

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE AMINOÁCIDO
EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) VARIEDAD
SIVAN EN CONDICIONES DE LA YARADA LOS PALOS**

TESIS

Presentada por:

Bach. MARIA DEL CARMEN MAMANI CONDORI

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

TESIS

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE AMINOÁCIDO EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) VARIEDAD SIVAN EN CONDICIONES DE LA VARADA LOS PALOS

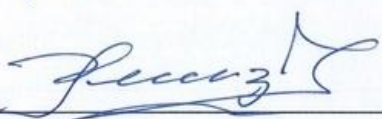
TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 12 DE DICIEMBRE DEL 2025.

SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

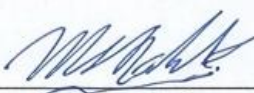
PRESIDENTE :


Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

SECRETARIO :


Dr. NIVARDO NÚÑEZ TORREBLANCA

VOCAL :


MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

ASESOR :


Dr. NIVARDO NÚÑEZ TORREBLANCA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Dr. Nivardo Núñez Torreblanca, en calidad de asesor del trabajo de tesis titulado "EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE AMINOÁCIDO EN EL RENDIMIENTO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) VARIEDAD SIVAN EN CONDICIONES DE LA YARADA LOS PALOS", presentado por el bachiller Maria Del Carmen Mamani Condori, con el propósito de que sea incluido en el repositorio institucional, certifico haber cumplido con todas las disposiciones establecidas en el reglamento de originalidad y similitud para trabajos de investigación y producción intelectual. Basándome en la evaluación realizada mediante el software de detección de similitud textual Turnitin, se ha determinado que el nivel de similitud es conforme a los parámetros permitidos con un porcentaje total de similitud del 20%. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis esta de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los tramites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional. Se emite el presente certificado con fines de continuar con los tramites respectivos para su obtención del título.

Tacna, 10 de abril del 2026



FIRMA DEL ASESOR DE TESIS:

Dr. Nivardo Núñez Torreblanca

DNI: 01248854



FIRMA DE LA TESISTA:

Bach. Maria Del Carmen Mamani Condori

DNI: 76458799



DEDICATORIA

Dedico este logro, ante todo, a Dios por guiar cada paso de mi camino.

A mis padres Sofía y Adolfo, quienes, con su esfuerzo, ejemplo y amor incondicional, me inspiraron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

A mis hermanos Helmer, Marianela, Miriam, Milagros, quienes siempre han creído en mí y me han brindado su apoyo inquebrantable, alentándome a continuar cuando las fuerzas parecían agotarse y a la memoria de mi hermano Jorge, quien siempre confió en mí y cuyo recuerdo es la fuerza de este logro.

También dedico este trabajo a cada persona que confió en mi capacidad para alcanzar mis metas, pues cada palabra escrita refleja el compromiso y la perseverancia que he puesto en este camino.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a mi asesor, Dr. Nivardo Núñez Torreblanca, por su dedicación, paciencia y valiosa orientación durante el desarrollo de esta investigación. Su experiencia y compromiso fueron claves para lograr los objetivos planteados.

A la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y a la Escuela Profesional de Agronomía, por proporcionarme los conocimientos y las herramientas necesarias para mi formación académica y profesional.

Extiendo también mi gratitud a mis docentes, quienes con su enseñanza contribuyeron a mi crecimiento intelectual, y a mis compañeros y amigos, por su apoyo constante y las palabras de aliento que hicieron más llevadero este proceso.

Finalmente, agradezco profundamente a mi familia, cuya motivación, amor y sacrificio han sido el motor que me impulsó a concluir con éxito esta etapa tan significativa en mi vida.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Contenido	xi
Índice de tabla.....	xv
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
Resumen	xiv
Abstract.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I EL PROBLEMA.....	4
1.1. Planteamiento del problema.....	4
2.2. Formulación del problema	6
2.2.1. Problema general	6
2.2.2. Problemas específicos.....	6
2.3. Delimitación de la investigación	7
2.3.1. Espacial	7
2.3.2. Temporal	7
2.4. Justificación.....	7
2.5. Limitaciones	8
CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	10

2.1. Objetivos	10
2.1.1. General	10
2.1.2. Específico	10
2.2. Hipótesis.....	10
2.2.1. General	10
2.2.2. Específica	11
2.3. Variables.....	11
2.3.1. Independiente (x).....	11
2.3.2. Dependiente (y)	11
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO	12
3.1. Antecedentes.....	12
3.2. Bases teóricas	18
3.2.1. Aminoácidos	18
3.2.2. Tipos de aminoácidos	19
3.2.3. Función e importancia de los aminoácidos en las plantas	20
3.2.4. Efecto de los aminoácidos en la calidad de frutos	21
3.2.5. Efecto de los aminoácidos en el suelo.....	22
3.2.6. Efecto de los aminoácidos ante el estrés biótico y abiótico	22
3.2.7. Aplicación de aminoácidos en las plantas.....	23
3.3. Cultivo de cebolla	24
3.3.1. Origen.....	24

3.3.2. Clasificación taxonómica	24
3.3.3. Botánica	25
3.3.4. Fisiología de la cebolla	26
3.3.5. Fisiología de la bulbificación en <i>Allium cepa</i>	27
3.3.6. Condiciones edafoclimáticas	29
CAPÍTULO IV MATERIALES Y MÉTODOS	32
4.1. Nivel de investigación	32
4.1.1. Ubicación	32
4.1.2. Cultivos anteriores	32
4.2. Características edafoclimáticas durante el experimento	33
4.2.1. características físico químicas del suelo	33
4.2.2. Características climáticas	34
4.3. Material experimental	35
4.3.1. Material biológico	35
4.3.2. Materiales de campo	40
4.4. Métodos	40
4.4.1. Tratamientos en estudio	40
4.4.2. Variables de respuesta	40
4.4.3. Diseño experimental	42
4.4.4. Características de la parcela experimental	42
4.4.5. Aleatorización de los tratamientos	43

4.4.6. Análisis estadístico	43
4.4.7. Conducción del experimento	44
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
5.1. Resultados	48
5.1.1. Altura de planta (cm).....	48
5.1.2. Peso promedio unitario del bulbo (g)	50
5.1.3. Diámetro polar del bulbo (mm)	53
5.1.4. Diámetro ecuatorial del bulbo	55
5.1.5. Rendimiento por unidad experimental (kg)	58
5.1.6. Rendimiento por hectárea (t ha ⁻¹).....	60
5.2. Discusión.....	62
5.2.1. Altura de planta.....	62
5.2.2. Peso unitario del bulbo (g).....	63
5.2.3. Diámetro polar del bulbo (mm)	64
5.2.4. Diámetro ecuatorial del bulbo (mm)	65
5.2.5. Rendimiento por unidad experimental (kg)	65
5.2.6. Rendimiento por hectárea (t ha ⁻¹).....	66
Conclusiones	68
Recomendaciones	69
Referencias bibliográficas	70
Anexos.....	79

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Resultados del análisis físico químicos del suelo del campo experimental.....	33
Tabla 2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución de la investigación.....	34
Tabla 3. Principales características de la variedad de cebolla Sivan	36
Tabla 4. Composición química del Aminoterra.....	38
Tabla 5. Mecanismos de acción y beneficios del Aminoterra	39
Tabla 6. Descripción de tratamientos y momentos de aplicación ...	40
Tabla 7. Aleatorización de los tratamientos en la parcela experimental.....	43
Tabla 8. Análisis de varianza de altura de planta de cebolla var. Sivan	48
Tabla 9. Análisis de regresión lineal simple para la altura de planta	49
Tabla 10. Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión	49
Tabla 11. Análisis de varianza para el peso unitario de bulbo de cebolla var. Sivan	50
Tabla 12. Análisis de regresión lineal simple para el peso del bulbo	51

Tabla 13.Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión	51
Tabla 14.Análisis de varianza para el diámetro polar del bulbo de cebolla var. Sivan	53
Tabla 15.Análisis de regresión lineal simple para el diámetro polar del bulbo	53
Tabla 16.Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión	54
Tabla 17.Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del bulbo de cebolla var. Sivan	55
Tabla 18.Regresión lineal simple para el diámetro ecuatorial del bulbo	56
Tabla 19.Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión	56
Tabla 20.Análisis de varianza de rendimiento de bulbo de cebolla var. Sivan por UE	58
Tabla 21.Regresión lineal simple para el rendimiento de cebolla por unidad experimental.....	58
Tabla 22.Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión	59
Tabla 23.Análisis de varianza de rendimiento de bulbo de cebolla var. Sivan por hectárea	60
Tabla 24.Regresión lineal simple para el rendimiento total.....	61
Tabla 25.Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación de altura de planta	50
Figura 2. Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación de altura de planta	52
Figura 3. Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del diámetro polar del bulbo	55
Figura 4. Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del diámetro ecuatorial del bulbo	57
Figura 5. Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del rendimiento por unidad experimental	60
Figura 6. Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del rendimiento total.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto de la investigación	80
Anexo 2. Datos promedios recolectados en campo	81
Anexo 3. Panel fotográfico	82

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro dosis de aminoácido en el rendimiento de cebolla variedad Sivan, bajo condiciones edafoclimáticas del distrito La Yarada Los Palos, Tacna, Perú. El experimento se desarrolló en campo, empleando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cinco dosis de Aminoterra (T_1 : 0,5; T_2 : 1,0; T_3 : 1,5; T_4 : 2,0 L ha⁻¹ y T_0 : 0 L ha⁻¹) y cuatro repeticiones. Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y análisis de regresión lineal. Los resultados indicaron que la aplicación de Aminoterra generó efectos estadísticamente significativos en todas las variables evaluadas. El análisis de regresión demostró que, por cada unidad de dosis de Aminoterra aplicada, la altura de planta se incrementó en 4,78 cm, el peso unitario del bulbo en 53,00 g, los diámetros polar y ecuatorial en 5,99 mm y 8,25 mm respectivamente, y el rendimiento total en 2,18 t ha⁻¹. La dosis T_4 (2,0 L ha⁻¹) presentó los mejores resultados, alcanzando un rendimiento total de 31,31 t ha⁻¹.

Palabras clave: aminoácidos, cebolla, rendimiento, bioestimulante, análisis de regresión, *Allium cepa* L.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of four doses of amino acids on the yield of Sivan onion variety under soil and climate conditions in the district of La Yarada Los Palos, Tacna, Peru. The experiment was conducted in the field, using a completely randomized block design (CRBD) with five doses of Aminoterra (T₁: 0,5; T₂: 1,0; T₃: 1,5; T₄: 2,0 L ha⁻¹ and T₀: 0 L ha⁻¹) and four replicates. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and linear regression analysis. The results indicated that the application of Aminoterra generated statistically significant effects on all the variables evaluated. The regression analysis showed that, for each unit of Aminoterra dose applied, plant height increased by 4,78 cm, bulb weight by 53,00 g, polar and equatorial diameters by 5,99 mm and 8,25 mm, respectively, and total yield by 2,18 t ha⁻¹. The T₄ dose (2,0 L ha⁻¹) showed the best results, reaching a total yield of 31,31 t ha⁻¹.

Keywords: amino acids, onion, yield, biostimulant, regression analysis, *Allium cepa* L.

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial debido a su alto valor nutricional, su amplia utilización culinaria y sus propiedades medicinales. Es una fuente significativa de antioxidantes y compuestos azufrados que contribuyen a la salud humana (Griffiths et al., 2002). Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), la producción global de cebolla alcanzó aproximadamente 106 millones de toneladas métricas en el último año registrado, destacándose China e India como los principales productores mundiales. En el Perú, la cebolla es un cultivo estratégico en términos de generación de empleo rural, ingresos económicos y seguridad alimentaria, con áreas significativas de producción concentradas principalmente en Arequipa, Ica y Tacna.

La Yarada Los Palos, ubicada en la región de Tacna, constituye una zona agrícola privilegiada para el cultivo de cebolla debido a sus condiciones climáticas y edáficas favorables, lo que permite obtener altos rendimientos y productos de calidad orientados tanto al mercado interno como a la exportación. Sin embargo, la sostenibilidad productiva en esta región se ve frecuentemente afectada por factores como estrés hídrico, nutrición

desequilibrada y prácticas agrícolas deficientes que limitan el potencial productivo del cultivo.

Ante estas limitantes, surge la necesidad de explorar alternativas técnicas que optimicen el rendimiento y calidad de la cebolla. Una de estas alternativas es el uso de bioestimulantes, específicamente aminoácidos, los cuales han demostrado efectos benéficos en la fisiología vegetal, mejorando procesos como la absorción de nutrientes, tolerancia al estrés ambiental y crecimiento vegetativo (Calvo et al., 2014). Los aminoácidos, considerados bioestimulantes orgánicos, actúan incrementando la eficiencia metabólica de las plantas, facilitando la biosíntesis de proteínas y regulando procesos enzimáticos críticos para el desarrollo vegetal (Kauffman et al., 2007).

Diversos estudios han evidenciado que la aplicación de aminoácidos influye positivamente en diferentes cultivos hortícolas, incrementando significativamente los rendimientos y la calidad comercial del producto final (Colla et al., 2015). No obstante, los efectos específicos varían según la dosis utilizada, el momento de aplicación y las condiciones agroecológicas propias del lugar donde se cultiva.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de cuatro dosis diferentes de aminoácidos sobre el

rendimiento de cebolla variedad Sivan en condiciones específicas de la Yarada Los Palos, Tacna. Con esta investigación se pretende contribuir a la generación de conocimiento técnico-científico relevante para los agricultores locales, ofreciendo una herramienta efectiva y accesible que permita mejorar la productividad y competitividad del cultivo.

La relevancia de esta investigación radica en proporcionar alternativas tecnológicas prácticas que respondan directamente a los desafíos productivos locales, especialmente en un contexto de cambio climático y presión constante sobre los recursos naturales. Además, busca llenar vacíos de información específicos relacionados con la aplicación óptima de aminoácidos en cebolla bajo condiciones desérticas y semiáridas como las presentes en Tacna.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La cebolla (*Allium cepa* L.) es un cultivo hortícola con amplia relevancia a nivel global, debido a sus múltiples usos culinarios, medicinales y su alto valor nutricional. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), la superficie global dedicada al cultivo de cebolla en el año 2022 experimentó un incremento del 1,1%, alcanzando 5,1 millones de hectáreas. Asia fue el continente con mayor participación, representando el 62,8% del total mundial, seguido en importancia por América del Norte, Europa, América del Sur y África. El rendimiento promedio global fue de 18,6 toneladas por hectárea, siendo Asia el continente que registró la mayor productividad. Los países líderes en producción fueron China, India, Egipto, Estados Unidos y Turquía, los cuales sumaron en conjunto el 77,4% del total mundial.

En el contexto nacional, Perú destinó una superficie total de 16,1 mil hectáreas al cultivo de cebolla durante 2022, lo que representó una reducción del 4,0% en comparación con el año anterior. Sin embargo, el

rendimiento promedio nacional mostró un incremento de 1,2%, alcanzando las 26,4 t ha⁻¹. Las regiones más destacadas en términos de superficie cultivada fueron Ica con 4,9 mil hectáreas, Arequipa con 4,5 mil hectáreas, La Libertad con 3,3 mil hectáreas, Lambayeque con 2,9 mil hectáreas y Tacna con 2,8 mil hectáreas (MINAGRI, 2022).

En la región Tacna, de acuerdo con la Dirección Regional de Agricultura de Tacna (DRAT, 2024) la superficie cosechada de cebolla también presentó una disminución del 4,0%, situándose en 2,8 mil hectáreas durante el año 2022. De esta producción, el 70,0% se dirigió al mercado interno, mientras que el 30,0% restante se destinó a la exportación. A pesar de esta reducción en la superficie cultivada, la región mantuvo un rendimiento promedio de 26,4 toneladas por hectárea, siendo uno de los más altos a nivel nacional. Dentro de Tacna, los distritos que destacan en producción son La Yarada Los Palos con 1,8 mil hectáreas, Locumba con 0,7 mil hectáreas y Alto de la Alianza con 0,3 mil hectáreas.

No obstante, existen limitantes que afectan significativamente la productividad de la cebolla, particularmente en el distrito La Yarada Los Palos, donde las condiciones edáficas, climáticas y la deficiencia nutricional, especialmente la falta de nitrógeno, impactan negativamente en el desarrollo y rendimiento del cultivo. Esta problemática genera pérdidas

económicas para los productores, disminución de la calidad del producto final y una menor competitividad en el mercado agrícola.

Por ello, la presente investigación se plantea abordar esta problemática mediante la evaluación del efecto de la aplicación de cuatro dosis de aminoácidos en el rendimiento de la cebolla variedad Sivan en condiciones específicas del distrito La Yarada Los Palos. Se pretende determinar la dosis óptima de aminoácidos que contribuya efectivamente a mejorar el rendimiento del cultivo, ofreciendo así alternativas técnicas aplicables a nivel local y regional que permitan incrementar la productividad y competitividad del cultivo de cebolla en esta importante zona productora.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de cuatro dosis de aminoácido en el rendimiento del cultivo de cebolla variedad Sivan en condiciones de La Yarada Los Palos?

2.2.2. Problemas específicos

¿Cómo influye la aplicación de diferentes dosis de aminoácido en la altura de planta, peso, diámetro polar y ecuatorial del bulbo de cebolla variedad Sivan?

¿Qué dosis de aminoácido permite obtener el mayor rendimiento de bulbos en cebolla variedad Sivan?

2.3. Delimitación de la investigación

2.3.1. Espacial

La investigación se llevó a cabo en el distrito de La Yarada Los Palos, provincia y región Tacna, Perú, específicamente en parcelas agrícolas representativas del área dedicada al cultivo de cebolla variedad Sivan.

2.3.2. Temporal

El estudio se desarrolló durante la campaña agrícola 2024, iniciando con la instalación del cultivo en el mes de marzo y concluyendo con la cosecha y evaluación final en julio del año 2024.

2.4. Justificación

La realización de esta investigación es pertinente debido a que aborda la necesidad concreta de mejorar la eficiencia productiva y calidad de la cebolla en una región económicamente estratégica para Perú. Desde el punto de vista práctico, la identificación de una dosis óptima de aminoácidos representó una herramienta innovadora y accesible para los productores, facilitando la adopción de nuevas tecnologías agrícolas que permitan enfrentar condiciones adversas de suelo y clima.

Desde la perspectiva económica, optimizar el rendimiento del cultivo contribuyó directamente a mejorar la rentabilidad para los agricultores locales, fortaleciendo la sostenibilidad económica del sector agrícola regional. Además, esta investigación aportó conocimiento científico valioso sobre el uso de bioestimulantes como los aminoácidos, proporcionando información técnica precisa y validada bajo condiciones locales específicas, beneficiando también a técnicos, investigadores y estudiantes interesados en el manejo agronómico avanzado del cultivo.

Finalmente, esta investigación posee relevancia ambiental al promover alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, minimizando la dependencia del uso intensivo de agroquímicos y fomentando una agricultura más equilibrada y sostenible en la región Tacna.

2.5. Limitaciones

La investigación se realizó bajo condiciones de campo abierto en el distrito La Yarada Los Palos, lo cual implica que factores climáticos adversos como temperaturas extremas, precipitaciones inesperadas o eventos climáticos extraordinarios pueden influir de manera impredecible en los resultados obtenidos.

Dado que el estudio se enfoca específicamente en la cebolla variedad Sivan bajo las condiciones particulares del distrito La Yarada Los Palos, los

resultados y conclusiones obtenidos podrían no ser completamente aplicables a otras variedades de cebolla o a condiciones agroecológicas diferentes a las estudiadas.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Objetivos

2.1.1. General

Evaluar el efecto de cuatro dosis de aminoácido en el rendimiento del cultivo de cebolla variedad Sivan en condiciones de La Yarada Los Palos.

2.1.2. Específico

Determinar la influencia de diferentes dosis de aminoácido en la altura de planta, peso, diámetro polar y ecuatorial del bulbo de cebolla variedad Sivan.

Determinar la dosis de aminoácido que genera el mayor rendimiento de bulbos en el cultivo de cebolla variedad Sivan.

2.2. Hipótesis

2.2.1. General

La aplicación de diferentes dosis de aminoácido influye significativamente en el rendimiento del cultivo de cebolla variedad Sivan en condiciones de La Yarada Los Palos.

2.2.2. Específica

La aplicación de aminoácido incrementa significativamente la altura de planta, peso, diámetro polar y ecuatorial del bulbo en cebolla variedad Sivan.

Existe una dosis óptima de aminoácido que permite alcanzar el mayor rendimiento de bulbos en cebolla variedad Sivan.

2.3. Variables

2.3.1. Independiente (x)

Dosis de aminoácidos (L ha^{-1})

2.3.2. Dependiente (y)

Rendimiento del cultivo (t ha^{-1})

Indicadores agronómicos como: peso del bulbo, diámetro polar y ecuatorial del bulbo y altura de planta

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

Fawzy et al. (2012) evaluaron el efecto de aplicaciones foliares de microorganismos eficaces (EM), aminoácidos y levaduras sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de dos cultivares de cebolla ('Giza 20' y 'Super X') en un suelo recuperado de Egipto, durante dos campañas consecutivas (2009/2010 y 2010/2011). Se observó que 'Giza 20' destacó por su mayor altura de planta y concentración de nutrientes (SST, N, P, K y micronutrientes), mientras que 'Super X' presentó un rendimiento superior y mejor calidad de bulbos. Las aplicaciones foliares generaron mejoras significativas respecto al control, concluyendo que el uso de 3 mg/L de levadura favorece el crecimiento vegetativo, mientras que 3 mg/L de EM incrementa el rendimiento y la calidad de la cebolla.

Shafeek et al. (2012) .evaluaron el efecto de aplicaciones foliares de aminoácidos (arginina y glutamina) en concentraciones de 0, 50, 100, 150, 200 y 300 ppm sobre el crecimiento, rendimiento y características físico-químicas de cebolla, durante dos campañas consecutivas (2010 y 2011) en Nubaria, Egipto. Los resultados indicaron que la glutamina promovió una

mayor longitud del bulbo y mayor concentración de nitrógeno y proteínas, mientras que la arginina destacó por incrementar el peso fresco de hojas, materia seca del bulbo y rendimiento total por metro cuadrado. La dosis de 150 ppm de glutamina generó los mayores valores en peso promedio de bulbos y rendimiento por hectárea, mientras que 200 ppm produjo el mayor contenido de nutrientes. En conjunto, el uso de glutamina a 150 ppm fue la combinación más efectiva para mejorar el rendimiento total del cultivo.

Rafie et al. (2017) evaluaron la aplicación foliar de zinc (Zn) en forma mineral (ZnSO_4) y complejada con aminoácidos (lisina, metionina y treonina) en cultivares de cebolla 'Behbahan' y 'Primavera'. El mayor rendimiento de bulbos ($47,5 \text{ t ha}^{-1}$) se obtuvo con Zn-Lisina. Asimismo, esta combinación aumentó la concentración de Zn en bulbos ($44,1 \text{ mg kg}^{-1}$ en 'Behbahan'), sólidos solubles totales (13,6 brix) y ácido pirúvico ($6,9 \text{ } \mu\text{mol g}^{-1}$). Se concluyó que el complejo Zn-Lisina es más efectivo en suelos calcáreos deficientes en zinc, mejorando tanto el rendimiento como la calidad nutricional de la cebolla.

Faiyad et al. (2020) evaluaron en dos campañas consecutivas (2018–2019 y 2019–2020) el efecto combinado de fuentes de nitrógeno (urea, nitrato y sulfato de amonio), azufre elemental y aminoácidos (L-metionina y L-cisteína) sobre el rendimiento de cebolla 'Giza Red'. Los mejores

resultados se obtuvieron con la aplicación de nitrato de amonio y L-metionina, alcanzando un rendimiento de 37,4 t ha⁻¹, un peso promedio de bulbo de 207 g y una longitud de planta de 72,6 cm. La aplicación de L-metionina mostró mayor eficacia que L-cisteína, mejorando el crecimiento, la calidad y los componentes del rendimiento frente al control.

Arjona et al. (2004) aplicaron urea, melaza y aminoácidos (al follaje o al suelo), solos o en combinación, al cultivo de cebolla híbrida Yellow Granex en la Sabana de Bogotá. Ninguna de las aplicaciones superó al testigo absoluto en variables como rendimiento o crecimiento. Se detectaron efectos adversos: la combinación urea con aminoácidos foliares redujo la altura de planta en hasta 11,6 %, el rendimiento total disminuyó en 7,7 % (~5 t·ha⁻¹) y el rendimiento de bulbos en 8,5 %. Estos resultados reflejan relaciones fisiológicas negativas en ciertas mezclas de fertilización.

Quispe (2019) desarrolló una investigación en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, con el objetivo de evaluar la influencia de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), variedad Roja Ilabaya. Se aplicaron los productos Orgabiol, Aminoterra, Activeg y Basfoliar Algae, además de un testigo, bajo un diseño de bloques completos al azar con análisis de varianza y prueba de Duncan. Los

resultados mostraron que el tratamiento con Aminoterra alcanzó los valores más altos en todas las variables evaluadas: altura de planta de 61,75 cm, peso promedio de bulbo de 170,33 g, diámetro polar de 65,85 mm, diámetro ecuatorial de 62,70 mm, rendimiento por unidad experimental de 114,65 kg, y rendimiento por hectárea de 39,82 t·ha⁻¹. Dichos valores superaron estadísticamente al resto de tratamientos, indicando que Aminoterra fue el bioestimulante más eficiente para mejorar el crecimiento y productividad de la cebolla en dichas condiciones.

Alvarez et al. (2020) evaluaron el efecto de aplicaciones foliares de tres reguladores de crecimiento Cyt-hor, Triggrr suelo y Cito-one sobre el rendimiento de cebolla roja variedad Ilabaya en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, Tacna. Cyt-hor alcanzó el mayor rendimiento con 35,33 t·ha⁻¹, seguido por Triggrr suelo con 31,46 t·ha⁻¹ y Cito-one con 29,95 t·ha⁻¹, mientras que el testigo solo logró 23,16 t·ha⁻¹. Estas aplicaciones también mejoraron significativamente la altura de planta y diámetros polar (máximo 5,89 cm) y ecuatorial (máximo 7,54 cm) del bulbo en comparación al control.

Salazar (2025) evaluó el efecto de cinco bioestimulantes foliares, extractos de algas, aminoácidos, citoquininas + auxinas, brasinoesteroides y un formulado trihormonal frente a un testigo, mediante un diseño

completamente al azar. Si bien los bioestimulantes hormonales destacaron por mostrar un desempeño superior en variables clave como rendimiento por hectárea, peso medio del bulbo, diámetro polar y ecuatorial, firmeza, pH bulbar y desarrollo morfológico del bulbo, no se encontraron diferencias significativas en materia seca ni en sólidos solubles totales. Estos hallazgos subrayan la importancia de seleccionar bioestimulantes acorde con los objetivos productivos específicos, destacando la contribución tanto en calidad como en forma del bulbo.

Yupanqui (2018) realizó una investigación en la región de Tacna con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de sustancias húmicas sobre el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Roja Ilabaya. El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos: testigo sin aplicación, 30, 60 y 90 L ha⁻¹ de sustancias húmicas. Los resultados demostraron efectos significativos en todas las variables evaluadas. El tratamiento con 60 L ha⁻¹ logró el mayor rendimiento, alcanzando 44,80 t ha⁻¹, un peso promedio de bulbo de 173,30 g, altura de planta de 59,30 cm, diámetro polar de 65,55 mm y diámetro ecuatorial de 60,08 mm. Por otro lado, el testigo registró los valores bajos en todas las variables, con un rendimiento de 34,17 t ha⁻¹.

Condori (2024) evaluó el efecto de la folcisteína como bioestimulante foliar en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Ilabaya en el Valle de Moquegua. El estudio se desarrolló bajo un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos: tres niveles de concentración de folcisteína (0,5 ml/L, 1 ml/L y 1,5 ml/L) y un testigo. Los resultados demostraron que el tratamiento con 1 ml/L de folcisteína obtuvo el mayor rendimiento promedio de bulbos, alcanzando 37,63 t ha⁻¹, además de presentar mejoras significativas en el diámetro del bulbo y peso fresco. Se concluyó que el uso de folcisteína tiene efectos positivos sobre las características morfológicas y productivas del cultivo, constituyéndose en una alternativa eficiente para su manejo agronómico.

León (2015) desarrolló un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes niveles de nitrógeno y la aplicación de fitorreguladores sobre el bulbo en el cultivar de cebolla Roja Ilabaya. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con tratamientos combinados de tres niveles de nitrógeno (80, 120 y 160 kg ha⁻¹) y fitorreguladores (auxinas y giberelinas). Los resultados revelaron que la aplicación de 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno combinada con auxinas promovió un mayor diámetro de bulbo (72,4 mm), peso promedio (180,6 g) y rendimiento total (28,95 t ha⁻¹). Se evidenció que la interacción entre el nitrógeno y los fitorreguladores influyó

significativamente en las características fisiológicas y productivas del cultivo.

Guerrero & Pérez (2021) evaluaron el efecto de bioestimulantes orgánicos en la nutrición y rendimiento del cultivo de cebolla amarilla variedad Sweet Magnolia en Ica. Se utilizaron tres bioestimulantes: algas marinas, aminoácidos y extractos húmicos, bajo aplicaciones foliares semanales. Los tratamientos se organizaron en un diseño de bloques completos al azar. Los resultados demostraron que el uso de aminoácidos incrementó el rendimiento hasta 32,18 t ha⁻¹, mientras que el tratamiento con extractos húmicos favoreció el desarrollo radicular y aumentó el diámetro de bulbo (83,2 mm). Concluyeron que los bioestimulantes orgánicos mejoran la eficiencia fisiológica y el rendimiento comercial del cultivo de cebolla.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Aminoácidos

Los aminoácidos pueden definirse como la unidad esencial responsable de la formación de las moléculas de proteínas. Son ácidos orgánicos de carbono formados por los grupos amina (NH₂) y carboxilo (COOH) además del grupo alquilo (R) que es específico de cada aminoácido y se conoce como cadena lateral. Se une al átomo de carbono (α). Hay 21 aminoácidos

de tipo α que se encuentran dentro de las proteínas divididos en dos divisiones: péptido y proteína (Baqir et al., 2019).

Los aminoácidos son bioactivadores que proporcionan energía a la planta para compensar las pérdidas causadas por los procesos de respiración y descomposición. Los aminoácidos se encuentran en las plantas de forma libre o combinados entre sí para formar proteínas y compuestos peptídicos, sin embargo, la forma libre es la común, ya que la forma libre descompone los enlaces peptídicos y hace que los aminoácidos sean libres, simples y fáciles de penetrar (Aly et al., 2019).

3.2.2. Tipos de aminoácidos

La cantidad de aminoácidos varía de una planta a otra en función de los procesos metabólicos, que pueden transmitirse fácilmente a través de los pelos radiculares y pasar por los vasos de las plantas. Los aminoácidos desempeñan un papel importante en muchos procesos bióticos, ya sea libres o como componentes de proteínas; por lo tanto, su importancia y eficacia radican en las fases de crecimiento de las plantas (Baqir et al., 2019).

3.2.3. Función e importancia de los aminoácidos en las plantas

Los aminoácidos desempeñan un papel positivo en la mejora del rendimiento y la calidad de las plantas cuando se pulverizan en diferentes etapas de crecimiento, especialmente en las más críticas, como el crecimiento vegetativo y la floración, o en condiciones de estrés (como la sequía, las altas temperaturas, las heladas, la salinidad o los patógenos), por lo que contribuyen a reducir el efecto del estrés de la sequía y la salinidad a través de diferentes actividades fisiológicas mediante el cambio del potencial osmótico de los tejidos de la planta y reducen en gran medida las lesiones causadas por el estrés biótico (Baqir et al., 2019).

Los estudios han demostrado que los aminoácidos pueden afectar directa o indirectamente a las actividades fisiológicas en las que participan en la síntesis de proteínas y la construcción de hidratos de carbono mediante la construcción de clorofila y la mejora de la fotosíntesis, así como contribuir a estimular la actividad de muchas enzimas y coenzimas (Shafeek et al., 2012).

Los aminoácidos estimulan los procesos fisiológicos y bioquímicos y participan en la síntesis de proteínas y carbohidratos. También se cree que los aminoácidos son responsables de la división celular y de producir algunas hormonas de crecimiento naturales como IAA, etileno y GA₃ y, por

consiguiente, de aumentar el rendimiento y mejorar la calidad (Khalel & Sultan, 2019).

Kandil et al. (2016) reportan que la aplicación de aminoácidos en las plantas limita la deficiencia de nutrientes, ya que se absorben fácilmente y se utilizan directamente para la síntesis de proteínas, donde la glicina es un componente importante de la construcción de la clorofila dentro de la planta, ya que ayuda a aumentar la concentración de clorofila que conduce al más alto grado de fotosíntesis.

Algunos aminoácidos se caracterizan por contener azufre como elemento principal que participa en muchas proteínas vegetales y mantiene la estructura estereoscópica o forma los sitios activos de las enzimas (Kahlel & Sultan, 2019). Entre los aminoácidos que contienen azufre se encuentran la cisteína, la cisteína y la metionina, que son similares por contener azufre en la cadena lateral de su estructura (Popko et al., 2018)

3.2.4. Efecto de los aminoácidos en la calidad de frutos

Los aminoácidos como bioinductores también pueden mejorar la calidad de los frutos en algunos cultivos ya que aumentan la absorción de nutrientes y mejoran la eficiencia de uso de estos, donde los aminoácidos juegan un papel importante como material quelante para los micronutrientes como el hierro, zinc, cobre, magnesio y calcio ya que estos

elementos pueden ser absorbidos y pasar a través de la planta fácilmente con la ayuda de los aminoácidos (El-Abagy et al., 2014).

3.2.5. Efecto de los aminoácidos en el suelo

Además, equilibran los microorganismos del suelo, lo que mejora la mineralización de la materia orgánica y da lugar a un suelo fertilizado y bien estructurado que rodea las raíces de las plantas (Khalil et al., 2008). Los aminoácidos representan una importante fuente de nitrógeno, por lo que favorecen en gran medida el crecimiento de los cultivos (Khalel & Sultan, 2019). Algunos estudios reportan que la acumulación de prolina es un mecanismo metabólico utilizado por los tejidos vegetales para la obtención de nitrógeno a partir de los compuestos resultantes de la degradación y análisis de las proteínas (Szabados & Saviouré, 2010).

3.2.6. Efecto de los aminoácidos ante el estrés biótico y abiótico

La descomposición de las proteínas o la inhibición de la síntesis proteica durante el estrés hídrico contribuyen a la agregación de nitrógeno, que da lugar a la formación de compuestos tóxicos que dañan la planta (Aly et al., 2019). Por ello, las plantas disponen de un mecanismo especial para convertir estos compuestos en compuestos nitrogenados solubles, como los aminoácidos, el más importante de los cuales es la prolina (Baqir et al., 2019).

Algunos aminoácidos, como la prolina y la arginina, también desempeñan un papel importante en la resistencia a condiciones adversas como la salinidad, la sequía y las temperaturas altas o bajas, donde la prolina es uno de los aminoácidos que participan en la síntesis de proteínas (Kandil et al., 2016). También se observa que la cantidad de prolina dentro de una planta es proporcional al tamaño del estrés, biótico o no biótico, al que está sometida la planta, ya que la prolina se acumula en las partes de la planta sometidas al estrés (El-Abagy et al., 2014).

3.2.7. Aplicación de aminoácidos en las plantas

Baqir et al. (2019) indican que se debe tener en cuenta lo siguiente para la aplicación de aminoácidos en las plantas

- a. Pulverizar los aminoácidos durante las primeras horas de la mañana.
- b. Evitar mezclar compuestos que contengan calcio y azufre con aceites minerales.
- c. Pulverizar aminoácidos al principio de las fases críticas de crecimiento para potenciar el crecimiento de las raíces y los brotes.
- d. Las plantas pulverizadas no deben sufrir falta de fósforo.
- e. En el caso del uso de aminoácidos individuales, es preferible tratar la falta de elementos antes de la pulverización.

3.3. Cultivo de cebolla

3.3.1. Origen

La cebolla se domesticó en Asia Central, en la región que hoy en día corresponde a India, Afganistán, Irán y Pakistán. Esta región presenta las condiciones climáticas y edáficas adecuadas para el cultivo de la cebolla, con inviernos fríos y veranos cálidos y secos (Ariyama et al., 2007).

3.3.2. Clasificación taxonómica

Según Xie et al. (2020) la cebolla se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

Superdivisión: Spermatophyta

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Subclase: Liliidae

Orden: Liliales

Familia: Alliaceae

Género: Allium

Especie: Allium cepa

3.3.3. Botánica

La cebolla, es una planta monocotiledónea herbácea bienal que usualmente se cultiva como planta anual, excepto para producir semilla (Habtamu et al., 2016).

Raíz: La cebolla tiene un sistema radicular fasciculado, lo que significa que las raíces se originan a partir de un punto central. Las raíces son cortas y poco profundas, y se extienden a unos 20 centímetros de profundidad (Habtamu et al., 2016).

Tallo: Es un escapo hueco que se eleva desde el centro del bulbo. El escapo puede alcanzar una altura de hasta 1 metro (Major et al., 2023).

Hojas: Son largas y cilíndricas. Están compuestas por una vaina foliar basal y un limbo foliar. La vaina foliar es la parte más ancha de la hoja, y está unida al tallo. El limbo foliar es la parte verde y estrecha de la hoja (Habtamu et al., 2016).

Bulbo: Es la parte comestible de la cebolla. Está formado por hojas modificadas que se han engrosado y carnificado. Las hojas del bulbo están

dispuestas en capas, y están unidas entre sí por una sustancia gelatinosa(Major et al., 2023).

Flores: La cebolla produce flores en una inflorescencia en forma de umbela. Las flores son pequeñas y blancas, y tienen seis pétalos. Las flores son hermafroditas, lo que significa que tienen órganos masculinos y femeninos (Nemtinov et al., 2021).

Fruto: Es una cápsula seca que contiene tres semillas. Las semillas son pequeñas y negras (Major et al., 2023).

3.3.4. Fisiología de la cebolla

La cebolla es una planta bienal, lo que significa que tiene un ciclo de vida de dos años. Durante el primer año, la cebolla crece un bulbo, que es la parte comestible de la planta. Durante el segundo año, la cebolla produce flores y semillas (Rao, 2016).

La fisiología de la cebolla según Chope et al. (2012) se divide en las siguientes etapas:

Germinación: La cebolla germina cuando la semilla entra en contacto con la humedad y la temperatura adecuada. El proceso de germinación dura aproximadamente 10 días.

Bulbificación: Es el proceso por el cual la cebolla desarrolla su bulbo. La bulbificación comienza cuando las horas de luz disminuyen y las temperaturas comienzan a bajar. Este proceso suele durar de 2 a 3 meses.

Floración: Ocurre durante el segundo año de vida de la cebolla. La floración dura aproximadamente 3 semanas.

Maduración: Es el proceso por el cual la cebolla desarrolla sus semillas. La maduración suele durar de 2 a 3 meses.

3.3.5. Fisiología de la bulbificación en *Allium cepa*

La bulbificación es una respuesta morfogénica regulada principalmente por la interacción entre factores ambientales (fotoperiodo y temperatura) y el equilibrio hormonal interno (Lee et al., 2013).

3.3.5.1. Percepción fotoperiódica y la señal florígena

El factor determinante para la mayoría de las variedades de cebolla es la longitud del día. La planta detecta la duración de la luz a través de los fitocromos en las hojas maduras. Cuando se alcanza el fotoperiodo crítico (que varía según si la variedad es de día corto, intermedio o largo), se sintetiza una señal móvil, similar al florígeno, identificada como la proteína FT (Flowering Locus T).

Esta proteína viaja desde las hojas hasta el meristemo apical, donde altera la división celular para que las nuevas bases foliares se ensanchen lateralmente en lugar de crecer verticalmente (Brewster, 2008).

3.3.5.2. Control hormonal de la diferenciación del bulbo

La transición de la fase de crecimiento vegetativo longitudinal hacia la expansión lateral de las bases foliares está mediada por un complejo sistema de regulación endógena. Este proceso no depende de una única fitohormona, sino de la interacción y los balances hídricos y químicos entre diversos grupos reguladores (Brewster, 2008).

Ácido abscísico (ABA): Se ha observado que las concentraciones de ABA se incrementan significativamente en las láminas foliares y el pseudotallo al iniciarse la bulbificación. Esta fitohormona actúa como un modulador de la senescencia foliar y promueve la translocación de asimilados hacia el sumidero, facilitando la transición hacia la latencia del bulbo (Kardailsky et al., 1999).

Giberelinas (GAs): Las giberelinas desempeñan un rol antagonista en la formación del bulbo. Niveles elevados de GAs endógenas mantienen la dominancia del crecimiento del ápice caulinar y la formación de nuevas láminas foliares. Por consiguiente, la bulbificación requiere una reducción

en la biosíntesis de giberelinas o una disminución de la sensibilidad del tejido a estas, permitiendo el cese del crecimiento vertical (Lee et al., 2013).

Citoquininas: Estas hormonas son cruciales en las etapas iniciales de la bulbificación, ya que estimulan la división celular en las células del parénquima de las vainas foliares, proporcionando la base celular necesaria para el posterior ensanchamiento y almacenamiento de carbohidratos (Lee et al., 2013).

3.3.5.3. Dinámica de los carbohidratos (relación fuente-sumidero)

Durante la bulbificación, el bulbo se convierte en el sumidero dominante. La planta moviliza los fotoasimilados (principalmente fructanos y sacarosa) desde las láminas foliares hacia las vainas basales.

Este proceso culmina con el colapso del cuello de la planta, un fenómeno fisiológico que indica que la translocación de nutrientes ha finalizado y el bulbo ha alcanzado su madurez fisiológica (Abe et al., 2005).

3.3.6. Condiciones edafoclimáticas

Temperatura

La cebolla crece mejor a temperaturas de entre 15 y 25 °C. Las temperaturas inferiores a 10 °C pueden dañar las plantas, mientras que las

temperaturas superiores a 30 °C pueden reducir el rendimiento y la calidad del bulbo (De Ruiter, 1986; Rao, 2016).

Luz

La cebolla necesita al menos 10 horas de luz solar al día para crecer adecuadamente. Las plantas cultivadas en sombra producirán bulbos más pequeños y de menor calidad (Rao, 2016).

Fotoperiodo

El fotoperiodo es la duración del día. La cebolla es una planta de día largo, lo que significa que necesita un mínimo de 12 horas de luz solar al día para formar bulbos. Cuando se la cultiva en condiciones de fotoperiodo corto, no formará bulbos y se mantendrá en crecimiento vegetativo. La sensibilidad al fotoperiodo varía según la variedad de cebolla. Algunas variedades son más sensibles al fotoperiodo que otras. Las variedades de día largo se cultivan mejor en regiones con veranos largos y cálidos. Las variedades de día medio se pueden cultivar en regiones con veranos más cortos. Las variedades de día corto se pueden cultivar en regiones con veranos muy cortos o en invernaderos (De Ruiter, 1986).

Agua

La cebolla necesita un suministro constante de agua para crecer y desarrollarse. Las plantas que no reciben suficiente agua producirán bulbos pequeños y de menor calidad. Sin embargo, es importante evitar el exceso de riego, ya que puede provocar pudrición de la raíz (Rao, 2016).

Suelo

La cebolla prefiere suelos bien drenados y ricos en materia orgánica. Los suelos arcillosos pesados pueden retener demasiada agua y provocar pudrición de la raíz. Los suelos arenosos pueden retener poca agua y provocar estrés hídrico. La cebolla prefiere suelos con un pH neutro, de entre 6,0 y 7,0. Los suelos demasiado ácidos o alcalinos pueden inhibir el crecimiento de las plantas. La cebolla es moderadamente tolerante a la salinidad. Sin embargo, los suelos demasiado salinos pueden provocar estrés en las plantas y reducir el rendimiento (De Ruiter, 1986).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Nivel de investigación

La investigación es de nivel experimental

4.1.1. Ubicación

La investigación se llevó a cabo en el distrito La Yarada Los Palos, Tacna, ubicado a 45 msnm, con coordenadas 18°14'20"S y 70°27'08"O. El clima es árido, con baja humedad y escasas lluvias, condiciones propias de una zona desértica, favorables para el cultivo de cebolla bajo manejo tecnificado.

4.1.2. Cultivos anteriores

El terreno fue previamente cultivado con cebolla y maíz forrajero bajo un sistema convencional. Se realizaron rotaciones adecuadas que permitieron mantener la fertilidad del suelo y evitar problemas sanitarios, creando condiciones apropiadas para establecer el ensayo con cebolla variedad Sivan en la presente investigación.

4.2. Características edafoclimáticas durante el experimento

4.2.1. características físico químicas del suelo

Tabla 1.

Resultados del análisis físico químicos del suelo del campo experimental

Análisis mecánico					Análisis químico				Elementos disponibles		
Cód. Lab.	Arena %	Arcilla %	Limo %	Clase Textural	CO ₃ Ca %	pH	CE mS/cm	MO %	N %	P ppm	K ppm
M - 2187	91	4	5	A.	0,0	6,99	10,76	0,33	0,0	6	274
Cód. Lab.	Capacidad de intercambio de cationes cambiables					CIC Capacidad de Intercambio Catiónico		Suma de cationes		Saturación de Bases	
	Ca ⁺⁺ meq/100 g	Mg ⁺⁺ meq/100 g	K ⁺ meq/100 g	Na ⁺ meq/100 g	Acidez cambiabile H ⁺ +Al ⁺⁺⁺	meq/100g				%	
M - 2187	3,56	0,69	0,58	0,45	0,0	5,28		5,28		100	

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Agua y Fertilizantes (LASPAF), UNALM 2024

El análisis físico-químico del suelo del campo experimental (Tabla 1) indica que el perfil presenta una textura arenosa (91% arena, 4% arcilla y 5% limo), lo que otorga alta permeabilidad, buena aireación y facilita el desarrollo radicular, pero reduce la retención de agua y nutrientes, exigiendo un manejo eficiente de fertilización y riego. El pH de 6,99 lo clasifica como un suelo ligeramente ácido adecuado para el cultivo de cebolla; sin embargo, la conductividad eléctrica de 10,76 mS/cm revela alta salinidad, lo que puede limitar la absorción de agua y generar estrés en las plantas. La materia orgánica es baja (0,33%), afectando la disponibilidad y

retención de nutrientes. Respecto a los elementos disponibles, el fósforo es bajo (6 ppm) y el potasio es alto (274 ppm), lo que favorece la formación de bulbos. La capacidad de intercambio catiónico (5,28 meq/100 g) es reducida, coherente con su textura arenosa, mientras que la saturación de bases del 100% indica una adecuada presencia de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ . Estas características reflejan la necesidad de estrategias de manejo nutricional y bioestimulantes para optimizar el rendimiento del cultivo de cebolla bajo las condiciones edáficas de La Yarada Los Palos.

4.2.2. Características climáticas

Tabla 2.

Datos meteorológicos registrados durante la ejecución de la investigación

Meses	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		
Abril	25,3	16,1	73,8	0,01
Mayo	20,8	13,3	80,7	0,06
Junio	20,2	11,4	82,2	0,01
Julio	18,8	10,4	79,2	0,01
Agosto	18,8	10,7	82,9	0,22
Setiembre	20,7	11,8	78,7	0,04
Octubre	23,3	13,2	75,5	0,07

Fuente: Estación Jorge Basadre - SENAMHI / DRD, 2024

La tabla 2 muestra los datos meteorológicos registrados durante la ejecución de la investigación, correspondientes al periodo de abril a octubre de 2024 en La Yarada Los Palos, proporcionados por la estación Jorge Basadre – SENAMHI/DRD. Las temperaturas máximas oscilaron entre

18,8 °C y 25,3 °C, siendo abril el mes más cálido (25,3 °C) y julio y agosto los más fríos (18,8 °C). Las temperaturas mínimas variaron de 10,4 °C (julio) a 16,1 °C (abril), reflejando condiciones propias de un clima árido cálido con marcada amplitud térmica diaria. La humedad relativa se mantuvo en valores moderadamente altos, con un rango entre 73,8 % (abril) y 82,9 % (agosto), condiciones que favorecen el desarrollo vegetativo inicial de la cebolla, pero que podrían incrementar la incidencia de enfermedades fúngicas en fases de bulbeo si no se gestiona adecuadamente la ventilación y la densidad de siembra. En cuanto a la precipitación, se registraron valores extremadamente bajos, con un promedio menor a 0,05 mm/día, caracterizando la zona como de régimen desértico. Estos datos evidencian la necesidad de un manejo eficiente del riego y del balance hídrico, pues las condiciones climáticas imponen alta dependencia del sistema de fertirriego para alcanzar rendimientos óptimos en el cultivo de cebolla variedad Sivan.

4.3. Material experimental

4.3.1. Material biológico

Se utilizaron plantines de cebolla de la variedad Sivan de 45 a 60 días después del almacigado.

Características de la variedad Sivan

Es una cebolla híbrida de día corto que se cultiva comercialmente en todo el mundo. Es una variedad de cebolla de maduración semi temprana, lo que significa que tarda de 120 a 140 días en madurar desde la siembra. Las cebollas Sivan son de color rojo brillante y tienen un sabor dulce y suave. Son una buena opción para ensaladas, sopas, guisos y otros platos.

Tabla 3.

Principales características de la variedad de cebolla Sivan

Característica	Descripción
Tipo	Cebolla híbrida
Forma de bulbo	Esferoide, globo o globo alargada
Color de cascara	rosado
Sabor	Firme, de sabor suave y dulce
Fotoperiodo	Día corto (apta para siembras de invierno o épocas con menos horas luz)
Madures relativa	Precoz/semitemprana
Ciclo de cosecha	Aproximadamente de 90 a 130 días después del trasplante (depende de la época y zona)
Potencial de rendimiento	Alto rendimiento comprobado
capacidad de almacenamiento	Largo periodo de vida en anaquel (hasta 4 meses) y soporta bien el transporte
Cuello	Delgado y muy cerrado
Resistencia	Rustica, se adapta a climas y suelos (ligeramente tolerante a la acidez, pH de 6 a 6,8)
Uso común	Siembras de invierno, consumo fresco debido a su sabor suave, y por ser muy cotizada en el mercado
Métodos de siembra	apto para siembra directa, trasplante o producción de bulbillos

Material experimental

Como material experimental se utilizó el aminoácido Aminoterra

Características del Aminoterra

El producto Aminoterra es un bioestimulante y fertilizante líquido ampliamente utilizado en la agricultura. Sus características principales se centran en su origen, composición y los efectos fisiológicos que produce en los cultivos.

Origen y proceso de obtención

Materia Prima: Se obtiene a partir de proteínas de origen marino (principalmente Salmón), destacando su alta calidad biológica.

Proceso: Es un hidrolizado proteico resultante de un proceso de hidrólisis enzimática de alta tecnología en condiciones controladas. Este método asegura la obtención de moléculas biológicamente activas y estables.

Composición (Producto base)

Otros: Contiene péptidos de bajo peso molecular que favorecen la absorción y el crecimiento radicular.

Presentación: Es un Concentrado Soluble (Líquido fluido, café ámbar).

Filtro: Generalmente está filtrado a micras finas, lo que permite su versatilidad de aplicación.

La formulación de Aminoterra es rica en compuestos orgánicos esenciales para la nutrición y bioestimulación vegetal.

Tabla 4.

Composición química del Aminoterra

Composición	Concentración aproximada %p/p	Función
Aminoácidos totales	15%	Bloques de construcción de proteínas
Aminoácidos libres	5 - 8 %	Forma de más rápida absorción
Materia orgánica activa	15%	Mejora la estructura y actividad del suelo
Ácidos fúlvicos	9 - 9,5%	Promueven la absorción de nutrientes y actúan como quelatantes
Nitrógeno total (N)	2,50%	Aporte de nitrógeno de fácil asimilación
Fosforo (P)	1%	Nutriente esencial
Potasio	0,30%	Nutriente esencial

Fuente: Aminochen (2023)

Mecanismo de acción y beneficios

Aminoterra actúa como un potente agente antiestrés y promotor de crecimiento, al ofrecer a la planta "materiales" ya metabolizados.

Tabla 5.

Mecanismos de acción y beneficios del Aminoterra

Características	Beneficios
Ahorro energético	Proporciona una nutrición directa con aminoácidos , lo que evita que la planta gaste energía en sintetizarlos (Ahorro de energía para la síntesis de sus propias proteínas)
Efecto antiestrés	Fortalece y recupera rápidamente las plantas sometidas a estrés (térmico, hídrico, lumínico, salino y nutricional) minimizando la pérdida del potencial productivo
Crecimiento radicular	Estimula el crecimiento de las raíces gracias a los péptidos de cadenas cortas
Asimilación de nutrientes	Actúa como quelante, promoviendo la absorción y traslocación de otros micronutrientes (como Hierro, zinc, manganeso)
Mejora de rendimiento	Aumenta la tasa de absorción de nutrientes, resultando en un incremento de los rendimientos, calibres y una mejora en la calidad de las cosechas (frutos, hojas etc.)
Uso en suelo	Favorece el incremento de la población microbiana del suelo

Fuente: Aminochen (2023)

Usos y Aplicación

Formas de aplicación: Vía foliar (pulverización), en equipos de fertirrigación o directamente al suelo (Drench).

Fases de uso: Se aplica durante las etapas de crecimiento vegetativo, en pre y post floración, y es especialmente útil para la recuperación de plantas estresadas.

Seguridad: Es un producto natural, concentrado, no tóxico para personas ni animales y no corrosivo.

4.3.2. Materiales de campo

Se utilizó palas, picos, azadones, mochila de fumigar, overol, cordel, letreros, yeso, lapiceros, libreta de campo, wincha métrica, bascula digital, etc.

4.4. Métodos

4.4.1. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio fueron los siguientes:

Tabla 6

Descripción de tratamientos y momentos de aplicación

Tratamientos	Dosis de Aminoterra (L ha ⁻¹)	Momentos de aplicación
t ₀	Testigo (sin aplicación)	1° aplicación a los 7 ddt para el crecimiento vegetativo vía drench.
t ₁	0,5	2° aplicación en etapa de bulbificación vía foliar 3° aplicación en crecimiento y desarrollo del bulbo vía foliar
t ₂	1,0	
t ₃	1,5	
t ₄	2,0	

4.4.2. Variables de respuesta

Altura de planta (cm)

La altura de planta se evaluó a los 90 ddt. Las mediciones se realizaron utilizando una wincha métrica, midiendo desde el cuello de la planta hasta

la parte apical de las hojas. Se tomaron 10 plantas a azar de cada unidad experimental.

Peso de bulbo (g)

El peso de bulbo se midió al momento de la cosecha. Se pesaron 10 bulbos al azar de cada unidad experimental y se promediaron sus valores para obtener el peso promedio de bulbo.

Diámetro polar del bulbo (mm)

El diámetro polar de bulbo se evaluó al momento de la cosecha. Se tomaron 10 bulbos al azar de cada unidad experimental para la medición de esta variable se realizó con un vernier.

Diámetro ecuatorial del bulbo (mm)

El diámetro ecuatorial de bulbo se evaluó al momento de la cosecha. Se tomaron 10 bulbos al azar de cada unidad experimental para la medición de esta variable se realizó con un vernier.

Rendimiento total ($t\ ha^{-1}$)

El rendimiento total se evaluó después de la cosecha. Se pesaron todos los bulbos cosechados por unidad experimental y los resultados se expresó en $t\ ha^{-1}$.

4.4.3. Diseño experimental

En el presente estudio se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, haciendo un total de 20 unidades experimentales.

4.4.4. Características de la parcela experimental

Campo experimental

Largo: 30 m

Ancho: 24 m

Área total: 720 m²

Bloque experimental

Largo del bloque: 24 m

Ancho de bloque: 6 m

Área total del bloque: 144 m²

Unidad experimental (UE)

Largo de UE: 6 m

Ancho de UE: 4,8 m

Área total de UE: 28,8 m²

Distanciamiento entre plantas: 0,10 m

Distanciamiento entre filas: 0,8 m

4.4.5. Aleatorización de los tratamientos

Tabla 7

Aleatorización de los tratamientos en la parcela experimental

Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T3	T0	T2	T1
T4	T1	T4	T0
T2	T3	T0	T4
T1	T2	T1	T3
T0	T4	T3	T2

4.4.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante la técnica del análisis de varianza (ANOVA), utilizando la prueba F para evaluar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos con un nivel de significancia de 0,05 y 0,01. Para determinar la dosis óptima de Aminoterra, se aplicó un análisis de regresión lineal simple.

4.4.7. Conducción del experimento

Muestreo y análisis de suelo

Se realizó el muestreo del suelo en el área experimental antes de la preparación del terreno, y se envió una muestra compuesta al Laboratorio de Análisis de suelos, agua y foliares de la UNALM, con el objetivo de determinar sus propiedades físicas y químicas.

Preparación del terreno

Arado: Con la finalidad de eliminar las malas hierbas y roturar el suelo, se realizó un arado para mejorar la aireación e infiltración del agua de riego.

Nivelación: Esta tarea se llevó a cabo manualmente utilizando un rastrillo, con el fin de tender las cintas de riego (riego por goteo).

Marcado de surcos

El marcado de los surcos se realizó con una separación de 0,80 m entre surcos. Para esta labor se utilizó yeso para el marcado de surcos, bloques y las unidades experimentales.

Fertilización de fondo

Se incorporaron 20 t/ha de estiércol de vacuno como fuente de materia orgánica. En esta etapa, se aplicó todo el fósforo y 1/3 del nitrógeno. La fórmula de fertilización que se utilizara es: 120 kg de N ha⁻¹, 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹ y 0 kg de K₂O ha⁻¹.

Almácigo

El almácigo de la cebolla se realizó en una cama de cultivo para germinar las semillas de cebolla de la variedad Sivan y obtener plantines que luego se trasplantaron al campo. El almácigo se realizó en el mismo campo, ya que el suelo es fértil, bien drenado, y se aplicó compost para que el suelo tenga un buen contenido de materia orgánica. Por otro lado, se realizó desmalezados y el control de plagas y enfermedades. El almácigo de la cebolla tiene una duración de entre 30 a 45 días, dependiendo de la variedad y las condiciones climáticas.

Trasplante

El trasplante se realizó manualmente en cada una de las unidades experimentales, preferiblemente por la mañana y cuando el almácigo alcance una altura de 15 cm o cuando tenga tres hojas verdaderas. Se

aplicó riego antes y después del trasplante, y las plantas se colocaron a una distancia de 0,10 m entre ellas y 0,80 m entre surcos.

Aplicación de tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó en drench y foliar. Se realizaron tres aplicaciones, la primera a los 7 ddt en etapa de crecimiento vegetativo, la segunda aplicación se realizó en la etapa de bulbificación y la tercera y última aplicación en la etapa de crecimiento y desarrollo del bulbo.

Control de malezas

El control de malas hierbas se realizó manualmente y en tres momentos utilizando palas y azadones, la primera a los 20 ddt, la segunda a los 40 ddt y la tercera a los 60 ddt.

Riego

Se empleó el riego por goteo, realizándose cada 2 días hasta el doblado de las hojas.

Control fitosanitario

El control fitosanitario del cultivo se efectuó de forma integral, combinando medidas preventivas y curativas. Asimismo, se realizó un

monitoreo constante de plagas y enfermedades para realizar un manejo oportuno de estas.

Cosecha

A los 120 días después del trasplante, se arrancaron manualmente las plantas del suelo para luego proceder al secado y curado de los bulbos.

Empaque

Una vez recopilados los datos y clasificados los bulbos según el tamaño, se procedió a embalarlos en sacos de plástico para su transporte al mercado con fines comerciales.

Procesamiento de la información

Después de recopilar los datos, se llevó a cabo el procesamiento utilizando el programa estadístico RStudio y Statgraphics. Se realizó el análisis de regresión para determinar la dosis optima.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Resultados

5.1.1. Altura de planta (cm)

Tabla 8.

Análisis de varianza de altura de planta de cebolla var. Sivan

F. V.	gl	SC	CM	Fc	p-value
Bloques	3	88,97	29,66	2,772	0,08731 ns
Tratamientos	4	258,76	64,69	6,046	0,00667 **
Error experimental	12	128,4	10,7		
Total	19	476,13			

CV: 4,98

ns: No significativo

** Alta significación

En la tabla 8 se presenta el análisis de varianza, indica que las dosis del aminoácido Aminoterra tuvieron un efecto altamente significativo sobre la altura de planta de cebolla var. Sivan, lo que evidencia diferencias estadísticas entre tratamientos. Los bloques no influyeron significativamente. El coeficiente de variación de 4,98 % refleja una alta precisión del experimento.

Tabla 9.*Análisis de regresión lineal simple para la altura de planta*

F. de V.	gl	SC	CM	Fc	Valor-P
Regresión	1	228,006	228,006	16,54	0,0007
Residual	18	248,127	13,7848		
Total	19	476,133			
R ² : 47,89%		Coeficiente de correlación = 0,69			

La tabla 9, muestra los resultados del análisis de regresión lineal simple aplicado a la altura de la planta revela que el modelo es estadísticamente significativo. Esto indica la existencia de una relación lineal altamente significativa entre las dosis de Aminoterra y la altura de planta.

Tabla 10.*Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión*

	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intersección	60,961	1,43796	42,3941	0,0000
Dosis de Aminoterra	4,775	1,17409	4,06699	0,0007 **

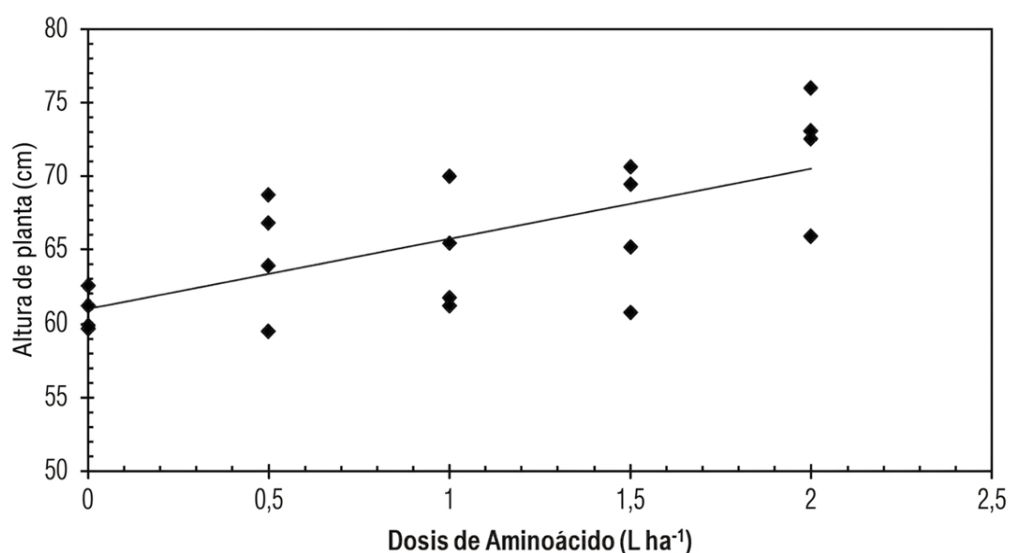
De acuerdo con los resultados de la prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión (tabla 10), se confirma que ambos parámetros del modelo son altamente significativos indicando que, por cada unidad de aumento en la dosis de Aminoterra aplicada, la altura de la planta se incrementa en 4,775 unidades. Esto permite establecer la siguiente función de respuesta estimada:

$$\hat{y} = 60,961 + 4,775X$$

En la figura 1 se representa la relación entre la dosis de Aminoterra y la altura de la planta. Se observa una clara tendencia lineal positiva, donde el incremento en la dosis de aminoácido aplicada al suelo se asocia con un aumento en la altura de las plantas.

Figura 1.

Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación de altura de planta



5.1.2. Peso promedio unitario del bulbo (g)

Tabla 11.

Análisis de varianza para el peso unitario de bulbo de cebolla var. Sivan

F. V	gl	SC	CM	Fc	p-value
Bloques	3	3 510	1 170	6,039	0,00952 **
Tratamientos	4	30 381	7 595	39,208	0,000000848 **
Error experimental	12	2 325	194		
Total	19	36 216			

CV: 8,59%

** Alta significación

El análisis de varianza (tabla 11) revela que los tratamientos con diferentes dosis de aminoácido influyeron de forma altamente significativa en el peso unitario del bulbo de cebolla var. Sivan, indicando diferencias estadísticas entre ellos. Asimismo, los bloques presentaron un efecto significativo. El bajo coeficiente de variación de 8,59 % refleja una buena precisión experimental.

Tabla 12.

Análisis de regresión lineal simple para el peso del bulbo

F. de V.	gl	SC	CM	Fc	Valor-P
Regresión	1	28 091	28 091	62,23	0,00000
Residual	18	8 124,77	451,376		
Total	19	36 215,8			
R ² : 77,57%		Coeficiente de correlación = 0,88			

El análisis de regresión para el peso unitario del bulbo de cebolla (tabla 12) demuestra que el modelo es altamente significativo. Esto evidencia una relación lineal extremadamente sólida entre la variable las dosis de Aminoterra y el peso del bulbo.

Tabla 13.

Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión

	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intersección	109,055	8,22839	13,2535	0,000000
Dosis de Aminoácido	53,0009	6,71845	7,88886	0,000000

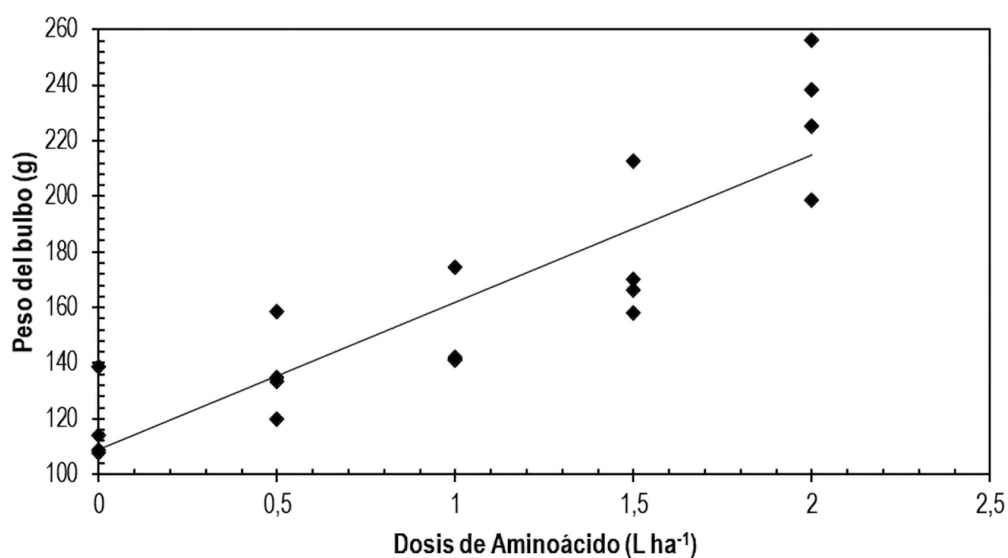
Los resultados de la prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión del peso del bulbo (tabla 13), confirman que ambos parámetros

son altamente significativos, indicando que, por cada unidad de aumento en la dosis de Aminoterra aplicada, el peso unitario del bulbo se incrementa en 53,0009 g. Esto permite establecer la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 109,055 + 53,0009X$$

Figura 2.

Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación de altura de planta



En la figura 2 se observa una marcada tendencia lineal positiva, donde el incremento en la dosis de aminoácido aplicada al suelo se asocia con un aumento sustancial en el peso unitario de los bulbos.

5.1.3. Diámetro polar del bulbo (mm)

Tabla 14.

Análisis de varianza para el diámetro polar del bulbo de cebolla var. Sivan

F. V	gl	SC	CM	Fc	p-value
Bloques	3	18,8	6,25	1,276	0,327 ns
Tratamientos	4	379	94,74	19,34	0,0000363**
Error experimental	12	58,8	4,9		
Total	19	456,6			

CV: 3,01%

** Alta significación

El análisis de varianza para el diámetro polar del bulbo de cebolla variedad Sivan (tabla 14), muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados, lo que indica que la aplicación de diferentes dosis de aminoácidos influyó significativamente en esta variable. En contraste, el efecto de los bloques no fue significativo lo que sugiere una uniformidad adecuada entre las unidades experimentales. Además, el coeficiente de variación fue de 3,01% respectivamente.

Tabla 15.

Análisis de regresión lineal simple para el diámetro polar del bulbo

F. de V.	gl	SC	CM	Fc	Valor-P
Regresión	1	358,316	358,316	65,68	0,0000 **
Residual	18	98,1931	5,45517		
Total	19	456,509			

R²: 78,49%

Coeficiente de correlación = 0,86

En la tabla 15, el análisis de regresión lineal simple para el diámetro polar del bulbo revela que el modelo es altamente significativo. Este resultado

confirma la existencia de una relación lineal extremadamente sólida entre las dosis del Aminoterra y el diámetro polar del bulbo.

Tabla 16.

Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión

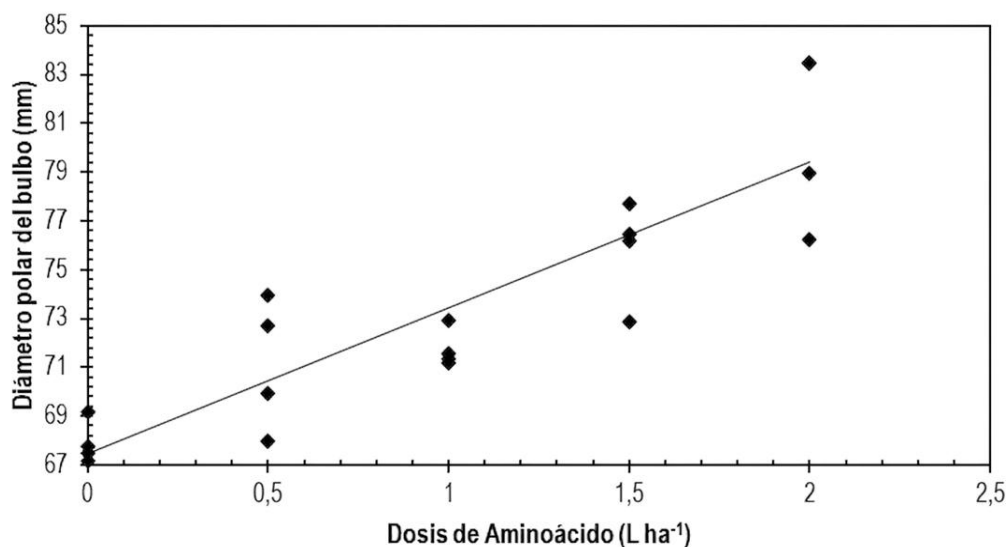
	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intersección	67,438	0,904586	74,5512	0,0000
Dosis de Aminoácido	5,98595	0,738591	8,10455	0,0000

La prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión del diámetro polar del bulbo (tabla 16) confirma que ambos parámetros del modelo son altamente significativos, indicando que, por cada unidad de aumento en la dosis de Aminoterra aplicada, el diámetro polar del bulbo se incrementa en aproximadamente 5,99 mm. Esto permite establecer la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 67,438 + 5,98595X$$

Figura 3.

Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del diámetro polar del bulbo



En la figura 3 se observa una clara tendencia lineal positiva, donde el incremento en la dosis de aminoácido aplicada al suelo se asocia con un aumento progresivo del diámetro polar de los bulbos

5.1.4. Diámetro ecuatorial del bulbo

Tabla 17.

Análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del bulbo de cebolla var. Sivan

F. V	gl	SC	CM	Fc	p-value
Bloques	3	74,9	24,96	6,62	0,00689**
Tratamientos	4	728,8	182,19	48,32	0,000000265**
Error experimental	12	45,2	3,77		
Total	19	848,9			

CV: 2,93%

** Alta significación

El análisis de varianza para el diámetro ecuatorial del bulbo de cebolla variedad Sivan (tabla 17) revela diferencias altamente significativas entre los tratamientos, lo que indica que las distintas dosis de aminoácidos influyeron de manera contundente en esta variable. Asimismo, se observó significancia estadística entre bloques, lo cual sugiere una ligera variabilidad entre las repeticiones del ensayo. El bajo coeficiente de variación de 2,93% refleja una alta precisión experimental.

Tabla 18.

Regresión lineal simple para el diámetro ecuatorial del bulbo

F. de V.	gl	SC	CM	Fc	Valor-P
Regresión	1	680,823	680,823	72,92	0
Residual	18	168,05	9,33608		
Total	19	848,873			
R ² : 80,20%		Coeficiente de correlación = 0,89			

En la tabla 18, el análisis de regresión lineal simple para el diámetro ecuatorial del bulbo demuestra que el modelo es altamente significativo. Este resultado confirma una relación lineal extremadamente sólida entre las dosis de Aminoterra y el diámetro ecuatorial del bulbo.

Tabla 19.

Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión

	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intersección	58,0593	1,18339	49,0618	0,00000000
Dosis de Aminoterra	8,2512	0,966234	8,53954	0,00000000 **

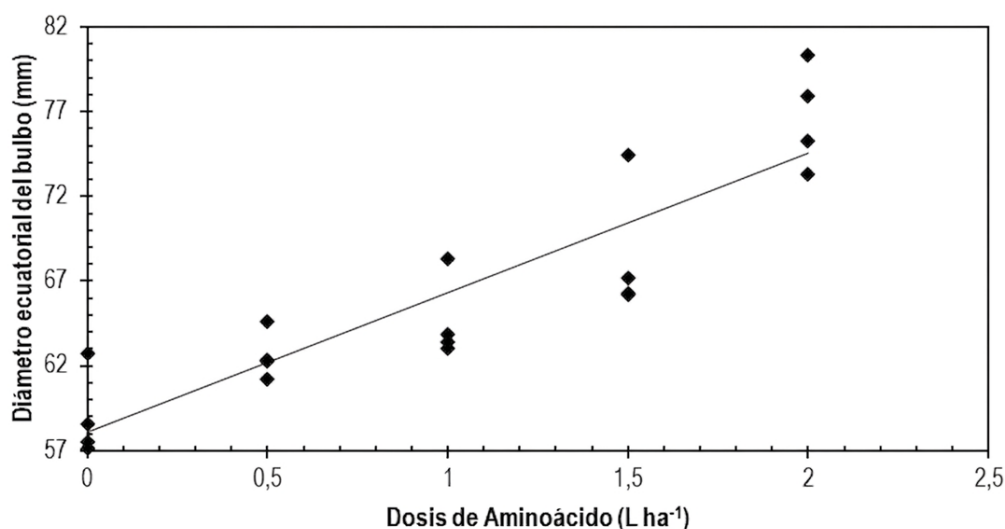
Los resultados de la prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión del diámetro ecuatorial del bulbo confirman que ambos parámetros son altamente significativos, indicando que, por cada unidad de aumento en la dosis de Aminoterra aplicada, el diámetro ecuatorial del bulbo se incrementa en 8,25 mm. Esto permite establecer la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 58,0593 + 8,2512X$$

En la figura 4 se representa la relación entre la dosis de Aminoterra aplicados al suelo y el diámetro ecuatorial del bulbo. Se observa una tendencia lineal positiva, donde el incremento en la dosis de aminoácido se asocia con un aumento progresivo del diámetro ecuatorial de los bulbos.

Figura 4.

Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del diámetro ecuatorial del bulbo



5.1.5. Rendimiento por unidad experimental (kg)

Tabla 20.

Análisis de varianza de rendimiento de bulbo de cebolla var. Sivan por UE

F. V	gl	SC	CM	Fc	p-value
Bloques	3	445,2	148,4	2,979	0,07399 ns
Tratamientos	4	1 294,8	323,7	6,497	0,00507**
Error experimental	12	597,9	49,8		
Total	19	2 337,9			
CV: 9,48%	ns: No significativo		** Alta significación		

El análisis de varianza (tabla 20) muestra que los tratamientos influyeron significativamente en el rendimiento de bulbo de cebolla por unidad experimental, lo cual indica que las diferentes dosis de aminoácidos aplicadas generaron efectos diferenciados en la producción del cultivo. En contraste, el efecto de los bloques no fue significativo, lo que refleja homogeneidad en las repeticiones del ensayo. El coeficiente de variación fue de 9,48%, valor aceptable en evaluaciones agronómicas, lo que sugiere una adecuada precisión experimental.

Tabla 21.

Regresión lineal simple para el rendimiento de cebolla por unidad experimental

F. de V.	gl	SC	CM	Fc	Valor-P
Regresión	1	395,012	395,012	31,52	0
Residual	18	225,59	12,5328		
Total	19	620,602			
R ² : 63,65%		Coeficiente de correlación = 0,79			

El análisis de regresión lineal simple para el rendimiento de cebolla por unidad experimental (tabla 21) demuestra que el modelo es altamente

significativo. Este resultado confirma la existencia de una relación lineal sólida y estadísticamente significativa entre las dosis de Aminoterra y el rendimiento por unidad experimental.

Tabla 22.

Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión

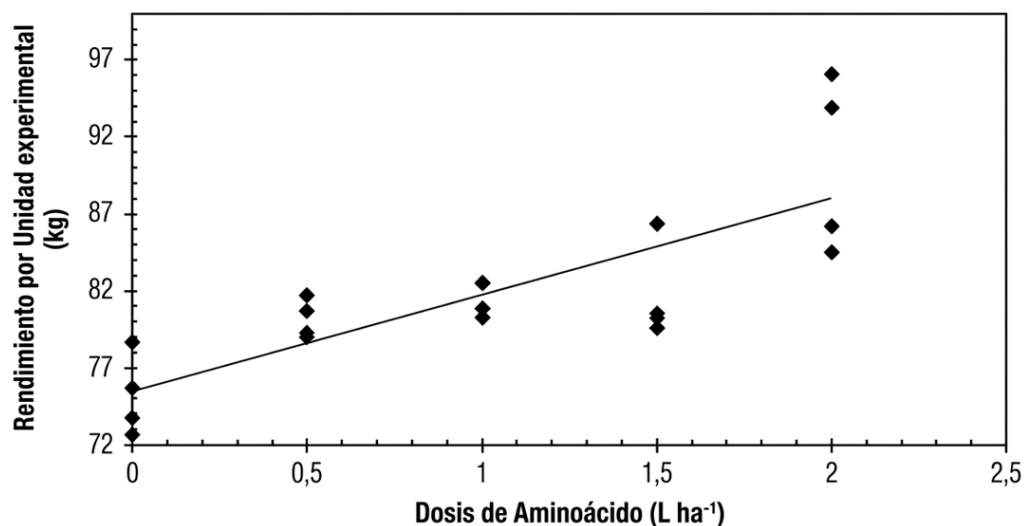
	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intersección	75,485	1,3711	55,0543	0,000000
Dosis de Aminoácido	6,285	1,1195	5,61412	0,000000

La prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión (tabla 22) confirma que ambos parámetros del modelo son altamente significativos, indicando que, por cada unidad de aumento en la dosis de aminoácido aplicada, el rendimiento por unidad experimental se incrementa en 6,285 kg. Esto permite establecer la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 75,485 + 6,285X$$

Figura 5.

Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del rendimiento por unidad experimental



En la figura 5 se observa una clara tendencia lineal positiva, donde el incremento en la dosis de aminoácido se asocia con un aumento progresivo del rendimiento del cultivo de cebolla por unidad experimental.

5.1.6. Rendimiento por hectárea (t ha⁻¹)

Tabla 23.

Análisis de varianza de rendimiento de bulbo de cebolla var. Sivan por hectárea

F. V	gl	SC	CM	Fc	p-value
Bloques	3	53,7	17,9	2,976	0,0742
Tratamientos	4	156,09	39,02	6,488	0,0051
Error experimental	12	72,18	6,01		
Total	19	281,97			
CV: 9,48%					
ns: No significativo			** Alta significación		

El análisis de varianza del rendimiento por hectárea de bulbo de cebolla variedad Sivan (tabla 23) mostró diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, lo que indica que la aplicación de aminoácidos influyó

de manera positiva en la productividad del cultivo. El rendimiento obtenido no fue afectado por los bloques, lo cual refleja homogeneidad en las condiciones experimentales. Asimismo, el coeficiente de variación (9,48%) fue aceptable, lo que garantiza la confiabilidad de los resultados.

Tabla 24.

Regresión lineal simple para el rendimiento total

F. de V.	gl	SC	CM	Fc	Valor-P
Regresión	1	47,6112	47,6112	31,49	0
Residual	18	27,2117	1,51176		
Total	19	74,8229			
R ² : 63,63%		Coeficiente de correlación = 0,79			

En la tabla 24, el análisis de regresión lineal simple para el rendimiento total del cultivo demuestra que el modelo es altamente significativo. Este resultado confirma una relación lineal sólida y estadísticamente significativa entre las dosis de aminoácido y el rendimiento total.

Tabla 25.

Prueba de hipótesis de los coeficientes de regresión

	Coeficientes	Error típico	t	Probabilidad
Intersección	26,21	0,476197	55,0402	0
Dosis de aminoácido	2,182	0,388814	5,61194	0

La prueba de hipótesis para los coeficientes de regresión del rendimiento total confirma que ambos parámetros del modelo son altamente significativos, indicando que, por cada unidad de aumento en la dosis de

ácido húmico aplicada, el rendimiento total se incrementa en 2,182 t ha⁻¹.

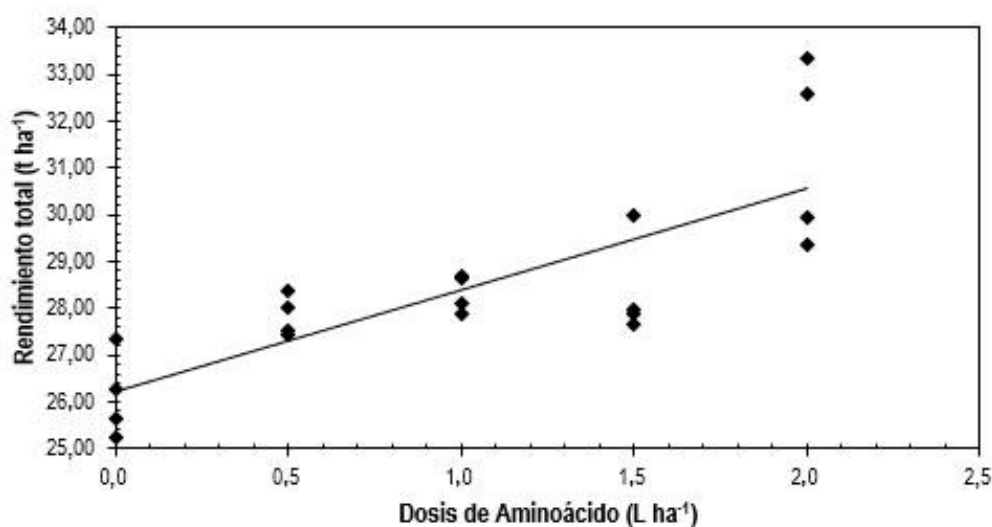
Esto permite establecer la siguiente función de respuesta:

$$\hat{y} = 26,21 + 2,182X$$

En la figura 6 se observa una marcada tendencia lineal positiva, donde el incremento en la dosis de aminoácido se asocia con un aumento progresivo y sustancial del rendimiento total del cultivo.

Figura 6.

Efecto de las dosis de Aminoácidos aplicados al suelo en la variación del rendimiento total



5.2. Discusión

5.2.1. Altura de planta

El análisis de regresión confirmó una relación lineal positiva y altamente significativa ($p < 0,001$) entre la dosis de Aminoterra y la altura de la planta (tablas 9 y 10, figura 1). Esta relación funcional explica por qué el

tratamiento T4, correspondiente a la dosis más alta, alcanzó el valor máximo de 71,9 cm. Este resultado no solo es estadísticamente sólido, sino que también supera los 68,4 cm reportados por Fawzy et al. (2012), los 65,4 cm de Shafeek et al. (2012) y los 60 y 67 cm hallados por (Quispe, 2019; Yupanqui, 2018) con el uso de bioestimulantes orgánicos y sustancias húmicas. Estas diferencias pueden deberse a la variedad utilizada, al tipo de aminoácido aplicado o a las condiciones edafoclimáticas locales. El presente estudio reafirma que los aminoácidos activan procesos fisiológicos como la división y elongación celular, incrementando la altura vegetal. Se cumple así el primer objetivo específico relacionado con el desarrollo vegetativo de la planta.

5.2.2. Peso unitario del bulbo (g)

El peso del bulbo respondió de manera significativa a la aplicación de Aminoterra, mostrando un incremento de 53 g por unidad de dosis aumentada (tablas 12 y 13, figura 2). Esta potente relación de respuesta ($R^2 = 77,6\%$) proporciona la base cuantitativa para el peso promedio de 229,72 g registrado en T4, el cual es superior a los hallazgos de Salazar (2025) y Alvarez et al. (2020), quienes reportan entre 200 y 216 g con bioestimulantes foliares y reguladores de crecimiento. Rafie et al. (2017) registran 236 g en condiciones de campo con aminoácidos complejados

con zinc, lo cual es comparable a los resultados actuales. Faiyad et al. (2020) alcanzan hasta 210 g al combinar nitrógeno, azufre y aminoácidos, mientras que Arjona et al. (2004) reportan 198 g con urea, melaza y aminoácidos. Estos valores indican que la formulación aplicada en el presente experimento fue efectiva para mejorar la masa del bulbo, validando su efecto nutricional y hormonal. El incremento en peso refleja una mejor capacidad de llenado y almacenamiento de reservas en el bulbo, lo que cumple el segundo objetivo específico.

5.2.3. Diámetro polar del bulbo (mm)

Se estableció una relación lineal altamente significativa ($p < 0,001$) donde el diámetro polar aumentó aproximadamente 6 mm por cada unidad de Aminoterra aplicada (tablas 15 y 16, figura 3). Este modelo ($R^2 = 78,5\%$) explica el valor máximo de 80,53 mm (T4) y corrobora visualmente (figura 3) que este resultado supera consistentemente los diámetros reportados por Quispe (2019) 77 mm, Yupanqui (2018) 74 mm y Condori (2024) 70 mm, quienes aplicaron extractos vegetales, sustancias húmicas y folcisteína. León (2015) también reporta diámetros menores con el uso de nitrógeno y fitorreguladores. Sin embargo, el estudio de Arjona et al. (2004) con aplicación de aminoácidos genera un diámetro promedio de 82 mm, resultado que supera al hallado en el presente estudio. Esta variable

morfológica refleja el impacto directo del bioestimulante sobre la expansión celular longitudinal del bulbo, consolidando el aporte del aminoácido como promotor de crecimiento.

5.2.4. Diámetro ecuatorial del bulbo (mm)

Al igual que con el diámetro polar, el análisis de regresión para el diámetro ecuatorial fue altamente significativo ($p < 0,001$), con un R^2 del 80,2% (tabla 18 y 19, figura 4). confirman el efecto promotor del Aminoterra. El valor de 76,7 mm en T4, superior a los resultados reportados por Condori (2024) 70 m, Guerrero & Pérez (2021) 69 mm y Yupanqui (2018) 68 mm. Por otro lado, Fawzy et al. (2012) y Shafeek et al., (2012) reportan resultados similares (74 a 75 mm) al aplicar aminoácidos y EM en cultivos de cebolla. Este comportamiento indica que la aplicación foliar estimula la expansión transversal del bulbo, mejorando su uniformidad y aspecto comercial. La respuesta positiva de esta variable también valida el efecto del aminoácido sobre la calidad morfológica del producto cosechado, cumpliendo el segundo objetivo específico del estudio.

5.2.5. Rendimiento por unidad experimental (kg)

El análisis de regresión lineal mostró una relación altamente significativa ($p < 0,001$) entre la dosis de Aminoterra y el rendimiento por unidad experimental (tabla 21). El modelo explica el 63,65% de la variabilidad (R^2

= 63,65%), con un incremento de 6,285 kg por unidad de dosis aplicada (tabla 22). Esta tendencia positiva se visualiza claramente en la figura 5, donde las mayores dosis conducen a los valores más altos. El tratamiento T4 alcanzó 90,18 kg/UE, resultado que supera los reportados por Salazar (2025) y Alvarez et al., (2020), quienes alcanzan entre 75 y 86 kg/UE con tratamientos bioestimulantes. Arjona et al. (2004) y Faiyad et al., (2020) también evidencian aumentos significativos en rendimiento con el uso de aminoácidos, confirmando que estos insumos optimizan la capacidad de acumulación de biomasa en el bulbo. Esta variable, directamente relacionada con la productividad, reafirma la eficacia del tratamiento T4 y justifica su recomendación agronómica.

5.2.6. Rendimiento por hectárea ($t\ ha^{-1}$)

El análisis de regresión para el rendimiento total mostró una relación lineal altamente significativa ($p < 0,001$) con la dosis de Aminoterra (tabla 24). El modelo, que explica el 63,63% de la variabilidad, permitió establecer que, por cada unidad de dosis de ácido húmico aplicada, el rendimiento total se incrementa en $2,182\ t\ ha^{-1}$ (tabla 25). La figura 6 corrobora gráficamente esta tendencia ascendente. El valor máximo de $31,31\ t\ ha^{-1}$ registrado con el tratamiento T4 supera los rendimientos reportados por Guerrero & Pérez (2021) $28,9\ t\ ha^{-1}$, Quispe (2019) $28,3\ t\ ha^{-1}$, Yupanqui

(2018) 26,7 t ha⁻¹ y León (2015) 27,4 t ha⁻¹. Estos datos demuestran que la dosis de aminoácido aplicada en el presente experimento tiene un efecto notable sobre la productividad a escala comercial. Se ratifica así el cumplimiento del objetivo general y del tercer objetivo específico, determinando que la dosis T4 es la más eficiente bajo las condiciones del estudio. Además, se valida la hipótesis de que mayores dosis de aminoácido generan incrementos significativos en el rendimiento del cultivo de cebolla.

CONCLUSIONES

Se determinó que la aplicación de aminoácidos ejerce un efecto lineal positivo sobre el rendimiento del cultivo de cebolla variedad Sivan. El análisis de regresión estableció que por cada incremento unitario (1 L ha^{-1}) de aminoácido, el rendimiento se incrementa en $2,182 \text{ t ha}^{-1}$, de acuerdo con el modelo predictivo $y = 26,21 + 2,182x$.

El incremento de una unidad (1 L ha^{-1}) de aminoácido generó aumentos significativos en todas las variables evaluadas: la altura de la planta se incrementó en $4,775 \text{ cm}$, el peso unitario del bulbo en $53,00 \text{ g}$, el diámetro polar en $5,98 \text{ mm}$ y el diámetro ecuatorial en $8,25 \text{ mm}$.

El mayor rendimiento se alcanzó con la dosis de $2,0 \text{ L ha}^{-1}$, con un promedio de $31,31 \text{ t ha}^{-1}$. Este valor representa una diferencia estadística significativa frente a la dosis de $0,0 \text{ L ha}^{-1}$.

RECOMENDACIONES

Implementar la dosis de 2,0 L ha⁻¹ de aminoácido Aminoterra en el cultivo de cebolla var. Sivan en La Yarada Los Palos, al ser la que maximiza el rendimiento con 31,31 t ha⁻¹.

Utilizar los aminoácidos como una estrategia agronómica confiable para mejorar la calidad del bulbo, dado su efecto positivo y cuantificable en el peso y los diámetros polar y ecuatorial.

Realizar estudios económicos que determinen la relación beneficio-costos de la aplicación de la dosis óptima de 2,0 L ha⁻¹ para validar su viabilidad financiera a escala comercial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe, M., Kobayashi, Y., Yamamoto, S., Daimon, Y., Yamaguchi, A., Ikeda, Y., Ichinoki, H., Notaguchi, M., Goto, K., & Araki, T. (2005). FD, a bZIP protein mediating signals from the floral pathway integrator FT at the shoot apex. *Science*, 309(5737), 1052–1056. <https://doi.org/10.1126/science.1115983>
- Álvarez, R., Quispe, J., & Flores, M. (2020). Efecto de reguladores de crecimiento foliares sobre el rendimiento y calidad de cebolla roja (*Allium cepa* L.) variedad Ilabaya en Tacna, Perú. *Revista Peruana de Horticultura*, 7(2), 45–53.
- Aly, A., Eliwa, N., & El Megid, M. H. A. (2019). Improvement of growth, productivity and some chemical properties of hot pepper by foliar application of amino acids and yeast extract. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 831–839. <https://doi.org/10.5219/1160>
- Ariyama, K., Aoyama, Y., Mochizuki, A., Homura, Y., Kadokura, M., & Yasui, A. (2007). Determination of the Geographic Origin of Onions between Three Main Production Areas in Japan and Other Countries by Mineral Composition. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (55), 347–354.

- Arjona, H., Herrera, J. E., Gómez, J. A., & Ospina, J. (2004). Evaluación de la aplicación de urea, melaza y aminoácidos sobre el crecimiento y rendimiento de la cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. Grupo cepa) híbrido yellow granex, en condiciones de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 22(2), 177–184.
- Baqir, H., Zeboon, N., & Al-Behadili, A. (2019). The role and importance of amino acids within plants: A review. *Plant Archives*, 19(January), 1402–1410.
- Brewster, J. L. (2008). *Onions and other vegetable alliums*. 432.
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Plant growth-promoting rhizobacteria and biostimulants: Effects on plant growth and stress tolerance. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(1), 97–116.
- Chope, G. A., Cools, K., Hammond, J. P., Thompson, A. J., & Terry, L. A. (2012). Physiological, biochemical and transcriptional analysis of onion bulbs during storage. *Annals of Botany*, 109(4), 819–831. <https://doi.org/10.1093/AOB/MCR318>
- Colla, G., Rouphael, Y., Bonini, P., & Cardarelli, M. (2015). Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and crop performance. *Scientia Horticulturae*, 196, 28–38.

Condori, R. (2024). *Efecto de la folcisteína en el rendimiento de la cebolla cultivar Ilabaya en el Valle de Moquegua*. (Tesis de grado). Universidad José Carlos Mariátegui.

De Ruiter, J. M. (1986). The effects of temperature and photoperiod on onion bulb growth and development. *Proceedings Agronomy Society of NZ*, 16, 93–100.

Dirección Regional de Agricultura de Tacna. (2024). *Reporte estadístico de la producción agrícola en la región Tacna* [Informe]. Gobierno Regional de Tacna.

Edrees, A. (2009). *Effect of foliar application of some amino acids on growth, yield and chemical composition of onion plants*. (Tesis de grado), Universidad de El Cairo. El Cairo, Egipto.

El-Abagy, H. M., Res, V., El-Tohamy, W. A., Abdel-Mawgoud, A. M. R., & Abou-Hussein, S. D. (2014). Effect of different amino acid sources and application rates on yield and quality of onion in the newly reclaimed lands. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(1), 81–88.

Faiyad, R., Abd El-Azeiz, E., & El-Mahdy, R. (2020). Integrated Management of Nitrogen and Sulfur Sources in Combination with Amino acids Amelioration for Onion Plants Production under Alluvial

Soil Condition. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 11(9), 489–496. <https://doi.org/10.21608/jssae.2020.118343>

Fawzy, Z., El-Magd, M., Li, Y., Ouyang, Z., & Hoda, A. (2012). *Influence of foliar application by EM “Effective Microorganisms”, amino acids and yeast on growth, yield and quality of two cultivars of onion plants under newly reclaimed soil*. *Journal of Agricultural Science*, 4(11), 26–39. <https://doi.org/10.5539/jas.v4n11p26>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). *FAOSTAT: Crops and livestock products*.

Griffiths, G., Trueman, L., Crowther, T., Thomas, B., & Smith, B. (2002). Onions—A global benefit to health. *Phytotherapy Research*, 16(7), 603–615.

Guerrero, M., & Perez, F. (2021). *Los bioestimulantes orgánicos como promotores nutricionales en el cultivo de cebolla amarilla (Allium cepa L.) variedad Sweet Magnolia en Ica*. (Tesis de grado). Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica.

Habtamu, T., Minuyelet, J., Esmelealem, M., & Alebachew, E. (2016). Influences of inter and intra row spacing on yield, yield component and morphological characteristics of onion (*Allium cepa* L.) at Western

Amhara region. *African Journal of Agricultural Research*, 11(20), 1797–1804. <https://doi.org/10.5897/ajar2015.9960>

Kahlel, A. M. S., & Sultan, F. I. (2019). Response of four potato cultivars to soil application with organic and amino acid compounds. *Research on Crops*, 20(1), 101–108. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2019.014>

Kandil, A. A., Sharief, A. E. M., Seadh, S. E., & Altai, D. S. K. (2016). Role of humic acid and amino acids in limiting loss of nitrogen fertilizer and increasing productivity of some wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences ISSN:*, 3(4), 123–136.

Kauffman, G. L., Kneivel, D. P., & Watschke, T. L. (2007). *Effects of a biostimulant on the heat tolerance associated with photosynthetic capacity, membrane thermostability, and polyphenol production of perennial ryegrass*. *Crop Science*, 47(1), 261–267.

Kardailsky, I., Shukla, V. K., Ahn, J. H., Dagenais, N., Christensen, S. K., Nguyen, J. T., Chory, J., Harrison, M. J., & Weigel, D. (1999). Activation tagging of the floral inducer FT. *Science*, 286(5446), 1962–1965. <https://doi.org/10.1126/science.286.5446.1962>

Khalel, A. M. S., & Sultan, F. I. (2019). Influence of foliar spray and soil application of three amino acids compounds in growth and yield of onion (*Allium cepa* L.). *Plant Archives*, 19(1), 531–534.

Khalil, A. A., Osman, E. A. M., & Zahran, F. A. F. (2008). Effect of Amino Acids and Micronutrients Foliar Application on Onion Growth, Yild and Its Components and Chemical Chracteristics. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 33(4), 3143–3150.
<https://doi.org/10.21608/jssae.2008.199876>

Lee, R., Baldwin, S., Kenel, F., McCallum, J., & Macknight, R. (2013). FLOWERING LOCUS T genes control onion bulb formation and flowering. *Nature Communications* 2013 4:1, 4(1), 2884-.
<https://doi.org/10.1038/ncomms3884>

León, S. (2015). *Niveles de nitrógeno y fitorreguladores en bulbeo de la cebolla (Allium cepa L.) cultivar – roja Ilabaya*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

Major, N., Išić, N., Kovačević, T. K., Anđelini, M., Ban, D., Prelac, M., Palčić, I., & Goreta Ban, S. (2023). Size Does Matter: The Influence of Bulb Size on the Phytochemical and Nutritional Profile of the Sweet Onion Landrace “Premanturska Kapula” (*Allium cepa* L.). *Antioxidants*, 12(8).
<https://doi.org/10.3390/antiox12081596>

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI). (2022). *Estadísticas de superficie y rendimiento de cultivos hortícolas 2022: Cebolla*. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria.

Nemtinov, V. I., Kostanchuk, Y. N., Pashtetskiy, V. S., Motyleva, S. M., Bokhan, A. I., Caruso, G., Katskaya, A. G., Timasheva, L. A., & Pekhova, O. A. (2021). Biochemical and cytological features of onion bulbs and leaves collected from various ecogeographical origins. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 53(4), 543–560. <https://doi.org/10.54910/sabrao2021.53.4.1>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Estadísticas | FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/statistics/es>

Popko, M., Michalak, I., Wilk, R., Gramza, M., Chojnacka, K., & Górecki, H. (2018). Effect of the new plant growth biostimulants based on amino acids on yield and grain quality of winter wheat. *Molecules*, 23(2). <https://doi.org/10.3390/molecules23020470>

Quispe, T. (2019). *Influencia de bioestimulantes orgánicos en el rendimiento de cebolla (Allium cepa L.) var. Roja Ilabaya en el Centro Experimental Agrícola III Los Pichones-Tacna*. (Tesis de grado). Nacional Jorge Basadre Grohmann.

- Rafie, M. R., Khoshgoftarmanesh, A. H., Shariatmadari, H., Darabi, A., & Dalir, N. (2017). Influence of foliar-applied zinc in the form of mineral and complexed with amino acids on yield and nutritional quality of onion under field conditions. *Scientia Horticulturae*, 216, 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.014>
- Rao, N. K. (2016). Onion. *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*, 133–149. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-2725-0>
- Salazar, D. (2025). *Efecto de bioestimulante foliares en las características morfológicas y fisicoquímicas en el cultivo de cebolla (Allium cepa) en las Pampas de Villacurí, Ica*. (Tesis de grado), Universidad Nacional San Luis Gonzaga. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/6261>
- Shafeek, M., Helmy, Y., Shalaby, M., & Omer, N. (2012). *Response of onion plants to foliar application of sources and levels of some amino acid: Under sandy soil conditions*. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(11), 5521–5527.
- Szabados, L., & Saviouré, A. (2010). *Proline: A multifunctional amino acid*. *Trends in Plant Science*, 15(2), 89–97.
- Xie, D. F., Tan, J. B., Yu, Y., Gui, L. J., Su, D. M., Zhou, S. D., & He, X. J. (2020). Insights into phylogeny, age and evolution of *Allium*

(Amaryllidaceae) based on the whole plastome sequences. *Annals of Botany*, 125(7), 1039–1055. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaa024>

Yupanqui, G. (2018). *Determinación del efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el rendimiento del cultivo de cebolla (Allium cepa L.) var. Roja Ilabaya – Tacna 2017*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

ANEXOS

Anexo 1. Presupuesto de la investigación

Descripción	Unidad	Costo (s/.)	Cantidad	Costo (s/.)
Mano de obra				1500,00
Limpieza del campo	Jornal	50,00	2	100,00
Arado del suelo	Jornal	50,00	2	100,00
Mullido y nivelado del suelo	Jornal	50,00	2	100,00
Riego	Jornal	50,00	5	250,00
Incorporación de materia orgánica	Jornal	50,00	3	150,00
Trasplante campo definitivo	Jornal	50,00	3	150,00
Dehierbos	Jornal	50,00	5	250,00
Fertilización	Jornal	50,00	3	150,00
Control fitosanitario	Jornal	50,00	3	150,00
Aplicación de tratamientos	Jornal	50,00	2	100,00
Maquinaria agrícola				120,00
Arado y surcado	Hr/Maq.	60,00	2	120,00
Insumos				905,00
Almácigos	Maito	20,00	20	400,00
Estiércol	Saco	10,00	10	100,00
Aminoterra	Litros	50,00	3	150,00
Fertilizantes	kg	45,00	2	90,00
Fungicidas	Litros	45,00	1	45,00
Insecticidas	Litros	120,00	1	120,00
Materiales				260,00
Lampa	Unidad	20,00	1	20,00
Rastrillo	Unidad	10,00	1	10,00
Wincha	Unidad	15,00	1	15,00
Cordel	Unidad	5,00	1	5,00
Bomba mochila	Unidad	150,00	1	150,00
Análisis de suelo	Unidad	60,00	1	60,00
Transporte	T	20,00	5	100,00
Total, costos directos				2885,00
Gastos administrativos (10%)				288,50
Imprevistos (5%)				144,25
Total, costos indirectos				432,75
Total, costos de producción				3 317,75

Presupuesto calculado para el área de estudio

Anexo 2. Datos promedios recolectados en campo

Bloques	Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso de bulbo (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Rendimiento por UE (kg)	Rendimiento (t ha ⁻¹)
i	t0	61,26	138,776	69,19	62,759	75,7	26,28
ii	t0	59,69	113,903	67,507	58,607	72,7	25,24
iii	t0	59,91	108,574	67,744	57,153	73,8	25,63
iv	t0	62,58	108,025	67,165	57,534	68,7	23,85
i	t1	68,74	158,482	73,979	64,642	80,7	28,02
ii	t1	66,81	134,826	69,933	62,312	81,7	28,37
iii	t1	59,5	119,724	67,947	61,247	56,4	19,58
iv	t1	63,99	133,436	72,685	62,362	69,3	24,06
i	t2	69,99	174,761	72,909	68,34	80,3	27,88
ii	t2	61,22	141,196	71,328	63,859	62,5	21,70
iii	t2	61,74	140,993	71,201	63,039	58,9	20,45
iv	t2	65,48	142,27	71,542	63,444	72,6	25,21
i	t3	69,47	212,829	76,197	74,458	72,6	25,21
ii	t3	65,26	166,304	76,468	66,241	75,5	26,22
iii	t3	60,82	157,939	72,84	66,272	56,4	19,58
iv	t3	70,65	170,173	77,718	67,16	70,3	24,41
i	t4	73,09	238,562	78,937	77,951	96,1	33,37
ii	t4	65,94	198,583	76,249	73,272	84,5	29,34
iii	t4	76,03	256,477	83,463	80,314	93,9	32,60
iv	t4	72,55	225,277	83,477	75,244	86,2	29,93

Anexo 3. Panel fotográfico



Fotografía 1. Almacigo de cebolla para la investigación



Fotografía 2. Trasplante a campo definitivo



Fotografía 3. Campo experimental



Fotografía 4. Medición de la altura de planta