.9	11.2	10.3	9.7	8.2	6.3	7.1	8.1	7.6	12.2	11.9	11.6
T° media (°C)	17.5	16.7	16.6	17.5	16.0	15.7	18.6	17.3	18.2	19.3	19.2	18.6
Factor	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96
ETP (mm)	86.80	74.82	82.34	84.00	79.36	75.36	92.26	85.81	87.36	95.73	92.16	92.26
Precipitación (mm)	<b>121.8</b>	<b>150.2</b>	<b>94.0</b>	<b>24.6</b>	<b>9.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>1.2</b>	<b>17.4</b>	<b>26.0</b>	<b>42.8</b>	<b>93.0</b>
ETP ajustado (mm)	48.96	42.20	46.44	47.38	44.76	42.51	52.04	48.40	49.28	54.00	51.98	52.04
Hu. suelo (mm)	54.60	89.00	34.30	-38.70	-44.10	-50.50	-69.20	-60.20	-51.20	-52.50	-36.50	17.30
Exceso (mm)	54.60	89.00	34.30									17.30
Déficit (mm)				<b>-38.7</b>	<b>-44.10</b>	<b>-50.50</b>	<b>-69.2</b>	<b>-60.2</b>	<b>-51.20</b>	<b>-52.50</b>	<b>-36.50</b>	

**Nota.** Los datos meteorológicos corresponden al año 2022, ETP: evapotranspiración

Según el climograma de la Figura 2.2, el pico más alto de temperatura alcanzó en el mes de octubre (27.7 °C); la precipitación más alta alcanzó en el mes de febrero (150.0 mm) y la temperatura más baja en el mes de junio.

**Figura 2.2.** Climograma de referencia para centro experimental de Canaán.



#### 2.4. Características fisicoquímicas del suelo

Según el análisis de caracterización del suelo experimental, se encontró estado de materia orgánica pobre (1.79%), Fósforo y Potasio muy alto, 37.41 y 250 ppm, respectivamente. Textura franco arcilloso (Arena = 41%, limo = 30% y arcilla = 29%). Según el cálculo del porcentaje de saturación del sodio intercambiable (PSI), se encontró 3.23% de PSI (suelo normal).

**Tabla 2.2.** Interpretación de las características físico químico del suelo

Descripción	Valores	Unidad	Interpretación	Método
pH	8.02	-.-	Alcalino	Potenciométrico (1:1)
C.E.	0.54	dS/m	Normal	Conductimétrico (1:1)
CO <sub>3</sub> --	0.0	%	Sin carbonatos	Gasovolumétrico – neutralización ácida.
MO	1.79	%	Pobre	Walkley y Black
P	37.41	ppm	Muy alto	Olsen modificado
K	280	Ppm	Muy alto	Saturación con absorción atómica

CIC	26.92	Cmol(+)/kg	Alto	Acetato de amonio 1N, pH 7.
Nt	0.09	%	Pobre	Micro Kjendhal
Textura	.-	.-	Franco arcilloso	Hidrómetro de Bouyoucos

---

CATIONES CAMBIABLES

---

Ca <sup>++</sup>	20.30	Cmol(+)/kg	Muy alto	
Mg <sup>++</sup>	4.43	Cmol(+)/kg	Alto	Extracto de amonio – absorción atómica
K <sup>+</sup>	1.32	Cmol(+)/kg	Muy alto	
Na <sup>+</sup>	0.87	Cmol(+)/kg	Alto	

---

**Nota.** El análisis de suelo se realizó en el laboratorio de Agrolab.

En la siguiente Tabla 2.3 se observan las relaciones catiónicas del análisis obtenido de la tabla 2.2. Los resultados de la relación obtenida entre Ca/Mg y Ca/K, están dentro del rango óptimo, 4.58 y 15.34, respectivamente. Mientras, la relación de Mg/K (3.36) se encuentra en desequilibrio.

**Tabla 2.3.** Interpretación de relaciones catiónicas

Relaciones catiónicas	Rangos normales	Valor actual	Interpretación
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	5 – 8	4.58	Normal
Ca <sup>++</sup> /K <sup>+</sup>	14 – 16	15.34	Normal
Mg <sup>++</sup> /K <sup>+</sup>	1.8 – 2.5	3.36	Desequilibrio

---

## 2.5. Factores de estudio

Los factores de estudio considerados fueron los fertilizantes hidrosolubles y los fertilizantes de liberación lenta, los cuales se muestran a continuación:

Fertilizante de liberación lenta:

- ✓ BASACOTE PLUS 3M 16-8-12 (+2+TE)

Fertilizantes hidrosolubles:

- ✓ Fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12,5 % N)
- ✓ Nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- ✓ Nitrato de potasio (45,5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N)
- ✓ Nitrato de calcio (15,5 % N; 26 % CaO)
- ✓ Sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO)

## 2.6. Tratamientos

Los tratamientos consistieron en la aplicación de los fertilizantes de liberación lenta e hidrosolubles, los cuales se describen en la Tabla 2.4.

**Tabla 2.4.** *Tratamientos de aplicación de fertilizante hidrosoluble y liberación lenta*

Código	Descripción
T1	Fertilización hidrosoluble
T2	Fertilización de liberación lenta
T3	Sin fertilizante (Testigo)

## 2.7. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue DCA (Diseño Completamente Aleatorizado) con tres repeticiones para cada tratamiento. El modelo aditivo lineal se muestra a continuación:

Modelo aditivo lineal:

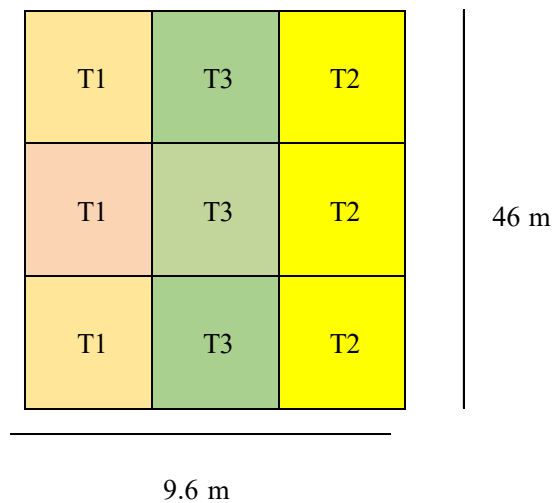
$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

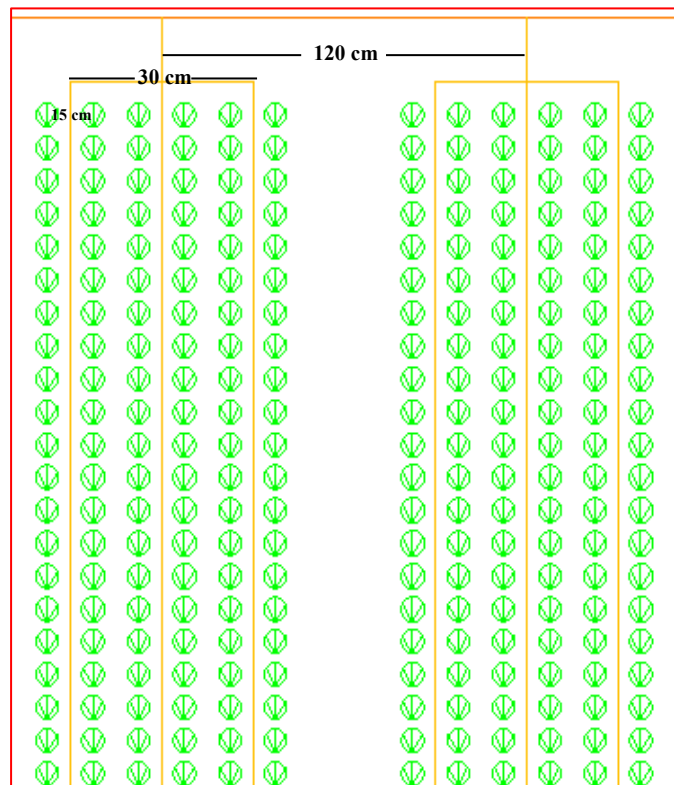
- ✓  $Y_{ij}$ : valor observado de la variable de respuesta en la unidad experimental  $j$  que recibió el tratamiento  $i$ .
- ✓  $\mu$ : media general del experimento.

- ✓  $\tau_i$ : efecto del tratamiento  $i$ , es decir, cuánto se desvía ese tratamiento de la media general.
- ✓  $\epsilon_{ij}$ : error aleatorio asociado con la observación  $ij$ .

**Figura 2.3.** Croquis de la distribución de las unidades experimentales (UE)



**Figura 2.4.** Croquis de marco de plantación.



**Tabla 2.5.** Descripción de características de las unidades experimentales

<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medida</b>
Largo de parcela	m	45
Ancho de la parcela	m	9.6
Distancia entre surcos	m	1.20
Distancia entre planta	cm	0.10
Numero de plantas por surco	Unidades	460
Numero de línea o filas por UE	Unidades	6.0
Área de la parcela	m <sup>2</sup>	441.6

## **2.8. Análisis estadístico**

Los resultados cuantitativos fueron procesados mediante Análisis de Variancia (ANVA), la prueba de contraste de Tukey (0,05), correlación de las variables cuantitativas. Todo análisis se realizó mediante el software “Rstudio” versión 4.3.1.

## **2.9. Material biológico**

Se utilizó la semilla de cebolla de bulbo (variedad roja arequipeña), adquirido de las tiendas agropecuarias en la ciudad de Huamanga, el cual fue almacenado un mes antes del trasplante en el mismo campo experimental.

## **2.10. Herramientas y equipo**

- ✓ Maquinaria con implementos agrícolas
- ✓ Equipo de fertirriego.
- ✓ Equipos de aplicación.
- ✓ Cinta métrica.
- ✓ Vernier.
- ✓ Balanza de precisión.
- ✓ Otros.

Insumos empleados:

- ✓ BASACOTE PLUS 3M 16-8-12 (+2+TE)
- ✓ Fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12,5 % N)
- ✓ Nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- ✓ Nitrato de potasio (45,5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N)
- ✓ Nitrato de calcio (15,5 % N; 26 % CaO)
- ✓ Sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO).

## **2.11. Instalación y conducción del cultivo**

La instalación del cultivo de cebolla se desarrolló bajo el sistema riego por goteo y fertirriego, bajo las condiciones climáticas del Centro Experimental Canaán, donde se desarrolló en los meses de agosto a diciembre del 2024.

### **a. Almacigo de semilla.**

Para la preparación de la cama almaciguera se dispuso de una fracción del campo experimental, donde se limpió, delimitó y se preparó las camas elevadas con altura de 10 cm con ancho de 80 cm. En la superficie de la cama se tendió dos líneas de cinta con separación de 30 cm entre ellas.

Luego se formó surcos con profundidad de 1.5 a 2 cm en la superficie de la cama, donde se hizo siembra al voleo (semillas de la marca “YUFERCO” de la variedad roja arequipeña tipo perilla). Luego de la siembra se taparon las camas con musgo (50 kg en total usado) combinado con humos de lombriz (60 kg para uso total) y después se procedió a cubrir con cobertor de mulch por último, en la emergencia de las plántulas se retiró la cobertura.

### **a. Preparación del suelo**

Después de la limpieza del terreno, se realizó el roturado, el pasado de rastra, nivelación del terreno dejando el campo libre de malezas y terrones. A su vez, se delimitó el surco con yeso agrícola a 1.20 m de bigote a bigote, estas se apertura con un motocultor y luego se niveló el lomo del surco (camas elevadas) con el uso de un rastrillo y por último tendió las cintas de riego y realizó un riego pesado un día antes del trasplante.

## b. Riego

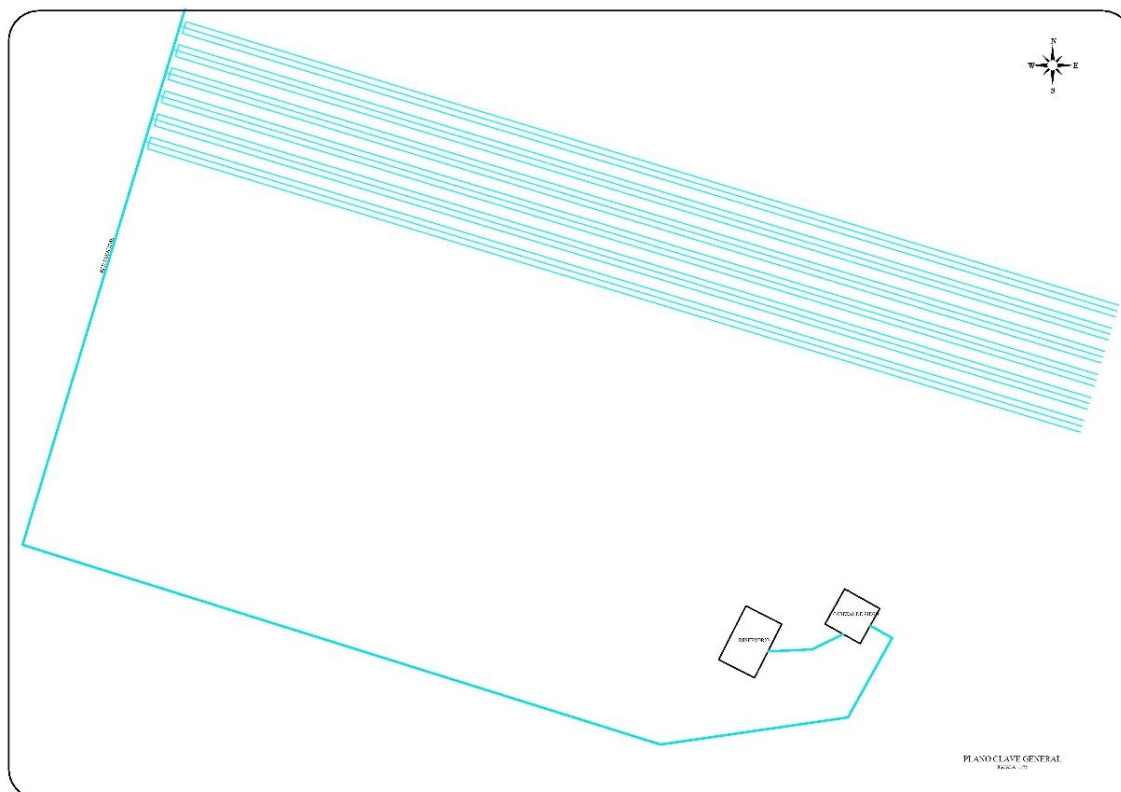
Se realizó bajo el sistema de riego por goteo, con riego a capacidad de campo considerando el clima y el tipo de suelo. El primer riego fue pesado regando 2 horas un día antes del trasplante. Los riegos realizados fueron de manera intercalada a capacidad de campo (CC). Posterior a ello la frecuencia de riego e intervalo de riego se desarrolló en base a la edad del cultivo y condiciones climáticas.

La frecuencia de riego fue mayor durante el crecimiento vegetativo y desarrollo de los bulbos, disminuyendo la frecuencia de riego paulatinamente a la madurez cuando se observó más del 50 % de pseudo tallos doblados. En la tabla 2.6. muestra las características hidrológicas del sistema de riego por goteo.

*Tabla 2.6. Resumen de cálculo de operación de sistema*

Operación del sistema	Resultado
Distanciamiento entre emisores (m)	0.15
Distanciamiento entre camas (m)	1.2
Infiltración básica (mm/h)	12
Díámetro efectivo del bulbo húmedo (m)	0.33
Porcentaje de área bajo riego	65
Intervalo de riego (días)	2.09
Ciclo de riego (días)	2
Lamina de riego ajustado (mm)	12.09
Eficiencia (%)	90
Lamina bruta (mm)	13.43
volumen bruto (m <sup>3</sup> /h)	87.29
Precipitación horaria	4.27
Horas de riego por turno	3.14
Máximo número de turnos por riego diarios	3.6
Numero de turnos por ciclo	6
Máximas horas de operación	12
Superficie bajo riego por turno (ha/turno)	1
Volumen de riego bruto por turno (m <sup>3</sup> /turno)	274.09

**Figura 2.5.** Diseño del sistema de riego por goteo



**Tabla 2.7.** Característica de la cinta de goteo en campo.

ESPECIFICACIÓN	DETALLE
Diámetro	5/8" (16 MM)
Longitud	2,290 metros
Espaciamiento	20 cm
Caudal por emisor	1.0 LPH
Longitud máx.	60 m
Calibre	8 MIL

### c. Trasplante

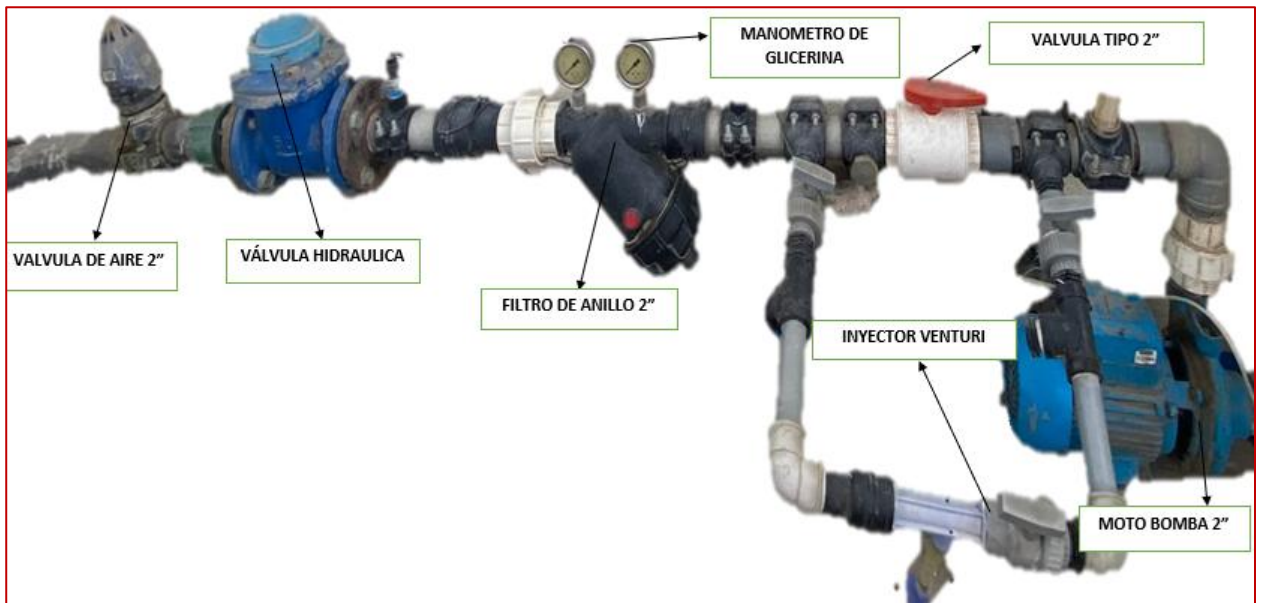
La actividad se inició con un riego anticipado con la finalidad de ablandar el suelo para facilitar la extracción de las plántulas. Se podó las raíces y follajes dejando una longitud de 2 -3 cm. Esta actividad facilita la operación del trasplante a campo definitivo e influye en la producción.

Las plántulas se desinfectaron con Benomyl (las raíces). Dentro de las características se consideró la altura de las cebollas entre 8 a 10 cm y el tamaño de un lapicero. En el campo definido se sembró a una distancia de 0.10 cm entre plantas y a 0.25 cm entre surco mellizo, esta técnica nos permitió conducir seis surcos de planta en una cama elevadiza a lo largo de tres hileras de cinta de goteo.

### d. Fertirriego

La fertilización se realizó bajo fertirriego, dando inicio a los 7 días después del trasplante donde se aplicó por inyección desde el cabezal de riego a través del inyector Venturi y los preparados de las soluciones se realizó en dos tanques de 100 l.

*Figura 2.6. Componente del cabezal de riego.*



**Tabla 2.8.** Fertilizantes a usar en el fertirriego

Nombre del fertilizante	Fórmula	Cantidad
Nitrato de amonio	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	33% - 3%
Fosfato mono amónico	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	12% - 61% - 0
Nitrato de calcio	Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	15% - 0 - 0 + 26% Ca
Nitrato de potasio	KNO <sub>3</sub>	13% - 0 - 46%
Sulfato de magnesio	Mg SO <sub>4</sub>	0-0-0+16%Mg+13%S
Sulfato de Zinc	(Zn SO) <sub>4</sub>	0-0-0+21%+10%S

La primera aplicación de fertilizante se efectuó el 10 de agosto del 2023, a partir de la fecha la dosis se fraccionó. La ley de abonamiento se obtuvo de acuerdo a la curva de extracción y requerimiento nutricional de cebolla, asimismo de acuerdo al resultado de análisis de suelo, así obteniendo una dosificación adecuada y fraccionada. La aplicación de la inyección se realizó 3 veces por semana, durante 11 semanas.

Se planteó el programa de fertilización de acuerdo a las curvas de absorción de cebolla (*Allium cepa* L.) «Roja Arequipeña» (Palacios, 2005).

$$\text{DOSIS (Kg/ha)} = (\text{R-S}) / \text{E}$$

**R:** Requerimiento de nutriente (Kg/ha) para el cultivo.

**S:** Nutriente existente en el suelo (Kg/ha) medido mediante análisis.

**E:** Eficiencia de absorción del nutriente (valor decimal entre 0 y 1)

**Tabla 2.9.** Ley de abonamiento y tipo de fertilizante hidrosoluble, en el cultivo de cebolla.

Nutrimento	Aporte kg/ha	Nitrato de potasio	Fosfato Mono amónico	Nitrato de amonio	Sulfato de Magnesio	Nitrato de calcio	MIKRON
		13-0-46	12-61-0	33-3-0	0-0-0+16Mg+13S	15-0-0+26CaO	
N	185	69.8	15.74	10.1		89.4	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	81		80	1			
K <sub>2</sub> O	247	247					
CaO	155					155	
MgO	30				30		
S	52				24.44		

<b>Micro.</b>	<b>2</b>						<b>2</b>
<b>Cant. de fertilizante (Kg)</b>	<b>316.8</b>	<b>95.74</b>	<b>11.1</b>	<b>54.44</b>	<b>244.4</b>		<b>2</b>
<b>Numero de sacos (Saco)</b>	<b>12.67</b>	<b>3.83</b>	<b>0.22</b>	<b>2.18</b>	<b>9.78</b>		

Para el tratamiento de aplicación edáfica se aplicó a los 15 días después del trasplante aplicando al voleo. El fertilizante Basecote se incorporó a chorro continuo después de 5 días del trasplante y luego de 60 días después de la primera aplicación, utilizando por hectárea 180 kg.

#### **e. Control fitosanitario**

El control de las plagas se realizó aplicando alfacipermetrina (ALFAMAX 6SC) a razón de 250 ml ha<sup>-1</sup> y Thiamethoxam 14.1% + Lambda Cialothrina 10.6% (Engeo), a razón de 200 ml ha<sup>-1</sup>. Estos productos se usaron de manera alternada aplicando cada 25 días para controlar el trips y gusanos cortadores.

Para el control de enfermedad mildiu se aplicó productos químicos alternos para la aplicación se tomó en cuenta el grado de afectación, siendo un total de cuatro aplicaciones en el periodo fenológico de ellas se utilizaron: Sulfato de Cobre Pentahidratado (Phyton 24 SL) a razón de 200 ml ha<sup>-1</sup> y Azoxystrobina (Amistar 80 WD), a razón de 100 ml ha<sup>-1</sup>.

#### **f. Manejo de malezas**

El control de malezas consistió en deshierbo manuales, a fin de evitar propagación de enfermedades, plagas y competencias nutricionales. Dichos deshierbes se realizó primero a los 35 días y el segundo a los 55 días después del trasplante.

#### **a. Agobio.**

Consistió en doblar el cuello de la cebolla con un cilindro de metal usando como rodillo, con el objeto de retardar la maduración de las plantas que iban adelantadas en su formación del bulbo, lo cual permitió obtener un cultivo más uniforme. Esta labor se realizó 15 días antes de la cosecha. Para iniciar esta labor se anuló el riego por goteo en su totalidad, cuando no hay presencia de humedad en el suelo, se procedió a tumbar los seudo tallos apoyado con un cilindro rodando por encima de las camas, se dejó en este estado en un periodo de una semana luego se procedió a la cosecha.

El objetivo de la actividad es secar las capas externas, cerrar al máximo el cuello de los bulbos, evitando así la contaminación por hongos y bacterias, esta a su vez almacene mayor materia seca en el bulbo y activar la traslocación de los fotosintatos de las hojas al bulbo.

#### **b. Riego**

La fuente de agua proviene del río Huatatas. Para su almacenamiento se utiliza un reservorio trapezoidal de geomembrana, el cual tiene una pendiente del 1%. El reservorio presenta las siguientes dimensiones: longitud de 4.36 metros, profundidad de 2.06 metros y altura de 2.84 metros, mostrando un volumen total de 50 metros cúbicos.

En el presente trabajo, se hace uso del sistema de riego implementado en el Centro Experimental de la UNSCH – Canaán Bajo.

#### **c. Área de riego**

El área o subunidad de riego abarca una extensión de 540 metros cuadrados, con unas dimensiones de 45 metros de longitud y 12 metros de ancho. Esta área cuenta con una válvula de control de 2 pulgadas, la cual se opera de forma manual.

#### **d. Cosecha**

La cosecha se realizó de manera manual extrayendo de la cola de la cebolla, luego se trasladó a un ambiente adecuado, finalmente se cortó la cola dejando unos 2 cm, con la finalidad de sellar en su totalidad y luego llevados a la sombra para continuar con las evaluaciones.

## 2.12. Evolución de factores de rendimiento

- a. **Número de hojas por planta.** Se realizó el conteo en 10 plantas por cada tratamiento y repetición. Estos datos fueron recolectados durante maduración inicial del cultivo.
- b. **Altura de la planta (cm).** Empleando el flexómetro se midió la altura en 10 plantas por cada tratamiento, un día antes del agobio o doblado de los cuellos de la cebolla, la altura se tomó desde el cuello del bulbo hasta el ápice de la hoja más larga.
- c. **Diámetro de bulbo (cm).** Empleando el vernier se midió el diámetro de los bulbos después de la cosecha, para lo cual se tomaron 10 bulbos al azar por cada tratamiento.
- d. **Peso promedio de bulbo (g).** Se tomó el peso de los 10 bulbos en una balanza analítica, expresándose el resultado en gramos (g).
- e. **Rendimiento total de bulbos (kg ha<sup>-1</sup>).** El rendimiento total de los bulbos por hectárea se realizó pesando el rendimiento por cada parcela y extrapolando a una hectárea.
- f. **Materia fresca total.** Se tomó el peso fresco respectivo en 10 plantas por parcela empleando una balanza analítica.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Altura de la planta

*Tabla 3.1. Análisis de varianza de altura promedio de la planta de cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta e hidrosolubles*

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Tratamiento	2	533.91	266.955	2.295	0.1819 ns
Error	6	698.00	116.333		
Total	8	1231.91			
C. V (%):	15.9				

En la Tabla 3.1 se presenta análisis de varianza de altura promedio de la planta de cebolla bajo el efecto de fertilizantes hidrosolubles y de liberación controlada. Se aprecia que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos aplicados ( $p > 0.05$ ); es decir, la respuesta de la altura de la planta a distintos tratamientos fue similares. El coeficiente de variación resultó 15.90%, lo cual indica una moderada variabilidad de los datos, lo que es aceptable en ensayos de campo abierto. En resumen, bajo las condiciones evaluadas, los fertilizantes utilizados no tuvieron un efecto significativo sobre la altura de la cebolla.

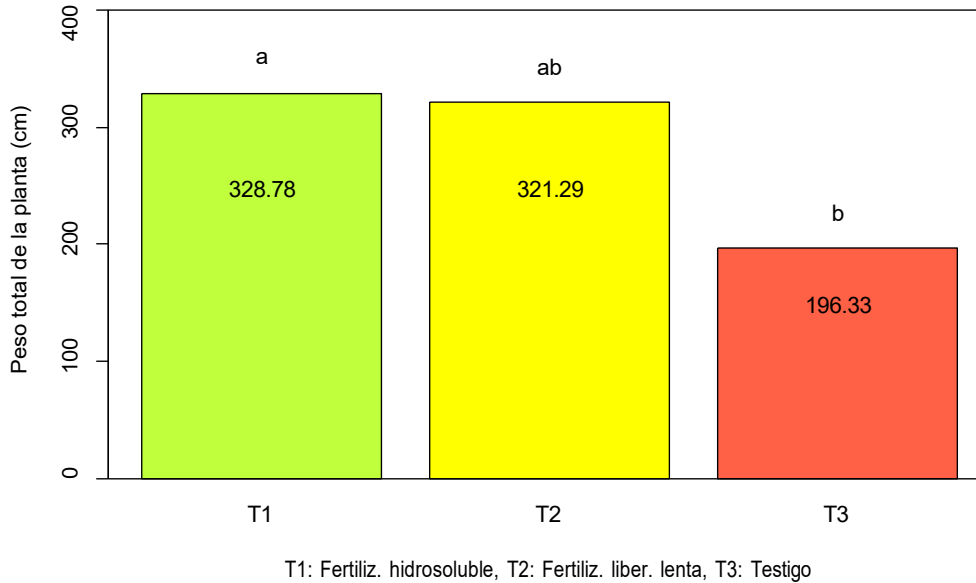
### 3.2. Peso total de la planta

**Tabla 3.2.** Análisis de varianza de peso promedio de la planta de cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta e hidrosolubles

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Tratamiento	2	33214.100	16607.050	6.017	0.0368*
Error	6	16560.420	2760.070		
Total	8	49774.520			
C. V (%):	18.62				

En la Tabla 3.2 se muestra análisis de varianza del peso promedio de la planta de cebolla, en la que se aprecia que los tratamientos con fertilizantes de liberación controlada e hidrosolubles tuvieron un efecto significativo sobre el peso promedio de la planta de cebolla ( $p < 0.05$ ). Esto significa que al menos uno de los tratamientos aplicados influyó de manera diferenciada en el peso de las plantas en comparación con los otros. Por otro lado, el coeficiente de variación (C.V = 18.62%) muestra que los datos tuvieron una ligera variabilidad, aceptable en condiciones de campo. En resumen, los tipos de fertilizantes evaluados sí influyeron en el peso de la planta de cebolla, lo cual es indispensable para la toma de decisiones agronómicas.

**Figura 3.1.** Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de peso total de la planta bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.



**Nota.** T1=Fertilizantes hidrosolubles: Fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12,5 % N), Nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Nitrato de potasio (45,5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N), Nitrato de calcio (15,5 % N; 26 % CaO) y Sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO). T2=Fertilizante de liberación lenta: Basacote Plus 3M 16-8-12 (+2+TE).

La prueba de comparación de medias de Tukey que se presenta en la Figura 3.1 muestra que la fertilización hidrosoluble (T1) produjo el mayor peso total en las plantas de cebolla (328.78 g), con una diferencia de 132.45 g, equivalente a un incremento de 40.28%. Luego sigue el T2 (fertilización de liberación controlada) con 321.29 g, mientras que el testigo sin fertilización (T3) obtuvo un peso significativamente menor (196.33 g). En resumen, entre T1 y T2, así como entre T2 y T3, no hay una clara diferencia estadística. Esto confirma que el uso de fertilizantes, especialmente los hidrosolubles, mejora notablemente el desarrollo de la planta en términos de peso, en comparación del testigo.

En este trabajo se encontró que el tratamiento con fertilizantes hidrosolubles fueron los que influyeron más en biomasa de cebolla, el cual es concordante con la afirmación. Assimi **et al.** (2020), quienes afirman que los fertilizantes hidrosolubles aplicados mediante fertirriego mejoran la absorción de nitrógeno (N) y fósforo (P), lo que explica la mayor influencia observado en T1. Este estudio corrobora que la disponibilidad rápida de Nitrógeno en formas nítricas (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y amoniacales (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) favorece el desarrollo vegetativo temprano en cebolla, tal

como lo reportan **Dingre et al. (2016)** en cultivo de cebolla.

En este estudio se utilizó fertilizante de nombre comercial basecote que es de liberación lenta, el cual mostró resultados cercanos a T1 (fertilizantes hidrosolubles), lo que sugiere que estos fertilizantes pueden ser una alternativa eficiente. Hu et al. (2023) respaldan esto, indicando que los fertilizantes de liberación controlada reducen pérdidas por volatilización y mejoran la eficiencia de uso de nitrógeno. No obstante, Lawrence et al. (2021) encontraron que, en suelos con alta precipitación, estos fertilizantes pueden tener una liberación más lenta de lo esperado influido por factores externos, lo que explicaría la ligera diferencia con T1 en este estudio.

La fertilización de hidrosoluble se aplicó mediante fertirriego y fraccionado, por lo que la superioridad de T1 puede atribuirse a la disponibilidad inmediata de nutrientes nitrogenados y fosforados, esenciales para el desarrollo temprano de la cebolla (Savci, 2021). Por otro lado, Li et al. (2021) señalan que los fertilizantes hidrosolubles favorecen un crecimiento sostenido a comparación de los convencionales fertilizantes, lo que podría ser más beneficioso en ciclos más largos.

### 3.3. Número de hojas por planta

**Tabla 3.3.** Análisis de varianza de número de hojas promedio de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Tratamiento	2	0.510	0.255	4.135	0.0759 ns
Error	6	0.370	0.062		
Total	8	0.880			
C. V (%):	5.43				

En la Tabla 3.3 se presenta análisis de varianza de número de hojas promedio del cultivo de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes hidrosolubles y de liberación controlada. Se aprecia que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos aplicados ( $p > 0.05$ ); es decir, la respuesta de número de hojas a distintos tratamientos fue similares. El coeficiente de variación resultó 5.43%, lo cual indica la precisión y confiabilidad de los resultados. En resumen, bajo las condiciones agroecológicas de Canaán, los fertilizantes utilizados no tuvieron un efecto significativo sobre la altura de la cebolla. Este resultado nos sugiere que no es necesario el análisis de comparación de medias.

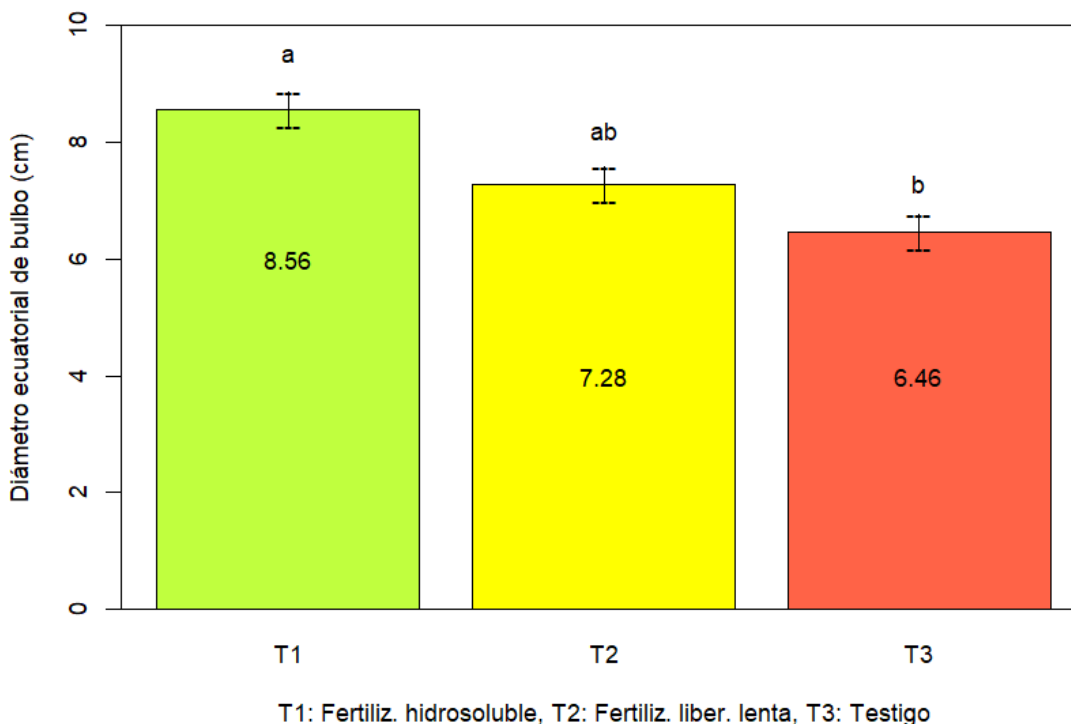
### 3.4. Diámetro ecuatorial de bulbo

*Tabla 3.4. Análisis de varianza de diámetro ecuatorial de bulbo de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles*

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Tratamiento	2	6.700	3.350	12.803	0.0069**
Error	6	1.570	0.262		
Total	8	8.270			
C. V (%):	6.89				

En la Tabla 3.4 se muestra análisis de varianza del diámetro ecuatorial de bulbo de la cebolla, donde se aprecia que los tratamientos con fertilizantes de liberación controlada e hidrosolubles tuvieron efecto significativo sobre el diámetro de bulbo de la cebolla ( $p < 0.05$ ). Esto significa que al menos uno de los tratamientos aplicados influyó de manera diferenciada en su diámetro en comparación con los otros. Por otro lado, el coeficiente de variación ( $C.V = 6.89\%$ ) muestra que los datos tuvieron precisión y sugiere confiabilidad de los resultados. En resumen, los tipos de fertilizantes evaluados sí influyeron en el diámetro de bulbo, por lo tanto, como siguiente análisis se realiza comparación de medias.

**Figura 3.2.** Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de diámetro ecuatorial de bulbo de cebolla bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.



**Nota.** T1=Fertilizantes hidrosolubles: Fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12,5 % N), Nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Nitrato de potasio (45,5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N), Nitrato de calcio (15,5 % N; 26 % CaO) y Sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO). T2=Fertilizante de liberación lenta: Basacote Plus 3M 16-8-12 (+2+TE).

En la Figura 3.2 se muestra la comparación de medias Tukey de diámetro de bulbo con un nivel de significancia de 5%. El tratamiento T1 (fertilización hidrosoluble) presentó el mayor diámetro (8.56 cm), el cual supera al testigo estadísticamente con un incremento de 24.5%. Mientras, una respuesta intermedia se observó con el T2 (fertilización de liberación lenta), que tuvo incremento de 11.26% respecto al testigo. La Figura 3.2 muestra claramente una diferencia estadística entre T1 y T3, mientras que T2 y T3 se observan estadísticamente similares. Estas diferencias sugieren que la fertilización, especialmente el hidrosoluble, genera un mayor crecimiento del bulbo en comparación con el testigo, el cual sería importante para recomendar el uso de fertilizantes hidrosolubles en la producción de cebolla para maximizar el rendimiento.

Según los hallazgos en este estudio, la aplicación de fertilizantes de liberación lenta (T2: el producto comercial Basacote) resultó en un aumento del 11.26% en el diámetro del bulbo de

cebolla (7.28 cm) en comparación con el grupo control (T3: sin fertilización). En otros trabajos se ha demostrado la efectividad de los fertilizantes de liberación controlada en cultivos hortícolas (Shaviv, 2001). Según Trenkel (2017), la gran influencia se explica por el hecho de que la liberación controlada de nutrientes permite una mejor sincronización con las demandas de los cultivos, evitando pérdidas por lixiviación y aumentando la eficiencia de uso.

En referencia de los fertilizantes hidrosolubles, los hallazgos en Canaán fueron incrementos en rendimiento de 24.5% respecto al testigo; estudios como los de Fernández-Escobar et al. (2020) han demostrado que los fertilizantes hidrosolubles aplicados mediante sistema de fertirriego pueden ocasionar respuestas precisas y favorables en el crecimiento inicial, pero su efecto disminuye en etapas críticas como el engrosamiento del bulbo debido a la rápida disponibilidad y posible lavado de nutrientes, por lo que se recomienda fraccionamiento de los fertilizantes. Esto explicaría la similitud en el diámetro observado en T1 (fertilizantes hidrosolubles) en comparación con T2 (liberación lenta, basecote).

Sin duda, entre ambos tipos de fertilizantes empleados existe una diferencia mínima en sus efectos, por lo que se pueden atribuirse a otros factores fisiológicos y ambientales. Según Li et al. (2021), los fertilizantes de liberación pueden mantener la concentración de los elementos de N y P en el suelo durante períodos prolongados debido a que está recubiertos o quelados, lo que favorece desarrollo general celular y acumulación de fotosintatos en el bulbo de la cebolla. Por otro lado, la fertilización hidrosoluble, aunque proporciona nutrientes inmediatos, depende de aplicaciones frecuentes o fraccionamientos y puede verse afectada por condiciones de riego ineficiente (Savci, 2021).

### 3.5. Diámetro polar de bulbo

**Tabla 3.5.** Análisis de varianza de diámetro polar de bulbo de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Tratamiento	2	4.710	2.355	3.278	0.1091 ns
Error	6	4.310	0.718		
Total	8	9.020			
C. V (%):	8.46				

En la Tabla 3.5 se presenta análisis de varianza de diámetro polar de bulbo de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes hidrosolubles y de liberación controlada. Se aprecia que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los tratamientos aplicados ( $p > 0.05$ ); es decir, la respuesta de diámetro polar de bulbo a distintos tratamientos fue similares. El coeficiente de variación resultó 8.46%, lo cual muestra precisión y confiabilidad de los resultados, lo que es aceptable en ensayos de campo abierto. En resumen, bajo las condiciones agroecológicas evaluadas, los fertilizantes utilizados no tuvieron un efecto significativo sobre diámetro polar.

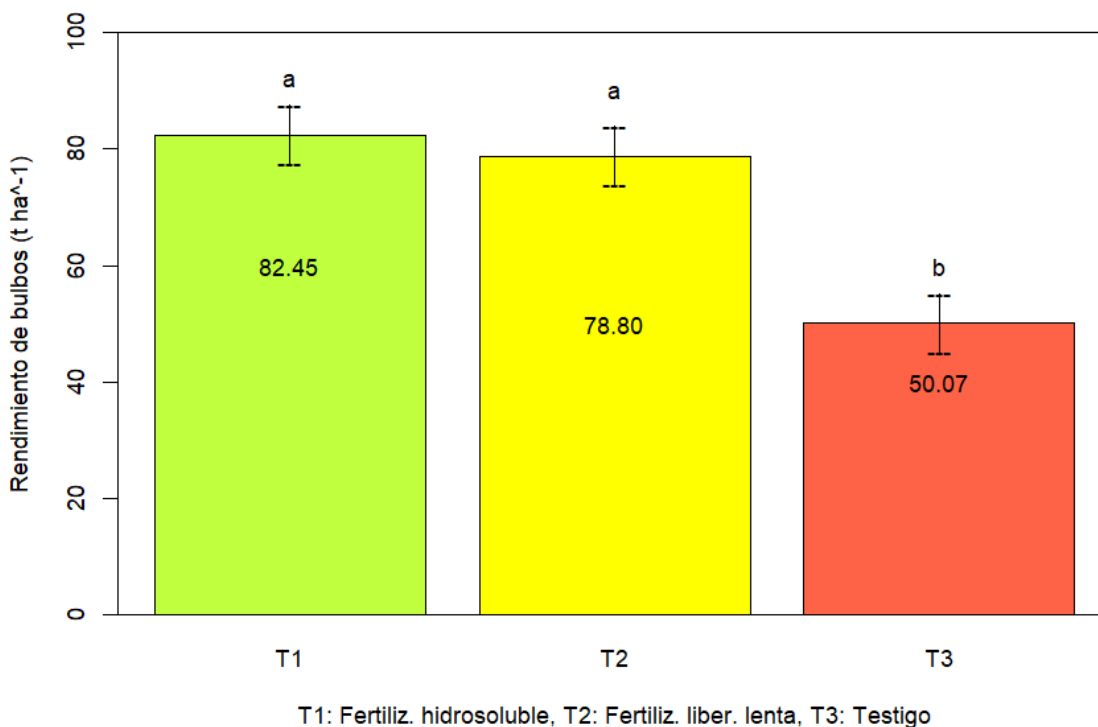
### 3.6. Rendimiento de bulbos

**Tabla 3.6.** Análisis de varianza de rendimiento de bulbos de la cebolla bajo el efecto de fertilizantes de liberación lenta y hidrosolubles

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Tratamiento	2	1886.790	943.395	12.490	0.0073**
Error	6	453.210	75.535		
Total	8	2340.000			
C. V (%):	12.34				

En la Tabla 3.6 se muestra análisis de varianza del rendimiento de bulbos de la cebolla, donde se aprecia que los tratamientos con fertilizantes de liberación controlada e hidrosolubles, aplicados por fertirriego tuvieron un efecto significativo sobre el rendimiento por hectárea ( $p < 0.05$ ). Esto significa que al menos uno de los tratamientos aplicados influyó de manera diferenciada en el rendimiento en comparación con los otros. Por otro lado, el coeficiente de variación (C.V = 16.82%) muestra que los datos tienen relativa variabilidad y es aceptable a nivel de ensayos en campo. Este resultado nos digiere un análisis de comparación de medias.

**Figura 3.3.** Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de rendimiento por hectárea de bulbo de cebolla bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.



**Nota.** T1=Fertilizantes hidrosolubles: Fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12,5 % N), Nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Nitrato de potasio (45,5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N), Nitrato de calcio (15,5 % N; 26 % CaO) y Sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO). T2=Fertilizante de liberación lenta: Basacote Plus 3M 16-8-12 (+2+TE).

En la Figura 3.3 se muestra la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del rendimiento total de los bulbos por hectárea. El tratamiento T1 (fertilizaciones hidrosolubles) influyó con mayor rendimiento potencial (82.45 t ha<sup>-1</sup>), lo cual supera estadísticamente al testigo con un incremento de 39.27%. Asimismo, el T2 (fertilización de liberación lenta) influyó con rendimiento intermedio de 78.80 t ha<sup>-1</sup> (“a”), superando al testigo con incremento de 36.45%; no obstante, entre T1 y T2 no existe una diferencia estadística. Estas diferencias implican que la fertilización de liberación rápida es la opción más efectiva para maximizar el rendimiento de cebolla, pero el análisis estadístico no sugiere que con ambos tipos de fertilizantes se podría obtener los mismos resultados.

En este trabajo de investigación, se encontró que la aplicación de fertilizantes de liberación lenta, como Basecote Plus 3M 16-8-12 (+2+TE), ha respondido de forma similar a la de hidrosoluble en el rendimiento de cebolla, alcanzando 78.80 t ha<sup>-1</sup>, lo que representa un

incremento del 36.45% respecto al testigo. Al respecto, los reportes de Shelema et al. (2024) resultaron inferiores, quienes, tras una investigación de nitrógenos solubles a una dosis de 69 kg ha<sup>-1</sup>, encontraron incremento significativo en el rendimiento de cebolla, alcanzando 40.01 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, dosis superiores no mostraron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento, lo que sugiere un umbral óptimo de aplicación de nitrógeno. Esta diferencia se atribuye a que usaron únicamente el N, mientras en Canaán se usó una mezcla compleja de hidrosolubles. La identificación de momentos críticos de aplicación de fertilizantes es indispensable, al respecto, Ibiapina et al. (2024) reportaron que la aplicación de nitrógeno durante la iniciación del bulbo aumenta el rendimiento comercializable de bulbo de la cebolla, indicando la importancia del momento de aplicación en la eficiencia del elemento fertilizante. Los resultados en este trabajo, también fueron muy superiores a los reportes de Yebirzaf et al. (2024), quienes observaron que la aplicación de N: 82 kg ha<sup>-1</sup> en variedades híbridas de cebolla resultó en el mayor rendimiento comercializable (promedio de 25 t ha<sup>-1</sup>), por lo que esta diferencia se podría atribuirse a los factores externos climáticos, formas de aplicación, características edáficas y formas de N comercializable.

En este trabajo de investigación, se empleó fertilizante de liberación controlada (basecote), el cual según sus fechas técnicas pueden liberar durante un periodo de 3 meses; el cual coincide con las afirmaciones de Geisseler et al. (2021), quien destaca que la eficiencia del uso de nitrógeno puede mejorarse con fertilizantes de liberación lenta, ya que sincronizan la disponibilidad de nitrógeno con la demanda del cultivo según sus etapas fenológicas, reduciendo pérdidas y mejorando el rendimiento. Además, Maisura (2023) observó que la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, como estiércol compostado y NPK, mejora significativamente el peso y rendimiento de los bulbos de cebolla, indicando una sinergia entre fuentes de nutrientes, dado que la materia orgánica favorece en la población microbiana. Ambos tipos de fertilizantes utilizados contienen el potasio, al respecto, Salama et al. (2024) encontraron que el uso de nanopartículas de potasio como fertilizante foliar mejora el crecimiento, producción y contenido químico de la cebolla, sugiriendo una alternativa eficiente y sostenible en la fertilización. En la actualidad, sobre todo en las condiciones edafoclimáticas extremas, los fertilizantes de liberación lenta toman mucha importancia, a cerca de ello, Shaviv. (2001) afirma que los fertilizantes de liberación lenta mejoran la eficiencia de uso de nutrientes por las plantas al reducir pérdidas por lixiviación y volatilización, lo que podría explicar el

incremento de rendimiento observado en T2 (uso de basecote). Este resultado es consistente con Zhou et al. (2020), quienes reportaron incrementos del 20-40% en el rendimiento de los bulbos del cultivo de la cebolla con fertilizantes encapsulados debido a una disponibilidad prolongada de nitrógeno.

En este trabajo de investigación se aplicó fertilizante hidrosoluble, donde el Mg y S formaron parte de complejo de la mezcla (Sulfato de magnesio: 13 % S; 16 % MgO), el cual contiene azufre. Al respecto, Olsovska et al. (2024) encontraron que la fertilización con azufre aumenta el contenido de quercetina (componente que le da sabor típico y color) y polifenoles totales en cebolla, mejorando su calidad nutricional y antioxidante.

En este trabajo se empleó el fertilizante hidrosoluble, donde el nitrato de potasio formó parte de la mezcla compleja (45.5 % K<sub>2</sub>O; 13.5 % N), el cual aporta principalmente al potasio, al respecto, El-Khateeb et al. (2023) reportaron que la aplicación de 150 kg ha<sup>-1</sup> de potasio mejora significativamente la altura de la planta y el rendimiento total de la cebolla, mientras que dosis superiores reducen estos parámetros.

En este trabajo de investigación en condiciones agroecológicas de Centro Experimental de Canaán, el mejor rendimiento del tratamiento con fertilizantes hidrosolubles (T1) puede atribuirse a su rápida disponibilidad para la absorción, como señala Fageria (2018). Aunque los fertilizantes hidrosolubles son eficaces en fertirrigación, su efectividad depende de la frecuencia de aplicación según los requerimientos nutricionales de cultivo de cebolla, tal como lo indica Savci (2021), quien observó que aplicaciones fraccionadas mejoran la absorción en cebolla, principalmente en suelos de textura media. La similitud en respuesta del fertilizante de liberación lenta (basecote) al hidrosoluble que se utilizó en este trabajo, puede deberse a una sincronización entre la liberación de nutrientes y las demandas del cultivo en ambas fuentes, como propone Trenkel (2017). Además, Clark y Zheng (2020) sugiere que estos fertilizantes reducen el estrés salino, fenómeno que se presenta en valles interandinos y costa, un factor crítico en suelos con alta conductividad eléctrica (CE), lo que podría explicar la influencia parejo de T2 y T1.

### 3.7. Correlación de las variables

*Tabla 3.7. Coeficientes de correlación de las variables evaluados en cultivo de la cebolla*



En la Tabla 3.7 se muestra los coeficientes de correlación de Pearson para todos los variables; donde se puede apreciar una alta correlación entre peso total de la planta y rendimiento de bulbos (0.95), diámetro ecuatorial de bulbo y rendimiento de bulbos (0.73), es decir, entre estos existe una relación directa, por lo que, el cambio positivo o negativo de uno de ellos también influye en la misma dirección al otro variable.

Asimismo, se observan los coeficientes negativos significativos entre diámetro longitudinal de bulbo y diámetro ecuatorial de bulbo (-0.54), es decir, entre estos existe una relación inversa. Entonces, cuando el diámetro ecuatorial se incrementa, el diámetro longitudinal disminuye de manera contraria.

## CONCLUSIONES

1. Se evaluó el efecto de fertilizante hidrosoluble sobre el rendimiento cebolla (*Allium Cepa* L.); donde se encontró un incremento de 40.28% de peso total de la planta, 24.5% de diámetro ecuatorial de bulbo y 39.27% de rendimiento por hectárea de bulbos (82.45 t ha<sup>-1</sup>), todos en comparación con el testigo. Este tipo de fertilizantes tuvo un efecto menor que de liberación controlada, por lo que tuvo una influencia intermedia en las variables evaluadas.
2. Se evaluó el efecto del fertilizante de liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium Cepa* L.); donde se encontró un incremento de 38.8% en peso total de la planta, 11.26% en diámetro ecuatorial de bulbo, todos respecto al testigo. Asimismo, se encontró un rendimiento de 78.8 t ha<sup>-1</sup> de bulbos, el cual equivale a un incremento de 36.45% en comparación con el testigo. Según el resultado, queda demostrado que los fertilizantes de liberación controlada tienen efectos muy positivos en el rendimiento de cebolla roja Arequipeña.
3. El coeficiente de correlación de Pearson para todas las variables; tiene una alta correlación entre peso total de la planta y rendimiento de bulbos (0.95), diámetro ecuatorial de bulbo y rendimiento de bulbos (0.73), es decir, entre estos existe una relación directa, por lo que, el cambio positivo o negativo de uno de ellos también influye en la misma dirección a la otra variable.

Asimismo, se observan los coeficientes negativos significativos entre diámetro longitudinal de bulbo y diámetro ecuatorial de bulbo (-0.54), es decir, entre estos existe una relación inversa. Entonces, cuando el diámetro ecuatorial se incrementa, el diámetro longitudinal disminuye de manera contraria.

## RECOMENDACIONES

1. Utilizar el fertilizante hidrosoluble mediante la fertirrigación superficial por goteo, dado que influye en la expresión potencial de las especies hortícolas como en el cultivo de cebolla en condiciones agroecológicas similares al Centro Experimental de Canaán.
2. Se recomienda el uso de fertilizantes de liberación controlada en campo donde se aplican la fertilización edáfica, debido a que estos reportan mejoras resultados de rendimiento en comparación a los fertilizantes convencionales, mas no así en un sistema de fertirriego por goteo.
3. Se recomienda no usar el nitrato de amonio en demasía como fuente nitrogenada para no tener una relación inversa de la masa total planta frente a la formación del bulbo en la cebolla.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apcho E., Caballero M. & Miranda R. (2017). *Planeamiento Estratégico de la Cebolla en el Perú* 2027.  
[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8252/APCHO\\_CABALLERO\\_PLANEAMIENTO\\_CEBOLLA.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8252/APCHO_CABALLERO_PLANEAMIENTO_CEBOLLA.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Balderas, E. (1978). *Producción de nitrato de calcio para su uso como fertilizante*. Universidad de monterrey. file:///C:/Users/INTEL/Downloads/33409001618705.pdf
- Ballestes, Olmos & Anguis (1998). *Fertilizantes de acción lenta encapsulados*. Num.11/95. Instituto Valenciano de Investigación Agraria.  
[https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/8207/1995\\_Ballester-Olmos\\_Fertilizantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/8207/1995_Ballester-Olmos_Fertilizantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Bellido M. & Pino M. (2000). *Metodología de fertirrigación Boletín N° 19*.  
[https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32182/Boletin\\_INIA\\_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/32182/Boletin_INIA_19.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Brewster, J. L. (2008). *Onions and other vegetable Alliums* (2nd ed.). CABI.  
[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eW\\_TiZ1jHCkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Onions+and+other+vegetable+Alliums&ots=SJDl0D6u75&sig=v4WJvFaXcH2DgkdLLi8Zfn3Jy60#v=onepage&q=Onions%20and%20other%20vegetable%20Alliums&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eW_TiZ1jHCkC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Onions+and+other+vegetable+Alliums&ots=SJDl0D6u75&sig=v4WJvFaXcH2DgkdLLi8Zfn3Jy60#v=onepage&q=Onions%20and%20other%20vegetable%20Alliums&f=false).
- Calvache, M. (1998). *Fertirriego en Ecuador*.  
[https://www.academia.edu/9771405/FERTIRRIEGO\\_EN\\_ECUADOR](https://www.academia.edu/9771405/FERTIRRIEGO_EN_ECUADOR)
- Clark, M. J., & Zheng, Y. (2020). Evaluation of Nine Canadian Retail Consumer Potting Mixes for Growing Container Plants. *HortTechnology*, 30(1), 88–95.  
<https://doi.org/10.21273/horttech04491-19>
- Compo expert. (2021). *Ficha técnica de Basacote Plus 6M 16-8-12(+2+TE)*.  
<https://www.compo-expert.com/es-AR/productos/basacote-plus-6m-16-8-12te>
- Dingre, SK, Pawar, DD, Kale, KD y Kadam, MM (2016). Productividad de las semillas de cebolla, aprovechamiento de nutrientes y respuesta de la calidad a la fertirrigación por

- goteo en la India semiárida. *Journal of plant nutrition*, 39 (10), 1391-1403.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2016.1161772>
- Enciso, C., Vera, P., Santacruz, A., & González, J. (2019). Guía Técnica: Cultivo de cebolla. In *Ppt* (Vol. 53, Issue 9). Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).  
[https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt\\_02.pdf](https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_02.pdf)
- El-Khateeb, A. Y., et al. (2023). Response of Growth and Yield of Onion Plants to Potassium Fertilizer and Humic Acid. *Journal of Plant Production*, 14(3), 237–245.  
[https://jpp.journals.ekb.eg/article\\_237103.html](https://jpp.journals.ekb.eg/article_237103.html)
- El Assimi, T., Lakbita, O., Abdellatif El Meziane, Mehdi Khoulood, Abdelmalek Dahchour, Redouane Beniazza, Rachid Boulif, Mustapha Raihane, & Lahcini, M. (2020). Sustainable coating material based on chitosan-clay composite and paraffin wax for slow-release DAP fertilizer. *International Journal of Biological Macromolecules*, 161, 492–502. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.074>
- Fageria, N. K. (2016). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press.  
<https://doi.org/10.1201/9781420075113>
- Ferreira, R., Sellés G., Ahumada R., Maldonado P. Pilar G. & Barrera C. (2005) *Manejo del riego localizado y fertirrigación*. Boletín N°126. Chile.  
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/9397/CNR-0074.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández-Escobar, R., Benlloch, M., & Navarro, C. (2020). Fertilización en cultivos hortícolas: Estrategias para mejorar la eficiencia. *Horticultura International*, 45(3), 112-125. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00276-0>
- Ferrer, T. P. (2009). Fertiirrigación en cultivos leñosos y abonado de árboles jóvenes.

[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_Vrural%2FVrural\\_2009\\_286\\_28\\_32.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Vrural%2FVrural_2009_286_28_32.pdf)

- Gallardo, I. A., Edmundo, V. B. Matamala, J. G. Cabas, N. M., et al. (1994). Riego y sustentabilidad agropecuaria. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/dbca1bbd-06ac-47c2-b664-328f89b07c30/content>
- Gonzales M., Rodríguez M., Hernadez M., Rodríguez C., Rieumont J., Cuesta E., Sardinas C. & Morales A. (2005) *Obtención de una fertilizante de liberación lenta y controlada enriquecido con diferentes plantas marinas*. Vol. XVII, numer. 3. Cuba.Revista cubana de química. <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543687009.pdf>
- González M., Hernández M., Dupeyrón D., Rieumont J., Rodríguez C., Cuesta E., Sardiña, C. (2007). Vol. 8 (4). *RevistaIbaroamericana de Polimeros*. <https://goo.su/KXUZSC>
- Geisseler, D., Ortiz, R. S., & Diaz, J. (2021). Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.)—A literature review. *Scientia Horticulturae*, 291, 110591–110591. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110591>
- Galvis, J. (2009). *Fertiirrigación*. <https://www.academia.edu/32576724/FERTIRRIGACION>
- Guo, Y., Zhang, M., Liu, Z., Zhao, C., Lu, H., Zheng, L., & Li, Y. C. (2020). Applying and Optimizing Water-Soluble, Slow-Release Nitrogen Fertilizers for Water-Saving Agriculture. *ACS Omega*, 5(20), 11342–11351. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00303>
- Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., & Smith, B. (2002). Onions a global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16(7), 603–615. <https://doi.org/10.1002/ptr.1222>
- Hu, Y., Zhang, F., Javed, H. H., Peng, X., Chen, H., Tang, W., Lai, Y., & Wu, Y. (2023). Controlled-Release Nitrogen Mixed with Common Nitrogen Fertilizer Can Maintain High Yield of Rapeseed and Improve Nitrogen Utilization Efficiency. *Plants*, 12(24), 4105–4105. <https://doi.org/10.3390/plants12244105>

- Internacional Plant Nutrition Institute (s.f.) *Fuentes de nutrientes específicos: Fosfato monoamónico* N°9. [http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/5941C29125DA441485257BBA0059B952/\\$FILE/NSS-ES-09.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/5941C29125DA441485257BBA0059B952/$FILE/NSS-ES-09.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020, 21 de mayo). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Inei.gob.pe. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-cebolla-se-incremento-259-en-noviembre-de-2019-12035/>
- Ibiapina, H., Luiz, A., Dutta, B., & Coolong, T. (2023). Impact of Nitrogen Fertilizer Rate and Timing on Short-day Onion Production. *HortTechnology*, 34(1), 13–19. <https://doi.org/10.21273/horttech05323-23>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2003). Tecnología y perspectivas comerciales del cultivo de cebolla. [http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos\\_compartidos/111219220807125208.pdf](http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos_compartidos/111219220807125208.pdf)
- Japon, J. Q. (1982). Cultivo Extensivo De la cebolla. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1982\\_18.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1982_18.pdf)
- Maisura, M., Nurdin, M., & Muslina, M. (2019). Effect of manure and NPK fertilizers on growth and production of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Tropical Horticulture*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.33089/jthort.v2i1.15>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (s.f.). Ficha Técnica N° 17. Requerimientos Agroclimáticos Del Cultivo De Cebolla. <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/ais-2015/ficha17-cebolla.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2015) *Requerimiento agroclimáticos del cultivo de cebolla*. Ficha Técnica N° 17. Lima <https://www.midagri.gob.pe/portal/informacion-agroclimatica/fichas-tecnicas-2018?download=13552:ficha-tecnica-cultivo-de-cebolla>
- Lawrencia, D., Wong, S. K., Low, D. Y. S., Goh, B. H., Goh, J. K., Ruktanonchai, U. R., Soottitantawat, A., Lee, L. H., & Tang, S. Y. (2021). Controlled Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and Mechanism of Release. *Plants*, 10(2), 238. <https://doi.org/10.3390/plants10020238>

- Lanzotti, V. (2006). The analysis of onion and garlic. *Journal of Chromatography A*, 1112(1-2), 3–22. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2005.12.016>
- Li, H., Mei, X., Wang, J., Huang, F., Hao, W., & Li, B. (2021). Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency with respect to traditional irrigation and fertilization practices: A meta-analysis in China. *Agricultural Water Management*, 244, 106534. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106534>
- Olsovska, K., Golisova, A., & Oksana Sytar. (2024). Optimizing Nitrogen Nutrient Management for the Sustainable Enhancement of Secondary Metabolites and Yield in Onion Cultivation. *Sustainability*, 16(11), 4396–4396. <https://doi.org/10.3390/su16114396>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2013). *Tecnología para el uso sostenible del agua*. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/tecnologias-para-el-uso-sostenible-del-agua.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/tecnologias-para-el-uso-sostenible-del-agua.pdf)
- Pacheco I. (2013). *Curva de absorción de nutrimentos en cebolla Allium cepa cv. Aquariusy ajo Allium sativum cv. Criollo*. Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2508/1/36553.pdf>
- Palomino, G. (2015). *Optimización del proceso de producción del nitrato de potasio*. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132050/Optimizacion-del-proceso-de-produccion-del-nitrato-de-potasio.pdf?sequence=4>
- Pinzón R., H. (2009). Los cultivos de cebolla y ajo en Colombia: estado del arte y perspectivas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(1), 45–55. [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1198](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1198)
- Rodríguez E. y Guzmán M. (2004). *Características de los fertilizantes para su uso en la fertirrigación*. [https://www.researchgate.net/publication/257416472\\_CHARACTERISTICAS\\_DE\\_LOS\\_FERTILIZANTES\\_PARA\\_SU\\_USO\\_EN\\_LA\\_FERTIRRIGACION](https://www.researchgate.net/publication/257416472_CHARACTERISTICAS_DE_LOS_FERTILIZANTES_PARA_SU_USO_EN_LA_FERTIRRIGACION)

- Rojas I., Coronado M., Rossetti S. & Beltran F. (2020) *Contaminación por nitrato y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en la cuenca de la actividad agrícola en la cuenca baja del río mayo en el estado de Sonora, México*. Vol. 38 no.2 [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792020000300247&lang=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792020000300247&lang=es)
- Redy, N., & Shiferaw, A. (2024). Growth and Yield of Onion (*Allium cepa* L.) as Affected by Variable Rates of Poultry Manure and Mineral Nitrogen Fertilizer at Alage, Central Rift Valley Ethiopia. *American Journal of Life Sciences*, 12(3), 44–56. <https://doi.org/10.11648/j.ajls.20241203.11>
- Ronen, E. (2015). *Potasio. Una solución posible para los problemas de salinidad*. Rev. Agrolluvia.com. [https://www.researchgate.net/publication/274245170\\_Nitrato-de-Potasio-Multi-K-una-solucion-posible-para-los-problemas-de-salinidad](https://www.researchgate.net/publication/274245170_Nitrato-de-Potasio-Multi-K-una-solucion-posible-para-los-problemas-de-salinidad)
- Salama, D. M., Khater, M. A., & Abd El-Aziz, M. E. (2024). The influence of potassium nanoparticles as a foliar fertilizer on onion growth, production, chemical content, and DNA fingerprint. *Heliyon*, 10(11), e31635. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31635>
- Savci, S. (2021). Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. *APCBEE Procedia*, 1, 287-292. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.03.047>
- Shakeel, S., Mahmood, R., Fatima, A., Nadeem, F., Ali, S., Ali, N., Haider, M. S., & Ma, Q. (2024). Iron (Fe) and zinc (Zn) coated urea application enhances nitrogen (N) status and bulb yield of onion (*A. cepa*) through prolonged urea-N stay in alkaline calcareous soil. *Scientia Horticulturae*, 336, 113421–113421. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2024.113421>
- Shaviv, A. (2001). Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy*, 1–49. [https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(01\)71011-5](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(01)71011-5)
- Shelema, A., Hruy, G., & Mengesha, B. (2024). Effect of Different Nitrogen Fertilizer Levels on Growth and Yield of Bombay Red Onion (*Allium cepa* L.) Variety in the Southern Zone of Tigray, Ethiopia. *Asian Journal of Plant and Soil Sciences*, 9(1), 21–29. <https://doi.org/10.56557/ajopss/2024/v9i1101>

- Simelane, M. P. Z., Soundy, P., & Maboko, M. M. (2024). Impacts of Calcium Cyanamide Application as a Nitrogen Source on Growth, Yield, Quality, and Storage Durability of Short-day Onion. *HortScience*, 59(7), 910–918. <https://doi.org/10.21273/hortsci17660->
- Trenkel, M. E. (2017). Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. IFA. <https://www.fertilizer.org>
- Vásquez, J. Y. (2019). Producción de cebolla (*Allium cepa*) amarilla dulce en Villacurí - Ica [Universidad Nacional Agraria La Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3852>
- Yebirzaf Y, Alemayehu, M., & Enyew Adgo. (2024). Enhancing bulb yield through nitrogen fertilization and the use of hybrid onion (*Alluim cepa* L.) varieties in northwest Ethiopia. *PLoS ONE*, 19(10), e0312394–e0312394. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312394>
- Zamora, E. (2016). El cultivo de la cebolla. *Producción de Hortalizas DAG/HORT-015*, 80(4), 1–25. <https://dagus.unison.mx/Zamora/CEBOLLA-DAG-HORT-015.pdf>
- Zhou, B., Sun, X., Ge, J., Li, C., Ding, Z., Ma, S., Ma, W., & Zhao, M. (2020). Wheat growth and grain yield responses to sowing date-associated variations in weather conditions. *Agronomy Journal*, 112(2), 985–997. <https://doi.org/10.1002/agj2.20122>

## **ANEXO**

*Anexo I. Análisis de prueba de supuestos (normalidad y homogeneidad) de las variables*

**Peso de la planta:**

Shapiro-Wilk normality test  
1.1. data: residuals(mod.fac1)  
1.1. W = 0.95208, p-value = **0.7129**  
Bartlett test of homogeneity of variances  
1.1. data: pesop by trt  
1.1. Bartlett's K-squared = 4.8275, df = 2, p-value = **0.08948**

**Número de hojas:**

Shapiro-Wilk normality test  
1.1. data: residuals(mod.fac2)  
1.1. W = 0.92871, p-value = **0.4692**  
Bartlett test of homogeneity of variances  
1.1. data: numeroh by trt  
1.1. Bartlett's K-squared = 0.020111, df = 2, p-value = **0.99**

**Altura de la planta:**

Shapiro-Wilk normality test  
1.1. data: residuals(mod.fac3)  
1.1. W = 0.91828, p-value = **0.3782**  
Bartlett test of homogeneity of variances  
1.1. data: altura by trt  
1.1. Bartlett's K-squared = 5.2976, df = 2, p-value = **0.07074**

**Rendimiento de bulbos:**

Shapiro-Wilk normality test  
1.1. data: residuals(mod.fac4)  
1.1. W = 0.9512, p-value = **0.7032**  
Bartlett test of homogeneity of variances  
1.1. data: rdt by trt  
1.1. Bartlett's K-squared = 0.85297, df = 2, p-value = **0.6528**

**Diámetro ecuatorial de bulbo:**

Shapiro-Wilk normality test  
1.1. data: residuals(mod.fac6)  
1.1. W = 0.97631, p-value = **0.9427**  
Bartlett test of homogeneity of variances  
1.1. data: diametroe by trt  
1.1. Bartlett's K-squared = 0.92708, df = 2, p-value = **0.6291**

**Diámetro longitudinal de bulbo:**

Bartlett test of homogeneity of variances  
1.1. data: diametroe by trt  
1.1. Bartlett's K-squared = 0.92708, df = 2, p-value = **0.6291**  
Bartlett test of homogeneity of variances  
1.1. data: diametrol by trt  
1.1. Bartlett's K-squared = 1.373, df = 2, p-value = **0.5033**

*Anexo 2. Datos de campo de las variables evaluadas testigo.*

<b>TESTIGO</b>						
<b>Repetición</b>	<b>Peso de planta (cm)</b>	<b>Número de hoja (Und.)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso de bulbo (g)</b>	<b>Diámetro ecuatorial (cm)</b>	<b>Diámetro longitudinal (cm)</b>
R1	476	6	88	355	8.297	10.254
	280	5	73	235	6.18	13.197
	295	5	70	265	7.446	10.715
	285	5	78	235	7.576	8.904
	190	6	61	175	6.828	8.32
	370	6	90	265	7.33	10.704
	325	6	74	240	7.438	10.76
	330	5	80	285	7.633	9.449
	385	6	94	270	6.9	12.548
	300	5	77	240	6.374	11.66
<b>PROMEDIO</b>	<b>323.6</b>	<b>5.5</b>	<b>78.5</b>	<b>256.5</b>	<b>7.2002</b>	<b>10.6511</b>
R2	330	6	70	305	7.919	11.861
	465	6	98	305	8.082	12.44
	205	5	76	160	6.561	10.012
	106	5	72	130	4.868	12.374
	180	5	55	165	6.305	9.758
	265	5	87	165	5.501	12.488
	230	5	65	195	7.084	8.928
	375	7	98	220	6.277	11.804
	155	5	72	125	5.93	10.172
	270	5	65	210	6.82	10.244
<b>PROMEDIO</b>	<b>258.1</b>	<b>5.4</b>	<b>75.8</b>	<b>198</b>	<b>6.5347</b>	<b>11.0081</b>
R3	175	6	75	130	5.483	10.018
	285	6	80	215	6.029	13.06
	240	6	85	165	6.236	11.059
	180	5	75	145	5.459	10.959
	205	5	70	130	6.067	8.405
	195	4	68	175	6.219	10.411
	175	5	68	135	5.358	10.364
	145	5	58	115	5.163	10.204
	115	4	58	105	5.303	7.997
	160	4	54	120	5.244	9.273
<b>PROMEDIO</b>	<b>187.5</b>	<b>5</b>	<b>69.1</b>	<b>143.5</b>	<b>5.6561</b>	<b>10.175</b>

*Anexo 3. Datos de campo de las variables evaluadas tratamiento basecote.*

<b>T. BASECOTE</b>						
<b>Categoría</b>	<b>Peso de planta (g)</b>	<b>Número de hoja(Und)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso de bulbo (g)</b>	<b>Diámetro ecuatorial (cm)</b>	<b>Diámetro longitudinal (cm)</b>
R1	435	5	75	375	9.315	9.312
	495	5	84	420	8.619	11.002
	545	5	80	480	9.577	10.07
	445	5	72	385	8.37	10.986
	315	5	80	235	7.499	10.618
	320	4	65	255	7.189	9.769
	225	4	64	205	7.59	7.794
	250	4	73	200	6.688	9.131
	255	5	90	240	7.189	10.458
	315	5	68	240	7.561	9.89
R2	255	4	73	230	6.628	11.477
	335	4	83	265	7.803	9.758
	265	4	65	140	5.58	9.883
	230	5	66	170	6.647	7.684
	200	4	74	170	6.834	9.789
	320	4	79	160	6.609	7.97
	230	4	69	175	7.119	8.216
	395	5	93	360	10.804	8.557
	380	4	75	355	12.256	7.761
	390	5	75	350	11.078	8.192
R3	435	4	95	360	12.683	7.981
	395	5	75	355	10.618	8.389
	445	5	65	385	11.832	8.013
	270	4	75	205	9.977	6.745
	455	4	84	306	11.605	7.78
	300	4	85	230	10.507	7.18
	465	5	103	315	12.749	7.705
	280	4	67	225	9.627	7.208
	300	4	77	250	10.665	6.668
	230	4	57	190	10.441	6.143

*Anexo 4. Datos de campo de las variables evaluadas tratamiento fertirriego.*

<b>T. FERTIRIEGO</b>						
<b>Categoría</b>	<b>Peso de planta (cm)</b>	<b>Número de hoja (Und)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Peso de bulbo (g)</b>	<b>Diámetro ecuatorial (cm)</b>	<b>Diámetro longitudinal (cm)</b>
R1	420	4	70	347	85.52	98.04
	380	4	75	320	81.01	98.04
	335	4	60	300	75.6	106.68
	530	5	1	385	7.975	13.595
	470	6	94	340	7.879	11.886
	555	4	98	455	9.44	11.829
	500	5	89	410	8.712	10.908
	450	5	98	310	7.39	13.511
	495	5	1.07	330	7.664	13.049
	465	4	72	415	88.2	101.48
R2	325	4	75	230	69.68	104.2
	315	4	78	255	65.92	118
	340	4	64	280	69.7	121.46
	280	4	51	270	78.02	92.9
	375	4	70	300	81.08	99.35
	355	4	84	240	64.5	110.28
	355	4	65	270	71.12	112.14
	290	4	73	280	80.46	85.2
	380	4	70	315	77.52	101.17
	325	4	54	295	77.06	96.99
R3	280	4	69	230	62.8	110.4
	270	4	74	175	59.54	111.35
	200	4	67	230	63.93	93.93
	280	4	62	235	72.83	84.38
	230	4	70	175	60.49	99.07
	205	4	57	170	61.22	90.27
	245	4	75	175	61.6	101.99
	200	4	56	175	60.23	81.68
	280	4	57	240	74.5	91.18
	175	4	48	145	66.83	78.38

*Anexo 5. Galería de fotografías del proceso de elaboración de la tesis*



Nota A: Preparación de sustrato e instalación de riego por goteo de cinta en las camas de almacigo.



Nota A.: Cubrimiento de la cama almaciguera con paja



Nota A: Trasplante de plántulas en la superficie de las camas elevadas.



Nota A: Crecimiento y desarrollo uniforme del cultivo



Nota A: Desarrollo del bulbo con el sistema de riego por goteo.



Nota A: Tumbado de cebolla, para cosechar bulbo seco.



Nota A: Evaluación postcosecha de bulbos.



Nota A: Área de secado de cebolla cosechada.

Anexo 6: Reporte del análisis de caracterización del suelo Centro Experimental Canaán.



# MULTISERVICIOS AGROLAB

INGENIEROS TRABAJANDO POR UN AGRO SOSTENIBLE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

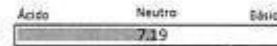
## ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

### ASESORÍA Y CAPACITACIÓN EN:

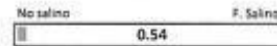
- EVALUACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS.
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS AGRÍCOLA.
- USO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS.
- ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL.
- AGRICULTURA SUSTENTABLE.

Solicitante	Sr. Yober Cartagena Gamboa				Fecha	10/02/2024	
Proyecto	Bioslice foliar y levadura de panificación al suelo en el rendimiento de cebolla ( <i>Allium cepa</i> L.), Canaán a 2750 msnm, Ayacucho 2023						
Departamento	Ayacucho	Provincia:	Huamanga	Distrito:	A.A. Cáceres D.	Localidad:	N/A
Sector		Altitud (m.s.n.m.)	N/A	Superficie:		Coordenadas:	N/A
Código de muestra	12291	Referencia de Campo:	Canaán	Cultivo anterior:		Cultivo a sembrar	

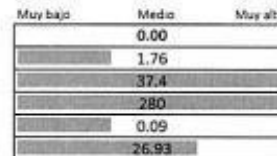
Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
1 pH (1:1)	7.19	Unidad pH	Neutro



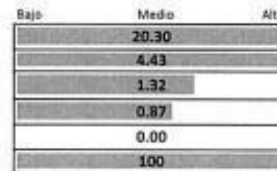
Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
2 Conductividad (1:1)	0.54	dS m. <sup>-1</sup>	No salino



3 Carbonatos	0.00	%	Muy bajo
4 Materia orgánica	1.76	%	Bajo
5 Fósforo disponible	37.41	ppm	Muy Alto
6 Potasio disponible	280	ppm	Muy Alto
7 Nitrógeno total	0.09	%	Bajo
8 C.I.C.	26.93	Cmol (+).kg. <sup>-1</sup>	Alto



Parámetro	Resultado	Unidad	Clasificación
10 Ca <sup>++</sup>	20.30	Cmol (+).kg. <sup>-1</sup>	Alto
11 Mg <sup>++</sup>	4.43	Cmol (+).kg. <sup>-1</sup>	Alto
12 K <sup>+</sup>	1.32	Cmol (+).kg. <sup>-1</sup>	Alto
13 Na <sup>+</sup>	0.87	Cmol (+).kg. <sup>-1</sup>	Medio
14 Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>	0.00	Cmol (+).kg. <sup>-1</sup>	Muy bajo
15 Saturación de bases	100	%	Alto



Clase textural			
Arena	%	41	Clase
Limo	%	30	
Arcilla	%	29	
			Fr.Ar.



Relaciones catiónicas		
Parámetro	Resultado	Valoración
Ca / K	15.34	Ideal
Ca / Mg	4.58	Deficiencia de Calcio
Mg / K	3.35	Deficiencia de Potasio
(Ca + Mg + K)/Al		

10/02/2024  
 PH.D. Marilisa Cordero Gómez  
 Responsable de Laboratorio

A = arena, A.Fr = Arena franca; Fr.A. = Franco arenoso; Fr = Franco; Fr.L = Franco limoso; L = Limoso; FrArA = Franco arcillo arenoso; FrAr = Franco arcilloso; FrArL = Franco arcillo limoso; ArA = Arcillo arenoso; ArL = Arcillo limoso; Ar = Arcilloso.

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PRESENTADO POR HILDA ELENA  
RAMIREZ PALACIOS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

En la ciudad de Ayacucho a los veintiséis días del mes de setiembre del año dos mil veinticinco, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo, Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla, como asesor; Ph.D. Sandra Del Águila Ríos y Ing. Hoover Núñez Alfaro; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza.

El Decano de la Facultad apertura el acto de sustentación de la tesis titulado: **Efecto de fertilización hidrosoluble y liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2023**, terminado el acto de sustentación, los miembros del jurado, luego de una deliberación en privado, procedieron a calificar con el siguiente resultado:

**1<sup>er</sup> Jurado M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo**

Calidad de exposición con relación a los objetivos planteados: Realizó una exposición ágil y tratando de enfocar los objetivos. **Nota: 14**

Respuesta a las preguntas del jurado: Conoce el tema, sin embargo, no se ha enfocado en las respuestas concretas. **Nota: 14**

Generación de nuevos conocimientos: Permite conocer el uso de fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta con el riego por goteo, para mejorar la eficiencia en el cultivo de cebolla. **Nota: 15**

**Observaciones:** Corregir las observaciones sugeridas en el borrador. Corregir el título como: Efecto de fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2023

**Nota promedio: 14 (aprobado)**

**2<sup>do</sup> Jurado Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla (Asesor)**

Calidad de exposición con relación a los objetivos planteados: Muy buena, en el tiempo concedido, con uso de ppt bien elaborado. **Nota: 16**

Respuesta a las preguntas del jurado: Muy buena. **Nota: 16**

Generación de nuevos conocimientos: Innovación con uso de fertilización hidrosoluble y de liberación lenta como fertirriego. **Nota: 16**

**Observaciones:** Indicadas en el ejemplar.

**Nota promedio: 16 (aprobado)**

**3<sup>er</sup> Jurado Ph.D. Sandra Del Águila Ríos**

Calidad de exposición con relación a los objetivos planteados: La sustentante utilizó un tiempo de 30 minutos para su sustentación, sin embargo, debió explicar mejor sobre el experimento. **Nota: 14**

Respuesta a las preguntas del jurado: LA sustentante muestra conocimiento del tema, sin embargo, le faltó responder técnicamente sobre la frecuencia de riego, eficiencia del sistema de riego por goteo (Diseño Agronómico) entre otros. **Nota: 14**

Generación de nuevos conocimientos: Los resultados del trabajo de investigación son importantes para los interesados en conocer los efectos de 2 tipos de fertilizantes (hidrosolubles y de liberación lenta) aplicados al cultivo de cebolla en condiciones de INIA - Canaán. **Nota: 16**

**Observaciones**: Mejorar según las observaciones realizadas dentro del ejemplar, mejorar la descripción del sistema de riego: componente arco de riego, filtro (# Mesh) presión de operación magnitud de laterales, esp. Entre lat., Qemisor, entre otros; explicar porque se escogió los goteros de calibre 8000, entre otros, adjuntar croquis de componentes del sistema.

**Nota promedio: 15 (aprobado)**

**4º Jurado Ing. Hoover Núñez Alfaro**

Calidad de exposición con relación a los objetivos planteados: Le faltó explicar más su trabajo de tesis, otros cuadros y diseños faltan en sus tesis, para lo cual se recomienda. **Nota: 15**

Respuesta a las preguntas del jurado: Trata de responder, sin basar a las preguntas, como al intervalo, frecuencia, tiempo de riego, se debió ayudar con el diseño agronómico. **Nota: 15**

Generación de nuevos conocimientos: La fertirrigación es la eficiencia en el uso del agua y los fertilizantes en la producción de cebolla y otros cultivos. **Nota: 16**

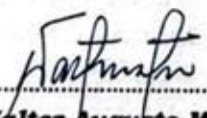
**Observaciones**: Considerar el diseño agronómico Tr, Sr y Fr; mencionar el esquema del pequeño sistema de riego por goteo, considerar fórmulas según el análisis del suelo y agua.

**Nota promedio: 15 (aprobado)**

**EN CONCLUSIÓN: NOTA PROMEDIO DE LOS JURADOS: 16 dieciséis (APROBADO)**

**OBSERVACIONES**: Por acuerdo unánime de los miembros del jurado, el título del trabajo de investigación debe ser: **Efecto de fertilizantes hidrosoluble y liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2023**

Concluye el acto académico siendo las diecisiete con cincuenta y cinco horas del mismo día. Firman el acta.

  
.....  
**M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo**  
**Presidente**

  
.....  
**Ing. Orlando Fidel Sulca Castilla**  
**Asesor**

  
.....  
**Ph.D. Sandra Del Aguila Ríos**  
**Jurado**

  
.....  
**Ing. Hoover Núñez Alfaro**  
**Jurado**



**UNSCH**

FACULTAD DE CIENCIAS  
**AGRARIAS**

## **CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS**

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.D N° 213-2025-UNSCH-FCA-D; hace constar que el trabajo titulado;

### **Efecto de fertilizantes hidrosoluble y liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2023**

Autor : Hilda Elena RAMIREZ PALACIOS

Asesor : Orlando Fidel SULCA CASTILLA

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de tesis, aprobando mediante de RCU 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de veinte **(20%)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajo estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con identificador de la entrega: 2899587953

Ayacucho, 10 de marzo de 2026

.....  
**Angela J. Requis Quintanilla**

M.Sc. en Fitopatología

E.P. Agronomía

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

# Efecto de fertilizantes hidrosoluble y liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2023

*por* Hilda Elena RAMIREZ PALACIOS

---

**Fecha de entrega:** 10-mar-2026 10:44a. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2899587953

**Nombre del archivo:** BORRADOR\_-\_RAMIREZ\_PALACIOS\_HILDA\_ELENA\_\_CORREGIDO.pdf (3.58M)

**Total de palabras:** 16896

**Total de caracteres:** 91403

# Efecto de fertilizantes hidrosoluble y liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.), Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	11%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	scholar.uprm.edu Fuente de Internet	1%
5	www.magrama.gob.es Fuente de Internet	1%
6	id.scribd.com Fuente de Internet	1%
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
8	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://www.compo-expert.com">www.compo-expert.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://www.portalfruticola.com">www.portalfruticola.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositoriotec.tec.ac.cr">repositoriotec.tec.ac.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.uaaan.mx">repositorio.uaaan.mx</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Efecto de fertilizantes hidrosoluble y liberación lenta en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.),  
Canaán, 2750 m.s.n.m., Ayacucho, 2023  
Hilda Elena Ramírez Palacios  
[Hilda.ramirez.01@unsch.edu.pe](mailto:Hilda.ramirez.01@unsch.edu.pe)

Orlando Fidel Sulca Castilla  
[orlando.sulca@unsch.edu.pe](mailto:orlando.sulca@unsch.edu.pe)

Área de investigación: Medio ambiente  
Lineal de investigación: Sistemas de producción agrícola

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de fertilizantes de liberación lenta e hidrosolubles sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en condiciones de 2750 m s. n. m., en Canaán, Ayacucho (2023). Se establecieron tres tratamientos: fertilización de liberación controlada (T1), fertilización hidrosoluble (T2) y un testigo sin fertilización (T3), bajo un Diseño Completamente Aleatorizado, con tres repeticiones y nueve unidades experimentales. El fertilizante de liberación lenta utilizado fue Basacote® Plus 3M (16-8-12 +2+TE), mientras que la fertilización hidrosoluble incluyó fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12.5 % N), nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), nitrato de potasio (45.5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N), nitrato de calcio (15.5 % N; 26 % CaO) y sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO). Los resultados mostraron que T1 incrementó significativamente el peso total de la planta (38.8 %), el diámetro ecuatorial del bulbo (11.26 %) y el rendimiento (78.80 t ha<sup>-1</sup>), equivalente a un aumento del 36.45 % respecto al testigo. Por su parte, T2 presentó incrementos de 40,28 % en peso total de la planta, 24.5 % en diámetro ecuatorial y 39.27 % en rendimiento (82.45 t ha<sup>-1</sup>). No se observaron diferencias significativas en altura de planta, diámetro polar del bulbo ni número de hojas. En general, ambos tipos de fertilización mejoraron el rendimiento del cultivo, siendo la fertilización hidrosoluble la de mayor respuesta productiva bajo las condiciones evaluadas.

**Palabras clave:** *Allium cepa*, basecote, fertilizantes, liberación lenta, hidrosolubles.

Effect of water-soluble and slow-release fertilizers on the yield of onion (*Allium cepa* L.),  
Canaán, 2750 m.a.s.l., Ayacucho, 2023

Hilda Elena Ramírez Palacios  
[Hilda.ramirez.01@unsch.edu.pe](mailto:Hilda.ramirez.01@unsch.edu.pe)

Orlando Fidel Sulca Castilla  
[orlando.sulca@unsch.edu.pe](mailto:orlando.sulca@unsch.edu.pe)

Research area: Environment  
Research line: Agricultural production systems

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of slow-release and water-soluble fertilizers on the yield of onion (*Allium cepa* L.) under conditions of 2750 m above sea level, in Canaán, Ayacucho (2023). Three treatments were established: controlled-release fertilization (T1), water-soluble fertilization (T2), and a control without fertilization (T3), under a completely randomized design, with three replications and nine experimental units. The slow-release fertilizer used was Basacote® Plus 3M (16-8-12 +2+TE), while the water-soluble fertilization included monoammonium phosphate (61% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12.5% N), ammonium nitrate (31% N; 3% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), potassium nitrate (45.5% K<sub>2</sub>O; 13.5% N), calcium nitrate (15.5% N; 26% CaO), and magnesium sulfate (13% S; 16% MgO). The results showed that T1 significantly increased total plant weight (38.8%), equatorial bulb diameter (11.26%), and yield (78.80 t ha<sup>-1</sup>), equivalent to a 36.45% increase compared to the control. Treatment T2 showed increases of 40.28% in total plant weight, 24.5% in equatorial diameter, and 39.27% in yield (82.45 t ha<sup>-1</sup>). No significant differences were observed in plant height, bulb polar diameter, or number of leaves. Overall, both fertilization methods improved crop yield, with water-soluble fertilization showing the greatest productive response under the evaluated conditions.

**Keywords:** *Allium cepa*, basacote, fertilizers, slow release, water-soluble.

## 1. INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial debido a su amplio consumo y valor económico. En el ámbito del comercio internacional, la cebolla presenta una dinámica creciente. Entre los años 2001 y 2006, aproximadamente el 98 % de la exportación de cebolla se dirigió al mercado de Estados Unidos. En el año 2007, las exportaciones hacia este país se incrementaron en un 40 % con respecto al año anterior, mientras que las exportaciones globales aumentaron en un 66 % debido a la apertura de nuevos mercados, principalmente Colombia, seguido de Chile, España, Ecuador, Países Bajos y Panamá (Apcho et al., 2017).

A nivel nacional, la producción de cebolla ha mostrado una tendencia creciente. En el año 2020, la producción nacional alcanzó 75 816 toneladas, lo que representó un incremento del 25.9 % respecto al mes anterior, atribuible principalmente al aumento del área sembrada y a condiciones climáticas favorables para el desarrollo del cultivo. Arequipa concentra el 60.9 % de la producción nacional, registrando un incremento del 65.7 % respecto a años previos. Otros departamentos como Cusco, Lambayeque, Junín y Piura también mostraron incrementos productivos; sin embargo, regiones como La Libertad, Ayacucho, Lima, Áncash e Ica evidenciaron una disminución significativa de su producción (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2020).

El incremento de la producción de cebolla ha sido impulsado por el aumento de la demanda interna, estimada en un 80 %, y por la apertura de nuevos mercados de exportación. No obstante, este crecimiento productivo ha venido acompañado de prácticas agrícolas poco sostenibles, especialmente en el manejo del riego y la fertilización. La aplicación excesiva de agua genera problemas fisiológicos y fitosanitarios, como la asfixia radicular, que afectan negativamente el desarrollo del cultivo y reducen el rendimiento (Gallardo et al., 1994).

Asimismo, el uso indiscriminado de agroquímicos ha provocado impactos ambientales adversos. Según la FAO, la aplicación inadecuada de fertilizantes ocasiona alteraciones en el pH del suelo, deterioro de su estructura, desequilibrios en la microfauna edáfica y procesos de eutrofización. En este contexto, la agricultura es una de las principales fuentes de contaminación difusa de las cuencas hidrográficas, principalmente por la lixiviación de nitratos y fosfatos derivados de la fertilización convencional (Rojas et al., 2020). Entre los

nutrientes, el nitrógeno es considerado uno de los elementos más contaminantes debido a su baja eficiencia de retención en el suelo, con pérdidas que pueden oscilar entre el 50 y 100 %. Como alternativa, los fertilizantes de liberación controlada representan una opción sostenible, ya que mejoran la eficiencia del uso del nitrógeno mediante su liberación gradual, permitiendo una mayor asimilación por parte de la planta y reduciendo las pérdidas por lixiviación (Ballesteros et al., 1998).

Bajo este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la fertirrigación y del uso de fertilizantes hidrosolubles y de liberación controlada aplicados mediante riego por goteo sobre el rendimiento del cultivo de cebolla roja arequipeña (*Allium cepa* L.) en el Centro Experimental Canaán - UNSCH, Ayacucho, comparando los rendimientos obtenidos entre los diferentes tratamientos con el fin de identificar la alternativa de manejo más eficiente bajo las condiciones agroclimáticas de la zona.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el centro experimental Canaán de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSCH), ubicado en el distrito Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, región Ayacucho, a una altitud aproximada de 2750 m s. n. m. La zona corresponde a la región natural Quechua y presenta un clima caracterizado por temperaturas medias entre 9.25 y 25.15 °C, una precipitación anual acumulada de 493.5 mm y un marcado déficit hídrico entre los meses de abril y noviembre, condiciones que justifican el uso de riego tecnificado por goteo.

El suelo experimental presentó textura franco arcillosa, pH alcalino (8.02), baja materia orgánica (1.79 %), fósforo y potasio en niveles muy altos (37.41 y 280 ppm, respectivamente), capacidad de intercambio catiónico elevada y relaciones catiónicas mayormente dentro de rangos óptimos, excepto Mg/K, que evidenció desequilibrio. Estas características fueron consideradas para el ajuste del programa de fertilización del cultivo.

Se utilizó semilla de cebolla de bulbo (*Allium cepa* L.) variedad roja arequipeña, producida en almácigo y trasplantada al campo definitivo bajo un sistema de riego por goteo. El distanciamiento fue de 0.10 m entre plantas y 1.20 m entre camas, conduciendo seis hileras por cama elevada. El sistema de riego presentó una eficiencia del 90 %, con una lámina bruta de 13.43 mm y turnos ajustados según la evapotranspiración y la etapa fenológica del cultivo.

Se establecieron tres tratamientos: fertilización de liberación controlada (T1), fertilización hidrosoluble (T2) y un testigo sin fertilización (T3), bajo un Diseño Completamente Aleatorizado, con tres repeticiones y nueve unidades experimentales, cada unidad experimental tuvo un área de 441.6 m<sup>2</sup>. De las cuales se trabajó con la ley de abonamiento 185 N 81 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 247 K<sub>2</sub>O. El fertilizante de liberación lenta utilizado fue Basacote® Plus 3M (16-8-12 +2+TE), mientras que la fertilización hidrosoluble incluyó fosfato monoamónico (61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 12.5 % N), nitrato de amonio (31 % N; 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), nitrato de potasio (45.5 % K<sub>2</sub>O; 13,5 % N), nitrato de calcio (15.5 % N; 26 % CaO) y sulfato de magnesio (13 % S; 16 % MgO). En el tratamiento T1 se aplicaron fertilizantes hidrosolubles mediante fertirriego por inyección Venturi, iniciándose a los 7 días después del trasplante, con aplicaciones fraccionadas tres veces por semana durante 11 semanas. Los fertilizantes utilizados fueron nitrato de amonio, fosfato monoamónico, nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de magnesio y sulfato de zinc, dosificados en función de los requerimientos nutricionales del cultivo y del análisis de suelo. En el tratamiento T2 se empleó el fertilizante de liberación controlada BASACOTE® Plus 3M (16-8-12 + 2 + TE), aplicado al suelo a razón de 180 kg ha<sup>-1</sup>, con una aplicación inicial a los 5 días después del trasplante y una segunda a los 60 días

El riego se realizó bajo el sistema de riego por goteo, donde el volumen de riego fue 274.09 m<sup>3</sup> por turno. El manejo agronómico incluyó control fitosanitario para trips y gusanos cortadores mediante aplicaciones alternadas de alfacipermetrina y thiamethoxam + lambda cialotrina, así como control de mildiu con sulfato de cobre pentahidratado y azoxystrobina. El control de malezas se realizó mediante deshierbos manuales y, previo a la cosecha, se efectuó el agobio para uniformizar la maduración de los bulbos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis de varianza general

**Tabla 3.1**

*Análisis de varianza de los parámetros evaluados en el cultivo de cebolla, bajo la influencia de las aplicaciones de fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.*

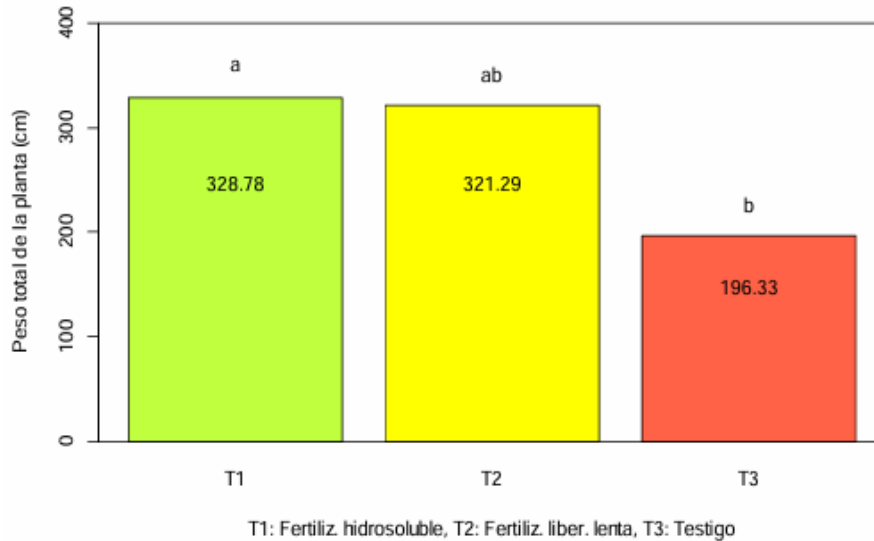
Fuentes de Variación	G. L	Altura de la planta	Peso total de la planta	Número de hojas por planta	Diámetro ecuatorial de bulbo	Diámetro polar de bulbo	Rendimiento de bulbos
CUADRADOS MEDIOS (C. M)							
Tratamiento	2	266.955ns	16607.05*	0.255ns	3.35**	2.355ns	943.395**
Error	6	116.333	2760.07	0.062	0.262	0.718	75.535
Total	8						
C. V (%):		15.9	18.62	5.42	6.89	8.46	12.34

El análisis de varianza evidenció que los tratamientos de fertilización hidrosoluble y de liberación lenta influyeron de manera diferencial sobre los parámetros evaluados en el cultivo de cebolla. No se observaron diferencias estadísticas significativas en la altura de planta, número de hojas por planta ni diámetro polar del bulbo ( $p > 0.05$ ), lo que indica que estas variables no fueron sensibles al tipo de fertilización aplicada. En contraste, el peso total de la planta mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), mientras que el diámetro ecuatorial del bulbo y el rendimiento de bulbos presentaron diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ), evidenciando que los tratamientos afectaron directamente el crecimiento del bulbo y la productividad del cultivo. Los coeficientes de variación obtenidos (5.42 - 18.62 %) indican una aceptable precisión experimental, siendo las variables relacionadas al rendimiento las que mostraron una variabilidad moderada y confiable para la interpretación de los efectos de los tratamientos. Bajo este resultado sugiere realizar análisis de comparación de medias únicamente en función de los que resultaron significativos.

#### 3.2. Peso total de la planta

**Figura 3.1**

*Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de peso total de la planta bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.*



La prueba de comparación de medias de Tukey que se presenta en la Figura 3.1 muestra que la fertilización hidrosoluble (T1) produjo el mayor peso total en las plantas de cebolla (328.78 g), con una diferencia de 132.45 g, equivalente a un incremento de 40.28%. Luego sigue el T2 (fertilización de liberación controlada) con 321.29 g, mientras que el testigo sin fertilización (T3) obtuvo un peso significativamente menor (196.33 g). En resumen, entre T1 y T2, así como entre T2 y T3, no hay una clara diferencia estadística. Esto confirma que el uso de fertilizantes, especialmente los hidrosolubles, mejora notablemente el desarrollo de la planta en términos de peso, en comparación del testigo.

En este trabajo se encontró que el tratamiento con fertilizantes hidrosolubles fueron los que influyeron más en biomasa de cebolla, el cual es concordante con la afirmación de que los fertilizantes hidrosolubles aplicados mediante fertirriego mejoran la absorción de nitrógeno (N) y fósforo (P), lo que explica la mayor influencia observado en T1. Este estudio corrobora que la disponibilidad rápida de Nitrógeno en formas nítricas ( $\text{NO}_3^-$ ) y amoniacales ( $\text{NH}_4^+$ ) favorece el desarrollo vegetativo temprano en cebolla, tal como lo reportan Dingre et al. (2016) en cultivo de cebolla.

En este estudio se utilizó fertilizante de nombre comercial basecote que es de liberación lenta, el cual mostró resultados cercanos a T1 (fertilizantes hidrosolubles), lo que sugiere que estos fertilizantes pueden ser una alternativa eficiente. Hu et al. (2023) respaldan esto, indicando que los fertilizantes de liberación controlada reducen pérdidas por volatilización y mejoran

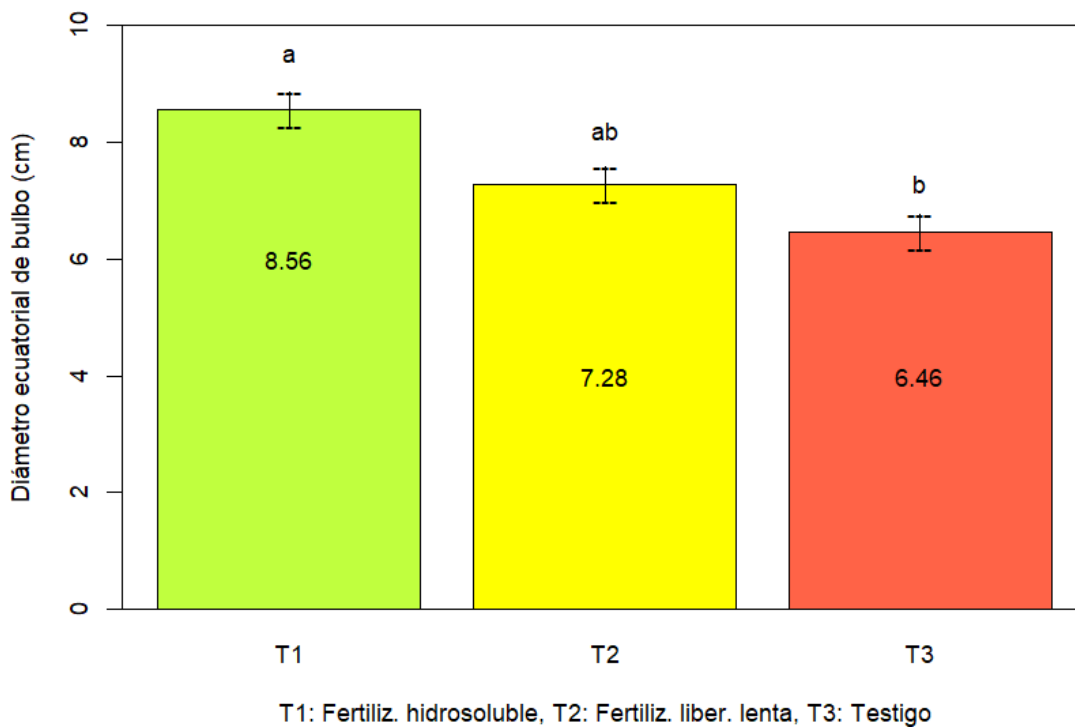
la eficiencia de uso de nitrógeno. No obstante, Lawrencia et al. (2021) encontraron que, en suelos con alta precipitación, estos fertilizantes pueden tener una liberación más lenta de lo esperado influido por factores externos, lo que explicaría la ligera diferencia con T1 en este estudio.

La fertilización de hidrosoluble se aplicó mediante fertirriego, por lo que la superioridad de T1 puede atribuirse a la disponibilidad inmediata de nutrientes nitrogenados y fosforados, esenciales para el desarrollo temprano de la cebolla (Savci, 2021). Por otro lado, Li et al. (2021) señalan que los fertilizantes hidrosolubles favorecen un crecimiento sostenido a comparación de los convencionales fertilizantes, lo que podría ser más beneficioso en ciclos más largos.

### 3.3. Diámetro ecuatorial de bulbo

**Figura 3.2**

*Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de diámetro ecuatorial de bulbo de cebolla bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.*



En la Figura 3.2 se muestra la comparación de medias Tukey de diámetro de bulbo con un nivel de significancia de 5%. El tratamiento T1 (fertilización hidrosoluble) presentó el mayor diámetro (8.56 cm), el cual supera al testigo estadísticamente con un incremento de 24.5%. Mientras, una respuesta intermedia se observó con el T2 (fertilización de liberación lenta), que tuvo incremento de 11.26% respecto al testigo. La Figura 3.2 muestra claramente una diferencia estadística entre T1 y T3, mientras que T2 y T3 se observan estadísticamente similares. Estas diferencias sugieren que la fertilización, especialmente el hidrosoluble, genera un mayor crecimiento del bulbo en comparación con el testigo, el cual sería importante para recomendar el uso de fertilizantes hidrosolubles en la producción de cebolla para maximizar el rendimiento.

Según los hallazgos en este estudio, la aplicación de fertilizantes de liberación lenta (T2: el producto comercial Basecote) resultó en un aumento del 11.26% en el diámetro del bulbo de cebolla (7.28 cm) en comparación con el grupo control (T3: sin fertilización). En otros trabajos se ha demostrado la efectividad de los fertilizantes de liberación controlada en cultivos hortícolas (Shaviv, 2001). Según Trenkel (2017), la gran influencia se explica por el hecho de que la liberación controlada de nutrientes permite una mejor sincronización con las demandas de los cultivos, evitando pérdidas por lixiviación y aumentando la eficiencia de uso.

En referencia de los fertilizantes hidrosolubles, los hallazgos en Canaán fueron incrementos en rendimiento de 24.5% respecto al testigo; estudios como los de Fernández-Escobar et al. (2020) han demostrado que los fertilizantes hidrosolubles aplicados mediante sistema de fertirriego pueden ocasionar respuestas precisas y favorables en el crecimiento inicial, pero su efecto disminuye en etapas críticas como el engrosamiento del bulbo debido a la rápida disponibilidad y posible lavado de nutrientes, por lo que se recomienda fraccionamiento de los fertilizantes. Esto explicaría la similitud en el diámetro observado en T1 (fertilizantes hidrosolubles) en comparación con T2 (liberación lenta, basecote).

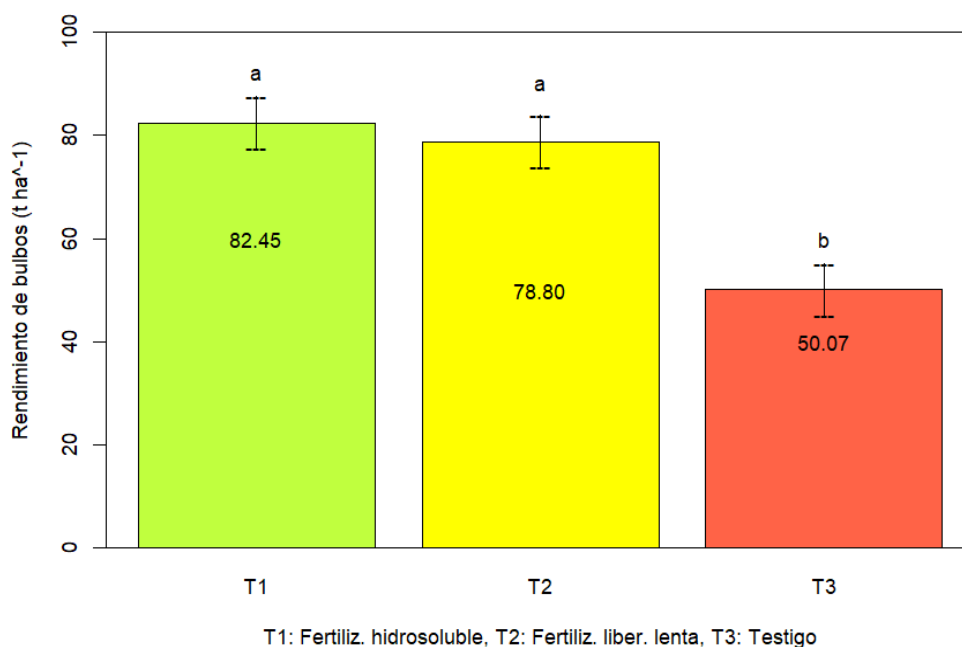
Sin duda, entre ambos tipos de fertilizantes empleados existe una diferencia mínima en sus efectos, por lo que se pueden atribuirse a otros factores fisiológicos y ambientales. Según Li et al. (2021), los fertilizantes de liberación pueden mantener la concentración de los elementos de N y P en el suelo durante períodos prolongados debido a que están recubiertos o

quelados, lo que favorece desarrollo general celular y acumulación de fotosintatos en el bulbo de la cebolla. Por otro lado, como dicen Savci, (2021), la fertilización hidrosoluble, aunque proporciona nutrientes inmediatos, depende de aplicaciones frecuentes o fraccionamientos y puede verse afectada por condiciones de riego ineficiente.

### 3.4. Rendimiento de bulbos

**Figura 3.3**

*Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de rendimiento por hectárea de bulbo de cebolla bajo la influencia de los fertilizantes hidrosolubles y de liberación lenta.*



En la Figura 3.3 se muestra la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) del rendimiento total de los bulbos por hectárea. El tratamiento T1 (fertilizaciones hidrosolubles) influyó con mayor rendimiento potencial (82.45 t ha<sup>-1</sup>), lo cual supera estadísticamente al testigo con un incremento de 39.27%. Asimismo, el T2 (fertilización de liberación lenta) influyó con rendimiento intermedio de 78.80 t ha<sup>-1</sup> (“a”), superando al testigo con incremento de 36.45%; no obstante, entre T1 y T2 no existe una diferencia estadística. Estas diferencias implican que la fertilización de liberación rápida es la opción más efectiva para maximizar el rendimiento de cebolla, pero el análisis estadístico no sugiere que, con ambos tipos de fertilizantes se podría obtener los mismos resultados.

La aplicación de fertilizantes de liberación lenta, como Basecote Plus 3M 16-8-12 (+2+TE), ha respondido de forma similar a la de hidrosoluble en el rendimiento de cebolla, alcanzando  $78.80 \text{ t ha}^{-1}$ , lo que representa un incremento del 36.45% respecto al testigo. Al respecto, los reportes de Shelema et al. (2024) resultaron inferiores, quienes, tras una investigación de nitrógenos solubles a una dosis de  $69 \text{ kg ha}^{-1}$ , encontraron incremento significativo en el rendimiento de cebolla, alcanzando  $40.01 \text{ t ha}^{-1}$ . Sin embargo, dosis superiores no mostraron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento, lo que sugiere un umbral óptimo de aplicación de nitrógeno. Esta diferencia se atribuye a que usaron únicamente el N, mientras en Canaán se usó una mezcla compleja de hidrosolubles, con dosis de  $185 \text{ kg ha}^{-1}$ . La identificación de momentos críticos de aplicación de fertilizantes es indispensable, al respecto, Ibiapina et al. (2024) reportaron que la aplicación de nitrógeno durante la iniciación del bulbo aumenta el rendimiento comercializable de bulbo de la cebolla, indicando la importancia del momento de aplicación en la eficiencia del elemento fertilizante. Los resultados en este trabajo, también fueron muy superiores a los reportes de Yebirzaf et al. (2024), quienes observaron que la aplicación de N:  $82 \text{ kg ha}^{-1}$  en variedades híbridas de cebolla resultó en el mayor rendimiento comercializable (promedio de  $25 \text{ t ha}^{-1}$ ), por lo que esta diferencia se podría atribuirse a los factores externos climáticos, formas de aplicación, características edáficas y formas de N comercializable.

En este trabajo de investigación, se empleó fertilizante de liberación controlada (BASECOTE), el cual según sus fechas técnicas pueden liberar durante un periodo de 3 meses; el cual coincide con las afirmaciones de Geisseler et al. (2021), quien destaca que la eficiencia del uso de nitrógeno puede mejorarse con fertilizantes de liberación lenta, ya que sincronizan la disponibilidad de nitrógeno con la demanda del cultivo según sus etapas fenológicas, reduciendo pérdidas y mejorando el rendimiento. Además, Maisura (2023) observó que la combinación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, como estiércol compostado y NPK, mejora significativamente el peso y rendimiento de los bulbos de cebolla, indicando una sinergia entre fuentes de nutrientes, dado que la materia orgánica favorece en la población microbiana. Ambos tipos de fertilizantes utilizados contienen el potasio, al respecto, Salama et al. (2024) encontraron que el uso de nanopartículas de potasio como fertilizante foliar mejora el crecimiento, producción y contenido químico de la cebolla, sugiriendo una alternativa eficiente y sostenible en la fertilización. En la actualidad, sobre

todo en las condiciones edafoclimáticas extremas, los fertilizantes de liberación lenta toman mucha importancia, a cerca de ello, Shaviv. (2001) afirma que los fertilizantes de liberación lenta mejoran la eficiencia de uso de nutrientes por las plantas al reducir pérdidas por lixiviación y volatilización, lo que podría explicar el incremento de rendimiento observado en T2 (uso de basecote). Este resultado es consistente con Zhou et al. (2020), quienes reportaron incrementos del 20-40% en el rendimiento de los bulbos del cultivo de la cebolla con fertilizantes encapsulados debido a una disponibilidad prolongada de nitrógeno.

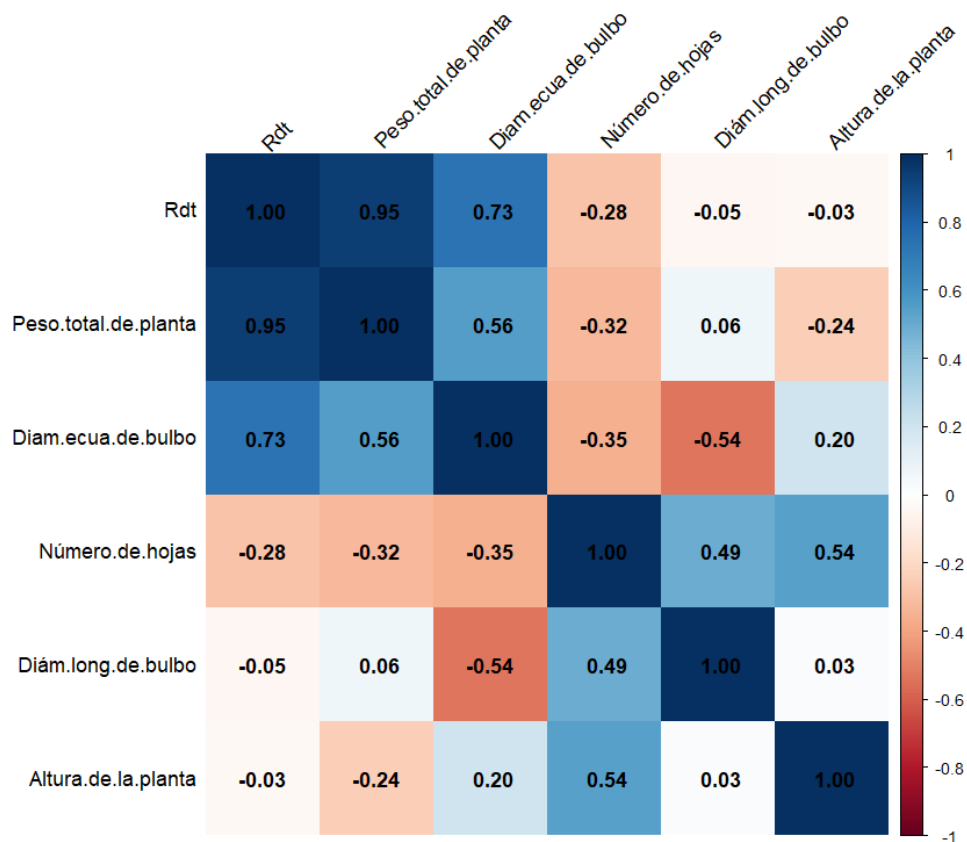
En este trabajo de investigación se aplicó fertilizante hidrosoluble, donde el Mg y S formaron parte de complejo de la mezcla (Sulfato de magnesio: 13 % S; 16 % MgO), el cual contiene azufre. Al respecto, Olsovska et al. (2024) encontraron que la fertilización con azufre aumenta el contenido de quercetina (componente que le da sabor típico y color) y polifenoles totales en cebolla, mejorando su calidad nutricional y antioxidante. Asimismo, en este trabajo se empleó el fertilizante hidrosoluble, donde el nitrato de potasio formó parte de la mezcla compleja (45.5 % K<sub>2</sub>O; 13.5 % N), el cual aporta principalmente al potasio, al respecto, El-Khateeb et al. (2023) reportaron que la aplicación de 150 kg ha<sup>-1</sup> de potasio mejora significativamente la altura de la planta y el rendimiento total de la cebolla, mientras que dosis superiores reducen estos parámetros.

En este trabajo de investigación en condiciones agroecológicas de Centro Experimental de Canaán, el mejor rendimiento del tratamiento con fertilizantes hidrosolubles (T1) puede atribuirse a su rápida disponibilidad para la absorción, como señala Fageria (2018). Aunque los fertilizantes hidrosolubles son eficaces en fertirrigación, su efectividad depende de la frecuencia de aplicación según los requerimientos nutricionales de cultivo de cebolla, tal como lo indica Savci (2021), quien observó que aplicaciones fraccionadas mejoran la absorción en cebolla, principalmente en suelos de textura media. La similitud en respuesta del fertilizante de liberación lenta (basecote) al hidrosoluble que se utilizó en este trabajo, puede deberse a una sincronización entre la liberación de nutrientes y las demandas del cultivo en ambas fuentes, como propone Trenkel (2017). Además, Clark y Zheng (2020) sugiere que estos fertilizantes reducen el estrés salino, fenómeno que se presenta en valles interandinos y costa, un factor crítico en suelos con alta conductividad eléctrica (CE), lo que podría explicar la influencia parejo de T2 y T1.

### 3.5. Correlación de las variables

**Tabla 3.2**

*Coefficientes de correlación Pearson de las variables evaluados en cultivo de la cebolla*



En la Tabla 3.7 se muestra los coeficientes de correlación de Pearson para todos los variables; donde se puede apreciar una alta correlación entre peso total de la planta y rendimiento de bulbos (0.95), diámetro ecuatorial de bulbo y rendimiento de bubos (0.73), es decir, entre estos existe una relación directa, por lo que, el cambio positivo o negativo de uno de ellos también influye en la misma dirección al otro variable.

Asimismo, se observan los coeficientes negativos significativos entre diámetro longitudinal de bulbo y diámetro ecuatorial de bulbo (-0.54), es decir, entre estos existe una relación inversa. Entonces, cuando el diámetro ecuatorial se incrementa, el diámetro longitudinal disminuye de manera contraria.

#### 4. CONCLUSIONES

1. Se evaluó el efecto de los fertilizantes hidrosolubles sobre el rendimiento cebolla (*Allium Cepa* L.); donde se encontró un incremento de 40.28% de peso total de la planta, 24.5% de diámetro ecuatorial de bulbo y 39.27% de rendimiento por hectárea de bulbos (82.45 t ha<sup>-1</sup>), todos en comparación con el testigo. Este tipo de fertilizantes presento un efecto positivo.
2. Se evaluó el efecto del fertilizante de liberación controlada en el rendimiento de cebolla (*Allium Cepa* L.); donde se encontró un incremento de 38.8% en peso total de la planta, 11.26% en diámetro ecuatorial de bulbo, todos respecto al testigo. Asimismo, se encontró un rendimiento de 78.8 t ha<sup>-1</sup> de bulbos, el cual equivale a un incremento de 36.45% en comparación con el testigo. Según el resultado, queda demostrado que los fertilizantes de liberación controlada tienen efectos muy positivos en el rendimiento de cebolla roja Arequipeña.
3. El coeficiente de correlación de Pearson para todas las variables; tiene una alta correlación entre peso total de la planta y rendimiento de bulbos (0.95), diámetro ecuatorial de bulbo y rendimiento de bulbos (0.73), es decir, entre estos existe una relación directa, por lo que, el cambio positivo o negativo de uno de ellos también influye en la misma dirección a la otro variable.

#### 5. RECOMENDACIONES

1. Utilizar el fertilizante hidrosoluble mediante la fertiirrigación superficial por goteo, dado que influye en la expresión potencial del cultivo de cebolla en condiciones agroecológicas similares al Centro Experimental de Canaán.
2. Se recomienda el uso de fertilizantes de liberación controlada en campo donde se aplican la fertilización edáfica, debido a que estos reportan mejoras resultados de rendimiento.
3. Se recomienda no usar el nitrato de amonio en demasía como fuente nitrogenada para no tener una relación inversa de la masa total planta frente a la formación del bulbo en la cebolla.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apcho E., Caballero M. & Miranda R. (2017). Planeamiento Estratégico de la Cebolla en el Perú al 2027.  
[https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8252/APCHO\\_CABALLERO\\_PLANEAMIENTO\\_CEBOLLA.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/8252/APCHO_CABALLERO_PLANEAMIENTO_CEBOLLA.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Ballestes, Olmos & Anguis (1998). *Fertilizantes de acción lenta encapsulados*. Num.11/95. Instituto Valenciano de Investigación Agraria.  
[https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/8207/1995\\_Ballester-Olmos\\_Fertilizantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/8207/1995_Ballester-Olmos_Fertilizantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Clark, M. J., & Zheng, Y. (2020). Evaluation of Nine Canadian Retail Consumer Potting Mixes for Growing Container Plants. *HortTechnology*, 30(1), 88–95.  
<https://doi.org/10.21273/horttech04491-19>
- Dingre, SK, Pawar, DD, Kale, KD y Kadam, MM (2016). Productividad de las semillas de cebolla, aprovechamiento de nutrientes y respuesta de la calidad a la fertirrigación por goteo en la India semiárida. *Journal of plant nutrition*, 39 (10), 1391-1403.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2016.1161772>
- El-Khateeb, A. Y., et al. (2023). Response of Growth and Yield of Onion Plants to Potassium Fertilizer and Humic Acid. *Journal of Plant Production*, 14(3), 237–245.  
[https://jpp.journals.ekb.eg/article\\_237103.html](https://jpp.journals.ekb.eg/article_237103.html)
- Fernández-Escobar, R., Benlloch, M., & Navarro, C. (2020). Fertilización en cultivos hortícolas: Estrategias para mejorar la eficiencia. *Horticultura Internacional*, 45(3), 112-125. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00276-0>
- Fageria, N. K. (2016). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press.  
<https://doi.org/10.1201/9781420075113>
- Geisseler, D., Ortiz, R. S., & Diaz, J. (2021). Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.)—A literature review. *Scientia Horticulturae*, 291, 110591–110591.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110591>
- Gallardo, I. A., Edmundo, V. B. Matamala, J. G. Cabas, N. M., et al. (1994). Riego y sustentabilidad agropecuaria.  
<https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/dbca1bbd-06ac-47c2-b664-328f89b07c30/content>
- Hu, Y., Zhang, F., Javed, H. H., Peng, X., Chen, H., Tang, W., Lai, Y., & Wu, Y. (2023). Controlled-Release Nitrogen Mixed with Common Nitrogen Fertilizer Can Maintain High Yield of Rapeseed and Improve Nitrogen Utilization Efficiency. *Plants*, 12(24), 4105–4105. <https://doi.org/10.3390/plants12244105>

- Ibiapina, H., Luiz, A., Dutta, B., & Coolong, T. (2023). Impact of Nitrogen Fertilizer Rate and Timing on Short-day Onion Production. *HortTechnology*, 34(1), 13–19. <https://doi.org/10.21273/horttech05323-23>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020, 21 de mayo). Instituto Nacional de Estadística e Informática. Inei.gob.pe. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-cebolla-se-incremento-259-en-noviembre-de-2019-12035/>
- Lawrencia, D., Wong, S. K., Low, D. Y. S., Goh, B. H., Goh, J. K., Ruktanonchai, U. R., Soottitantawat, A., Lee, L. H., & Tang, S. Y. (2021). Controlled Release Fertilizers: A Review on Coating Materials and Mechanism of Release. *Plants*, 10(2), 238. <https://doi.org/10.3390/plants10020238>
- Li, H., Mei, X., Wang, J., Huang, F., Hao, W., & Li, B. (2021). Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency with respect to traditional irrigation and fertilization practices: A meta-analysis in China. *Agricultural Water Management*, 244, 106534. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106534>
- Maisura, M., Nurdin, M., & Muslina, M. (2019). Effect of manure and NPK fertilizers on growth and production of onion (*Allium cepa* L.). *Journal of Tropical Horticulture*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.33089/jthort.v2i1.15>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2013). *Tecnología para el uso sostenible del agua*. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam\\_files/tecnologias-para-el-uso-sostenible-del-agua.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/tecnologias-para-el-uso-sostenible-del-agua.pdf)
- Olsovska, K., Golisova, A., & Oksana Sytar. (2024). Optimizing Nitrogen Nutrient Management for the Sustainable Enhancement of Secondary Metabolites and Yield in Onion Cultivation. *Sustainability*, 16(11), 4396–4396. <https://doi.org/10.3390/su16114396>
- Rojas I., Coronado M., Rossetti S. & Beltran F. (2020) *Contaminación por nitrato y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en la cuenca de la actividad agrícola en la cuenca baja del río mayo en el estado de Sonora, Mexico*. Vol. 38 no.2 [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792020000300247&lang=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792020000300247&lang=es)
- Savci, S. (2021). Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. *APCBEE Procedia*, 1, 287-292. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.03.047>
- Salama, D. M., Khater, M. A., & Abd El-Aziz, M. E. (2024). The influence of potassium nanoparticles as a foliar fertilizer on onion growth, production, chemical content, and

DNA fingerprint. *Heliyon*, 10(11), e31635.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31635>

Shaviv, A. (2001). Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy*, 1–49.  
[https://doi.org/10.1016/s0065-2113\(01\)71011-5](https://doi.org/10.1016/s0065-2113(01)71011-5)

Shelema, A., Hruy, G., & Mengesha, B. (2024). Effect of Different Nitrogen Fertilizer Levels on Growth and Yield of Bombay Red Onion (*Allium cepa* L.) Variety in the Southern Zone of Tigray, Ethiopia. *Asian Journal of Plant and Soil Sciences*, 9(1), 21–29.  
<https://doi.org/10.56557/ajopss/2024/v9i1101>

Trenkel, M. E. (2017). Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture. IFA. <https://www.fertilizer.org>

Yebirzaf Y, Alemayehu, M., & Enyew Adgo. (2024). Enhancing bulb yield through nitrogen fertilization and the use of hybrid onion (*Allium cepa* L.) varieties in northwest Ethiopia. *PLoS ONE*, 19(10), e0312394–e0312394.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0312394>

Zhou, B., Sun, X., Ge, J., Li, C., Ding, Z., Ma, S., Ma, W., & Zhao, M. (2020). Wheat growth and grain yield responses to sowing date-associated variations in weather conditions. *Agronomy Journal*, 112(2), 985–997. <https://doi.org/10.1002/agj2.20122>