

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE CUATRO NIVELES DE HIDRÓLISIS DE PESCADO EN EL RENDIMIENTO DE
GRANO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Var. SALCEDO INIA EN EL CENTRO
EXPERIMENTAL AGRÍCOLA CEA III “LOS PICHONES”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Junior Manuel Mamani Huarcusi

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA – PERÚ

2026

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional de Agronomía

**EFFECTO DE CUATRO NIVELES DE HIDRÓLISIS DE PESCADO EN EL
RENDIMIENTO DE GRANO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Var.
SALCEDO INIA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL AGRÍCOLA CEA III "LOS
PICHONES"**

TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 22 DE DICIEMBRE DEL 2025
SIENDO EL JURADO CALIFICADOR:

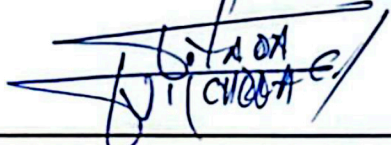
PRESIDENTE:


Dr. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

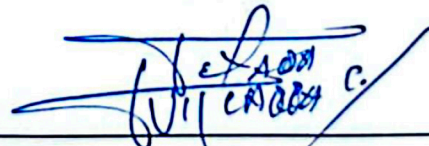
SECRETARIO:


MSc. ARISTIDES CHOQUEHUANCA TINTAYA

VOCAL:


Dr. JUAN CARLOS TEJADA VIZCARRA

ASESOR:


Dr. JUAN CARLOS TEJADA VIZCARRA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo, Juan Carlos Tejada Vizcarra, en calidad de asesor del trabajo de tesis titulado **"EFECTO DE CUATRO NIVELES DE HIDRÓLISIS DE PESCADO EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Var. SALCEDO INIA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL AGRÍCOLA CEA III 'LOS PICHONES'"**, presentado por el bachiller Junior Manuel Mamani Huarcusi, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 5%. Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis, está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra
DNI: 30820494



Bach. Junior Manuel Mamani Huarcusi
DNI: 47778431



DEDICATORIA

Esta obra la dedico con profundo cariño a mis queridos padres, por su esfuerzo, apoyo incondicional y ejemplo constante a lo largo de mi formación. También expreso mi gratitud a mis amigos y a mis docentes Msc. Arístides Choquehuanca Tintaya, Dr. Nivardo Núñez Torreblanca, Msc. Magno Robles Tello, Dr. Oscar Octavio Fernández Cutire y Dr. Juan Carlos Tejada Vizcarra, así como a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron a la culminación de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a mis queridos padres, a Ale por su constancia, apoyo y ejemplo en mi formación profesional; a mi hermana, quienes han sido testigos y parte fundamental en la consecución de mis logros; a mis amigos Ángel, Yeison, Ronald, Feliver, Jesús, Cristhian y a Don Ismael, por sus valiosas recomendaciones y sugerencias que me permitieron alcanzar este anhelado objetivo; a Ale, por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante a lo largo de este proceso; y a mis docentes, cuya enseñanza constituye un pilar esencial y de gran utilidad en mi desarrollo académico y en mi experiencia laboral.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	4
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Formulación del problema.....	7
1.2.1 Problema general	7
1.2.2 Problema específico	7
1.3 Justificación	8
CAPÍTULO II: OBJETIVO E HIPÓTESIS	10
2.1 Objetivo	10
2.1.1 Objetivo general.....	10
2.1.2 Objetivo específico	10
2.2 Hipótesis.....	10
2.2.1 Hipótesis general	10
2.2.2 Hipótesis específica	11
2.3 Variables de estudio	11
2.3.1 variable independiente.....	11

2.3.2 <i>variable dependiente</i>	11
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	12
3.1 Antecedentes	12
3.1.1 <i>Antecedentes internacionales</i>	12
3.1.2 <i>Antecedentes nacionales</i>	15
3.1.3 <i>Antecedentes locales</i>	17
3.2 Hidrólisis de pescado	19
3.2.1 <i>Definición</i>	19
3.2.2 <i>Composición química</i>	19
3.2.3 <i>Beneficios</i>	20
3.2.4 <i>Usos</i>	21
3.3 Cultivo de la quinua	22
3.3.1 <i>Origen</i>	22
3.3.2 <i>Taxonomía</i>	22
3.3.3 <i>Morfología</i>	23
3.4 Factores edafoclimáticos	26
3.4.1 <i>Temperatura</i>	26
3.4.2 <i>Humedad relativa</i>	27
3.4.3 <i>Fotoperiodo</i>	27
3.4.4 <i>Suelo</i>	27
3.4.5 <i>pH y salinidad</i>	28
3.4.6 <i>Clima</i>	28
3.4.7 <i>Agua</i>	28
3.4.8 <i>Heladas</i>	29

3.4.9 <i>Altitud</i>	29
3.5 Fenología	29
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1 Tipo de investigación	31
4.2 Ubicación del área experimental	31
4.3 Historial de campo	31
4.4 Situación edáfica	32
4.5 Situación climática	34
4.6 Materiales	36
4.6.1 <i>Material biológico</i>	36
4.6.2 <i>Material experimental</i>	38
4.7 Tratamientos de estudio	40
4.8 Diseño estadístico	41
4.9 Variables de respuesta	41
4.10 Características del área experimental	44
4.11 Conducción del experimento	45
4.12 Análisis estadístico	49
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
5.1 Resultados	50
5.2 Discusión	62
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	70
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados del análisis físico-químico del suelo.....	32
Tabla 2. Datos meteorológicos de la estación Jorge Basadre.....	35
Tabla 3. Análisis químico de la hidrólisis de pescado.....	38
Tabla 4. Niveles de aplicación de hidrólisis de pescado.....	41
Tabla 5. Análisis de varianza de altura de planta (cm) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	50
Tabla 6. Análisis de varianza de longitud de panoja (cm) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	51
Tabla 7. Análisis de varianza de diámetro de panoja (cm) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	52
Tabla 8. Análisis de varianza de peso de panoja (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	53
Tabla 9. Análisis de varianza de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	54
Tabla 10. Análisis de varianza de la regresión cuadrática de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023 .	55
Tabla 11. Coeficiente de determinación cuadrática de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023.....	56
Tabla 12. Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	58
Tabla 13. Análisis de varianza de la regresión cuadrática de rendimiento total (t/ha) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023.....	59

Tabla 14. Coeficiente de determinación cuadrática de rendimiento total
(t/ha) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de distribución de tratamientos en el área experimental	45
Figura 2. Diagrama de dispersión de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	57
Figura 3. Diagrama de dispersión de rendimiento total (t/ha) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023	61

RESUMEN

La presente investigación titulada *“Efecto de cuatro niveles de hidrólisis de pescado en el rendimiento de grano de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) var. Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III ‘Los Pichones’*, se desarrolló con el objetivo de determinar los niveles de hidrólisis de pescado más adecuada para incrementar el rendimiento de quinua. El experimento se ejecutó bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos (0, 200, 400 y 600 L/ha) y cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), longitud de panoja (cm), diámetro de panoja (cm), peso de panoja (g), peso de grano por planta (g) y rendimiento total (t/ha). Se aplicaron análisis de varianza (ANVA), regresión y correlación de Pearson. Los resultados mostraron que el peso de grano por planta y el rendimiento total presentaron diferencias altamente significativas ($F_c > F_{\alpha} = 0,01$), alcanzándose el mayor valor con 400 L/ha (29,19 g/planta y 2,1 t/ha, respectivamente), mientras que niveles superiores evidenciaron un efecto negativo. Se concluye que el nivel de 400 L/ha de hidrólisis de pescado optimiza el rendimiento de la quinua var. Salcedo INIA en las condiciones edafoclimáticas locales.

Palabras clave: quinua, hidrólisis de pescado, biofertilizante, rendimiento, DBCA.

ABSTRACT

The present research titled “Effect of Four Levels of Fish Hydrolysate on the Grain Yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Salcedo INIA at the CEA III ‘Los Pichones’ Experimental Agricultural Center” was conducted with the objective of determining the most suitable levels of fish hydrolysate to increase quinoa yield. The experiment was carried out under a Randomized Complete Block Design (RCBD) with four treatments (0, 200, 400, and 600 L/ha) and four replications. The evaluated variables were: plant height (cm), panicle length (cm), panicle diameter (cm), panicle weight (g), grain weight per plant (g), and total yield (t/ha). Analysis of variance (ANOVA), regression, and Pearson correlation were applied. The results showed that grain weight per plant and total yield presented highly significant differences ($F_c > F_{\alpha} = 0,01$), reaching the highest values at 400 L/ha (29,19 g/plant and 2,10 t/ha, respectively), while higher levels showed a negative effect. It is concluded that the level of 400 L/ha of fish hydrolysate optimizes the yield of quinoa var. Salcedo INIA under the local edaphoclimatic conditions.

Keywords: quinoa, fish hydrolysis, biofertilizer, yield, DBCA.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es reconocida mundialmente por su elevado valor nutricional y su capacidad de adaptarse a condiciones ambientales adversas. Su grano contiene entre 12 y 21% de proteína, además de aminoácidos esenciales, minerales y compuestos bioactivos, lo que la posiciona como un cultivo estratégico para la seguridad alimentaria global (INIA, 2013a). En el Perú, centro de origen y diversidad de la especie, la quinua constituye un recurso de gran importancia económica y social, siendo la variedad Salcedo INIA una de las más difundidas por su potencial de rendimiento y adaptación a diversos ambientes agroecológicos.

El rendimiento de la quinua está influenciado por factores edáficos y climáticos. En suelos arenosos con baja materia orgánica y elevada salinidad, como los de Tacna, la productividad se ve limitada por la baja disponibilidad de fósforo y la presencia de sales solubles que afectan el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes (Chura, 2025). Bajo estas condiciones, la fertilización química convencional ha sido una práctica recurrente, aunque con impactos económicos y ambientales que motivan la búsqueda de alternativas más sostenibles.

En este contexto, los bioestimulantes de origen proteico, como la hidrólisis de pescado, han demostrado ser una alternativa prometedora. Estos productos contienen aminoácidos y péptidos que mejoran la nutrición vegetal, promueven la tolerancia al estrés abiótico y favorecen el llenado de grano (Domínguez et al., 2024). Investigaciones en diferentes cultivos reportan que los niveles intermedios de hidrólisis generan respuestas positivas, mientras que los niveles altos tienden a provocar efectos contraproducentes (Tejada et al., 2025a; Tejada et al., 2025b).

A nivel internacional, El-Sayed et al. (2023) demostraron que la fertilización potásica combinada con extracto de algas incrementó el rendimiento y la calidad nutricional de la quinua variedad CICA en Egipto, mientras que Boukhaffa et al. (2025) reportaron que los biofertilizantes derivados de residuos orgánicos mejoraron parámetros morfológicos y fisiológicos de la quinua en Marruecos bajo condiciones de baja fertilidad y sequía. De manera similar, Mironenko et al. (2022) encontraron que una hidrólisis de trucha aplicado en trigo elevó la productividad en 3,9–6,3%, confirmando su potencial bioestimulante en cereales.

En el ámbito nacional, Ortiz et al. (2023) evidenciaron que la biofertilización con *Trichoderma* sp. en quinua var. Salcedo INIA mejoró la absorción de P y K en tejidos vegetales, sin modificar la fertilidad del suelo, mientras que Cancino-Espinoza et al. (2018) determinaron que los sistemas

de producción orgánica de quinua en Perú logran rendimientos promedio de 1 683 kg/ha, aunque con limitantes frente a sistemas convencionales.

A nivel local, estudios recientes han demostrado la eficacia de la hidrólisis de pescado en diferentes especies. En lechuga, Tejada et al. (2025a) hallaron que 600 L/ha generó un peso promedio de 300,26 g/planta, con un nivel óptimo proyectada de 670,74 L/ha. En espinaca, Tejada et al. (2025b) reportaron que 800 L/ha incrementó el peso unitario hasta 192,84 g, aunque el mayor rendimiento total correspondió a 200 L/ha. Asimismo, Tejada et al. (2024) en vainita y Chura (2025) en suelos salinos de Tacna confirmaron que la hidrólisis contribuye a mejorar productividad y condiciones edáficas, respectivamente.

En este marco, surge la necesidad de evaluar el efecto de la hidrólisis de pescado en el cultivo de quinua var. Salcedo INIA bajo las condiciones edafoclimáticas de Tacna, caracterizadas por suelos de textura arenoso franca, baja fertilidad y alta salinidad. Determinar el nivel óptimo permitirá generar información científica de valor para mejorar la productividad del cultivo en ambientes áridos de la costa sur, aportando tanto al desarrollo agrícola sostenible como a la seguridad alimentaria regional y nacional.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

En los últimos años, la producción de quinua orgánica en el Perú ha adquirido una creciente relevancia a nivel nacional e internacional, impulsada por su alto valor nutricional, su aceptación en mercados exigentes y su reconocimiento como cultivo estratégico para la seguridad alimentaria global. Según Yauris (2022) y Gamboa et al. (2020), Perú y Bolivia concentran cerca del 90 % de la producción mundial de quinua, lo que sitúa al país en una posición protagónica en la oferta internacional de este grano. Sin embargo, este escenario de oportunidad también plantea diversos retos socioeconómicos, ambientales y técnicos que comprometen la sostenibilidad del sistema productivo.

Uno de los principales problemas es la limitada capacidad de los pequeños productores para acceder a insumos orgánicos certificados, asistencia técnica especializada y mecanismos de financiamiento que faciliten la transición hacia sistemas agroecológicos. En el distrito de San Jerónimo (Apurímac), se ha evidenciado que factores como la pertenencia a asociaciones, la asistencia técnica y la disponibilidad de mano de obra influyen negativamente en la adopción de la producción orgánica, mientras

que la tenencia de la tierra ejerce un efecto positivo (Yauris, 2022). Esto refleja la necesidad de un mayor soporte institucional y organizativo para consolidar la producción orgánica.

Otro aspecto crítico es la brecha de rendimiento entre sistemas orgánicos y convencionales. De la Cruz et al. (2023) reportan que los sistemas orgánicos presentan, en promedio, un 18,4 % menos de rendimiento respecto a los convencionales, aunque este descenso no necesariamente se intensifica con el tiempo, lo que constituye una fortaleza relativa del modelo orgánico. Sin embargo, la agricultura convencional en Tacna también evidencia limitaciones: el Anuario Estadístico Agrícola 2023 señala que la región alcanzó una producción de 605 toneladas de quinua, concentrada en los distritos de Sama y Yarada Los Palos, bajo un sistema convencional con un rendimiento promedio de 2,2 t/ha (DRAT, 2023).

En paralelo, estudios en Junín muestran que la intensificación del cultivo, el uso excesivo de fertilizantes químicos y la mecanización han reducido la ecoeficiencia de las unidades productivas a apenas 18,2 %, generando impactos negativos sobre la fertilidad del suelo y aumentando la dependencia de recursos externos (Gamboa et al., 2020). Esta situación contradice el principio de sostenibilidad que debería caracterizar a la producción orgánica y pone en evidencia la urgencia de mejorar el manejo agronómico.

De manera complementaria, Quispe & Prudencio (2024) concluyen que la producción de quinua en comunidades de Anta (Cusco) es medianamente sostenible en las dimensiones social y ambiental, pero insostenible en la económica. Esto confirma que la presión del mercado internacional y la expansión acelerada del área cultivada han alterado el equilibrio de los sistemas tradicionales, afectando la biodiversidad, la seguridad de ingresos y las prácticas culturales de los productores.

En este contexto, los hidrolizados de pescado destacan como una alternativa prometedora, ya que han demostrado mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes, incrementar la tolerancia a la sequía, estimular la actividad microbiana beneficiosa del suelo y fortalecer la actividad antioxidante en las plantas (Caruso et al., 2020). Su efecto se explica porque los subproductos pesqueros contienen entre el 10 % y el 20 % de la proteína total del animal, generando mezclas de proteínas parcialmente hidrolizadas, aminoácidos libres y péptidos con propiedades bioactivas (Giannetto et al., 2020). Además, la valorización de estos subproductos ha adquirido relevancia debido a su capacidad para reducir el impacto ambiental y aumentar el valor agregado en cadenas productivas sostenibles (Honrado et al., 2024).

Por ello, aunque la producción orgánica de quinua constituye una alternativa viable para atender la creciente demanda de consumidores

interesados en alimentos saludables y ambientalmente responsables, aún persisten brechas importantes en el acceso a recursos productivos, la sostenibilidad económica y la eficiencia del manejo agronómico. En respuesta a esta problemática, el presente estudio se orienta a evaluar el efecto de diferentes niveles de hidrolizado de pescado sobre el rendimiento de la quinua variedad Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”, con el propósito de generar evidencia científica que contribuya a mejorar la productividad bajo un enfoque orgánico sostenible.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto de los niveles de hidrólisis de pescado en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”?

1.2.2 Problema específico

¿Cuál será el nivel de hidrólisis de pescado que muestre mayor efecto en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”?

1.3 Justificación

La producción orgánica de quinua en el Perú enfrenta limitaciones de productividad y sostenibilidad, principalmente debido al bajo acceso a insumos orgánicos de calidad, las brechas tecnológicas y la reducida ecoeficiencia en los sistemas de cultivo. Estas restricciones se reflejan en rendimientos inferiores a los obtenidos bajo manejo convencional, lo que disminuye la competitividad del producto en los mercados nacionales e internacionales. En este escenario, resulta imprescindible evaluar alternativas innovadoras de manejo agronómico que permitan incrementar la productividad sin comprometer los principios de sostenibilidad.

En este marco, el uso de hidrolizado de pescado se presenta como una estrategia particularmente relevante, pues este bioestimulante aporta aminoácidos, péptidos y compuestos bioactivos capaces de mejorar la absorción de nutrientes, estimular la actividad microbiana del suelo, fortalecer la respuesta antioxidante y aumentar la tolerancia de las plantas frente a condiciones de estrés. Estas propiedades lo convierten en un insumo clave para potenciar el rendimiento de cultivos orgánicos como la quinua, especialmente en zonas altoandinas con limitaciones edáficas y climáticas.

Por tanto, el presente estudio se justifica en su propósito de generar evidencia científica sobre el efecto del hidrolizado de pescado en la variedad Salcedo INIA en el contexto local de Tacna, contribuyendo al fortalecimiento de la producción orgánica de quinua y al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles con impacto económico, social y ambiental positivo.

CAPÍTULO II

OBJETIVO E HIPÓTESIS

2.1 Objetivo

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de los niveles de hidrólisis de pescado en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”.

2.1.2 Objetivo específico

Determinar el efecto de cuatro niveles de hidrólisis de pescado en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”.

2.2 Hipótesis

2.2.1 Hipótesis general

La aplicación de los niveles de hidrólisis de pescado influyó significativamente en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”.

2.2.2 Hipótesis específica

Entre los niveles aplicados de hidrólisis de pescado al cultivo de quinua existe un nivel que permite un mayor rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Var. Salcedo INIA en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”.

2.3 Variables de estudio

2.3.1 Variable independiente

- Hidrólisis de pescado

2.3.2 Variable dependiente

- Rendimiento total (t/ha)

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

El-Sayed et al. (2023) desarrollaron el estudio “*Enhancement of Quinoa Grain Yield and Nutritional Quality by Potassium Fertilization Combined with Foliar Spraying of Seaweed Extract*” en Egipto. El objetivo fue evaluar tres niveles de fertilización potásica (90, 140 y 190 kg K₂O/ha) combinados con aplicaciones foliares de extracto de algas (0,0; 1,5 y 3,0 ml/L) en quinua variedad CICA. Mediante un diseño de parcelas divididas en tres repeticiones (2016–2018), se determinó que 190 kg K₂O/ha incrementó significativamente el rendimiento y calidad nutricional, aunque sin diferencias notables respecto a 140 kg K₂O/ha. La aspersion de 3,0 ml/L mejoró contenido proteico, minerales (Ca, Fe, Mn, Zn) y rendimiento total (t ha⁻¹). La interacción potasio–algas demostró mejoras sustanciales en parámetros agronómicos y nutricionales.

Mironenko et al. (2022) en el artículo “*The Effect of a Biostimulant Based on a Protein Hydrolysate of Rainbow Trout on the Growth and Yield of Wheat*” (Rusia) evaluaron el hidrolizado “AGROMOREE” como bioestimulante. Con ensayos en laboratorio y campo (2019–2021),

aplicaron niveles de 3 000 y 4 000 L/ha en trigo (*Triticum aestivum*). El producto incrementó la germinación en 2–4% y mejoró la longitud y número de raíces. En campo, aumentó el número de espigas, granos por espiga y peso de semilla, elevando la productividad entre 3,9–6,3%. El rendimiento subió de 0,21 a 0,28 t/ha, el gluten crudo aumentó 5,2% y la proteína total alcanzó 12,33–12,56%, superando en 2% al control.

Boukhaffa et al. (2025) presentaron “*Contribution to the Study of the Effect of a Biofertilizer Derived from Co-digestion on Quinoa Cultivation*” en Oujda, Marruecos. Se evaluó un biofertilizante obtenido por digestión anaerobia de aguas residuales de oliva, residuos de pescado y vegetales, bajo condiciones de invernadero en la Universidad Mohammed I. Se aplicaron digestatos con diferentes relaciones inóculo/sustrato (2:1 y 3:1). Los resultados mostraron efectos positivos en parámetros morfológicos y fisiológicos, pero las combinaciones con fertilizantes orgánicos (T5, T6, T8) generaron mayores incrementos en rendimiento y desarrollo. El biofertilizante evidenció ser una alternativa eficiente frente a la baja fertilidad y sequía de suelos marroquíes

Chipana (2022) en su estudio “*Hydropriming y fertilizante líquido de trucha en la germinación y crecimiento radicular de quinua y cañahua*” evaluó en laboratorio 100 semillas de tres accesiones de quinua y cañahua del Banco de Germoplasma (La Paz, Bolivia). Se aplicaron tratamientos de

hydropriming combinados con fertilizante líquido de trucha en proporciones desde 0,10% hasta 0,75%. Tras 12 h de remojo y secado, se midió germinación y crecimiento radical. Los tratamientos con 0,50–0,75% incrementaron significativamente la germinación y longitud de raíz frente al testigo, demostrando el potencial del hidrolizado proteico de pescado en la fisiología inicial de granos andinos.

Domínguez et al. (2024) publicaron la revisión *“Fish Viscera Hydrolysates and Their Use as Biostimulants for Plants as an Approach towards a Circular Economy in Europe”* (España). El objetivo fue analizar el potencial de los hidrolizados de vísceras de pescado como biofertilizantes sostenibles. Mediante revisión sistemática de literatura y normativas europeas, identificaron que estos subproductos representan entre 60–70% del peso total del pescado y son fuente de aminoácidos y péptidos bioactivos. Se reporta su capacidad para estimular nutrición, tolerancia al estrés y calidad de cultivos, reduciendo dependencia de fertilizantes químicos. Además, se resaltó la factibilidad de su implementación en Europa como insumo autorizado en agricultura orgánica.

Pilco (2018), en su tesis *“Comparativo de rendimiento de diez variedades de quinua en el PROTER Sama Inclán, Tacna, Perú”* evaluó 10 variedades del INIA bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indicaron que Illpa-INIA y Salcedo-INIA

registraron los mayores promedios de rendimiento con 3 825 y 3 675 kg ha⁻¹ respectivamente, mientras que Pasankalla y Kancolla alcanzaron valores mínimos de 2 688 y 2 600 kg ha⁻¹. Se concluyó que las variedades mejoradas presentaron mayor adaptación y productividad bajo condiciones de riego tecnificado, aportando una base para seleccionar cultivares de alto potencial en la costa sur peruana.

Taaime et al. (2023) publicaron "*Optimization of macronutrients for improved grain yield of quinoa under semi-arid conditions of Morocco*". En Ben Guerir (2020–2022), aplicaron un DBCA con 4 dosis de N (0–120 kg ha⁻¹), 3 de P₂O₅ (0–60 kg ha⁻¹) y 3 de K₂O (0–120 kg ha⁻¹). El tratamiento 40–60–120 kg ha⁻¹ (N–P–K) generó el mayor rendimiento, alcanzando 0,8 t ha⁻¹ de grano y 3,9 t ha⁻¹ de biomasa. Respecto al control, se incrementó 112% el rendimiento, 96% el índice de clorofila y 118% el peso de semillas. Se estimó que para producir 1 t de grano la quinua requiere 60 kg N, 26 kg P₂O₅ y 205 kg K₂O.

3.1.2 Antecedentes nacionales

Ortiz et al. (2023), en "*Biofertilización con cepas de Trichoderma sp. sobre la nutrición de quinua var. Salcedo INIA en invernadero*" (Puno, Perú), analizaron cinco cepas de Trichoderma aplicadas en suelo y en semillas peletizadas durante seis meses. El objetivo fue medir niveles de

N, P y K en planta y suelo. Bajo un diseño experimental en invernadero, no se observaron efectos en la fertilidad del suelo; sin embargo, las plantas inoculadas registraron incrementos significativos ($p \leq 0,05$) de P y K en tejido vegetal. Se concluyó que la eficiencia en absorción se debió al mayor desarrollo radical más que a la solubilización de nutrientes.

Cancino-Espinoza et al. (2018), en su estudio "*Organic quinoa production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment*", analizaron 55 ha en Huancavelica y Ayacucho mediante metodología LCA (SimaPro 8,3). Se determinó que las emisiones de GEI se concentraron en campo, principalmente por fertilización, aunque la quinua orgánica mostró huella de carbono baja frente a proteínas animales. El rendimiento orgánico raramente superó $1\,600\text{ kg ha}^{-1}$, con un promedio de $1\,683\text{ kg ha}^{-1}$. El reemplazo del 20% del consumo anual de carne de res por quinua permitiría mitigar $31\text{ kg CO}_2\text{eq/persona/año}$. El estudio posiciona a la quinua como proteína de bajo impacto ambiental.

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) (2013b) desarrolló la variedad "*Quinoa Salcedo-INIA*", producto de la cruce de "Real Boliviana × Sajama" en Patacamaya y seleccionada para las condiciones agroecológicas de Puno. Registrada en 1995, presenta porte erecto de 1,64 m, panoja glomerulada de hasta 70 cm, grano blanco, grande y de sabor

dulce (sin lavado exigente), con proteína entre 12–21.3%. Se adapta a altitudes de 1 284 a 3 950 msnm y rinde hasta 7 t ha⁻¹ en la costa bajo alta tecnología. Requiere 200–180–80 de N-P-K en costa y 60–40–00 en altiplano, confirmando su plasticidad genética y potencial exportador.

3.1.3 Antecedentes locales

Tejada et al. (2025a) realizaron el estudio “Efecto del hidrolizado de residuos de pescado en el cultivo de lechuga crespa (*Lactuca sativa*) en Tacna, Perú”, evaluando cuatro dosis (200, 400, 600 y 800 L ha⁻¹) bajo un DBCA con tres repeticiones. Mediante ANOVA y Tukey ($p < 0,05$), hallaron que 600 L ha⁻¹ generó el mayor rendimiento con 300,26 g/planta, mientras que 800 L ha⁻¹ no mostró mejoras, evidenciando saturación de nutrientes. El análisis de regresión determinó una dosis óptima de 670,74 L ha⁻¹, con un peso proyectado de 306,61 g/planta. No hubo diferencias significativas en el rendimiento total por hectárea, aunque las dosis intermedias mejoraron la uniformidad de producción.

Tejada et al. (2025b), en el trabajo “*Efecto de hidrólisis de residuos de pescado sobre el cultivo de la espinaca (*Spinacia oleracea*) en Tacna, Perú*”, aplicaron cuatro dosis (200, 400, 600 y 800 L ha⁻¹) en un diseño completamente aleatorizado. La espinaca fue evaluada en peso unitario y rendimiento total. Se evidenciaron diferencias altamente significativas en

peso unitario, alcanzando 192,84 g con 800 L ha⁻¹, mientras que el mayor rendimiento total se observó con 200 L ha⁻¹ (3 403 t ha⁻¹). Aunque el ANOVA no mostró diferencias en rendimiento global, la variabilidad en respuestas demostró que la dosis influye en biomasa individual y eficiencia productiva.

Chura (2025) desarrolló el estudio “*Efecto de la aplicación de biochar e hidrolizado de pescado para el mejoramiento de suelos salinos de la Yarada Los Palos en Tacna, Perú*”. Se aplicó un diseño completamente aleatorizado para medir pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica e índice de germinación. El hidrolizado de pescado mostró mayor eficacia, reduciendo la CE a 3,84 dS/m, estabilizando el pH en 7,18 y elevando el índice de germinación a 96,4%. Además, mejoró la porosidad y retención de humedad del suelo. Estos resultados confirman al hidrolizado como herramienta sostenible en la rehabilitación de suelos áridos y salinos, superando la eficacia del biochar.

Tejada et al. (2024), en “Evaluación comparativa del efecto de biofertilizantes sobre el rendimiento de dos variedades de vainita (*Phaseolus vulgaris* L.)”, Tacna, Perú, analizaron biol frutado y un hidrolizado de residuos de pescado bonito. Con un diseño de bloques completamente al azar (8 tratamientos, 6 repeticiones), compararon variedades Jade y Magnum. El análisis de varianza mostró diferencias

significativas ($p < 0,05$). El mayor rendimiento se alcanzó con 80 L ha^{-1} de hidrolizado en la variedad Magnum, logrando $0,455 \text{ t ha}^{-1}$. En todos los tratamientos, Magnum superó a Jade, evidenciando la eficacia del hidrolizado proteico en incrementar la productividad de leguminosas.

3.2 Hidrólisis de pescado

3.2.1 Definición

Según Dauksas et al. (2004), la hidrólisis de pescado consiste en la descomposición de las proteínas en fracciones más simples como péptidos, dipéptidos y aminoácidos, a través de procesos enzimáticos o químicos. Entre estos, la hidrólisis enzimática se destaca como el método más utilizado, pues permite aprovechar biomasa de peces infrautilizados y subproductos de la industria pesquera para la obtención de proteínas de alto valor.

Edison et al. (2020) señalan que los hidrolizados de pescado pueden ser generados a partir de múltiples especies, como la carpa y el jurel, lo que evidencia la versatilidad de esta técnica para transformar distintas materias primas marinas en insumos proteicos funcionales.

3.2.2 Composición química

Kuprina et al. (2023) indican que la composición química de los hidrolizados de pescado depende tanto del tipo de materia prima empleada

como del método de hidrólisis aplicado, entre los cuales destacan los procesos enzimáticos, ácidos, químicos y electroquímicos.

Según Kuprina et al. (2023), los hidrolizados de proteína de pescado presentan un alto valor nutritivo, con un contenido proteico que suele oscilar entre el 80% y el 90%, lo que los convierte en una fuente concentrada de nutrientes esenciales.

Niu et al. (2014) destacan que la composición de aminoácidos en los hidrolizados de proteína de pescado guarda gran similitud con la harina de pescado, lo que evidencia su potencial como sustituto funcional en la alimentación animal.

Anggraini & Suprayitno (2021) señalan que la piel de los peces se caracteriza por poseer una elevada proporción de fibras de colágeno, las cuales pueden ser aprovechadas para la producción de derivados bioactivos y aplicaciones industriales.

3.2.3 Beneficios

Srinivasan (2021) afirma que el hidrolizado de pescado, obtenido mediante hidrólisis enzimática o microbiana de residuos pesqueros, ofrece beneficios relevantes en la agricultura al incrementar la germinación de semillas y favorecer el crecimiento inicial de plántulas en distintos cultivos.

Schupp et al. (1993) demostraron que la aplicación de hidrolizado de pescado como fertilizante en manzanos incrementa la fructificación, el tamaño y la calidad de los frutos, evidenciando su potencial como bioestimulante.

Komives (2015), Kongruang & Wisuthiphaet (2021) y Kuprina et al. (2023) coinciden en que, pese a sus beneficios, la aplicación agrícola del hidrolizado de pescado debe ser regulada cuidadosamente para maximizar su aporte productivo y minimizar los riesgos ecológicos.

3.2.4 Usos

Andualem & Gessesse (2013) explican que los hidrolizados de pescado constituyen una mezcla de péptidos, aminoácidos y otros compuestos bioactivos, los cuales han encontrado aplicaciones diversas en el control de plagas, el cebo para peces y como fuente de proteínas en medios de cultivo microbiano. Asimismo, estos productos pueden emplearse en el ámbito agrícola como fertilizantes orgánicos y como promotores del crecimiento vegetal, destacando su versatilidad en diferentes sistemas productivos.

3.3 Cultivo de la quinua

3.3.1 Origen

Jacobsen (2003) sostiene que la quinua (*Chenopodium quinoa*) tiene su origen en los Andes de América del Sur, donde fue domesticada y cultivada por civilizaciones preincaicas hace miles de años en territorios que hoy corresponden a Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia.

Gandarillas (1982) indica que la región andina, especialmente la zona del lago Titicaca entre Perú y Bolivia, constituye el principal centro de origen y diversificación de la quinua, ya que allí se concentra la mayor variabilidad genética y distribución de variedades cultivadas. Estudios de secuencias de ADN han confirmado esta relación al revelar similitudes genéticas con otras especies de *Chenopodium* presentes en los Andes.

3.3.2 Taxonomía

Tapia (1979) señala que el investigador alemán Luis Christian Willdenow fue el primero en realizar una descripción formal del cultivo de la quinua, aportando las bases iniciales para su reconocimiento científico.

Reino: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Angiospermales

Orden: Centroespermales

Familia: Chenopodiceas

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.

3.3.3 Morfología

Gandarillas (1979) describe a la quinua (*Chenopodium quinoa*) como una especie dicotiledónea anual que desarrolla una raíz pivotante cuyo crecimiento guarda relación directa con la altura de la planta. A partir del cuello se originan raíces secundarias y terciarias, de las cuales emergen raicillas finas y abundantes, altamente eficientes en la absorción de nutrientes del suelo.

– Raíz

Mujica & Canahua (1989) señalan que el sistema radical de la quinua varía a lo largo de su ciclo fenológico, iniciando con una raíz pivotante y culminando con una estructura ramificada que puede alcanzar entre 25 y 30 cm de longitud. Esta raíz principal, influenciada por el ecotipo, la profundidad del suelo y la altura de la planta, desarrolla abundantes

ramificaciones secundarias y terciarias que incrementan la capacidad de absorción.

– **Tallo**

Gómez & Aguilar (2016) describen que el tallo de la quinua presenta cambios morfológicos según su posición: es cilíndrico en la base y se vuelve anguloso en los nudos donde emergen hojas y ramas. La corteza es compacta y lignificada, mientras que la médula pasa de ser blanda en la etapa juvenil a esponjosa y seca en la madurez, quedando hueca al momento de la cosecha. Su coloración varía entre verde, amarillo, rosado, rojo y púrpura durante la floración, pudiendo mostrar estrías o axilas coloreadas según la variedad. La planta puede alcanzar alturas de 0,5 a más de 3 m, con tallos simples o ramificados, lo que influye en la facilidad de la cosecha mecanizada.

– **Hojas**

León (1964) resalta que las hojas de la quinua son alternas y polimorfas, presentando formas romboides en la base y lanceoladas o triangulares en la parte superior cercana a la inflorescencia. Tapia (1979) añade que estas hojas están cubiertas por oxalatos que forman una arenilla brillante, la cual contribuye a la absorción y retención de humedad, manteniendo la turgencia celular y facilitando la regulación estomática.

- **Inflorescencia**

León (2003) indica que la inflorescencia de la quinua es de tipo racimosa y recibe el nombre de panoja. Puede presentarse en forma terminal o axilar y adoptar configuraciones cónicas según la variedad. La panoja puede clasificarse como amarantiforme o glomerulada, dependiendo de la disposición de los glomérulos, y según su densidad puede ser compacta, semicompacta o laxa.

- **Flores**

Heisser & Nelson (1974), Mujica (1992) y Lescano (1994) describen que las flores de la quinua son pequeñas, sésiles y densamente agrupadas en glomérulos, con coloración semejante a los sépalos. Pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles, y poseen cinco estambres de filamentos cortos con anteras basífilas que rodean un ovario con 2 o 3 estigmas plumosos. El periodo de floración dura entre 12 y 15 días, dado que no todas las flores abren simultáneamente.

- **Fruto**

FAO (2011) explica que el fruto de la quinua corresponde a un aquenio indehiscente que encierra una semilla de hasta 2,66 mm de diámetro, protegida por un perigonio fácilmente desprendible. La cubierta

externa o epispermo, formada por cuatro capas, define el color del grano y contiene saponinas responsables del sabor amargo.

– **Semilla**

Danz & Olaguivel (2016) detallan que la semilla madura presenta formas lenticulares, elipsoidales o esferoidales, y está compuesta por episperma, embrión y perisperma. El episperma incluye la capa externa rugosa con saponina, cuyo contenido varía según el genotipo. El perisperma, principal tejido de reserva, representa cerca del 60% de la semilla y está formado por gránulos de almidón poligonales. La quinua también contiene un endospermo celular que rodea al embrión y que, tras la hidratación, es consumido rápidamente durante la germinación.

3.4 Factores edafoclimáticos

3.4.1 Temperatura

FAO (2013) señala que la quinua posee una notable capacidad de adaptación a climas que van desde ambientes desérticos hasta zonas cálidas y secas. Su temperatura óptima de cultivo se sitúa entre 15 y 20 °C, aunque la especie puede tolerar rangos extremos de 4 °C hasta 38 °C.

3.4.2 Humedad relativa

Tapia et al. (2000) indican que la quinua puede desarrollarse sin dificultad en condiciones de humedad relativa desde 40% en el altiplano hasta 100% en la costa. No obstante, durante etapas de alto crecimiento, como enero y febrero, la elevada humedad favorece enfermedades fúngicas como el mildiu, por lo que se recomienda emplear variedades resistentes en estas zonas.

3.4.3 Fotoperiodo

León (2003) afirma que la quinua presenta una gran plasticidad genética frente al fotoperiodo, con genotipos adaptados a días cortos, largos o indiferentes. El rango de horas de luz varía entre 12 y 19, acumulando en promedio 146,3 horas anuales.

3.4.4 Suelo

INIA (2013b) describe que la quinua prefiere suelos de textura franco, franco-arenosa o franco-arcillosa, ricos en materia orgánica y con pendientes moderadas. Aunque germina rápidamente en suelos arenosos, su posterior desarrollo puede ser débil. Además, es especialmente demandante de nitrógeno.

3.4.5 pH y salinidad

Mujica et al. (2001) sostienen que, si bien el pH óptimo para la quinua es cercano a la neutralidad, la especie se adapta a suelos alcalinos hasta pH 9, como en salares de Bolivia y Perú, e incluso a suelos ácidos hasta pH 4,5, como en Cajamarca. Asimismo, la quinua puede germinar bajo elevada salinidad, aunque en estas condiciones extremas la germinación se retrasa hasta 25 días.

3.4.6 Clima

Sesan (2013) destaca que la quinua puede prosperar en climas costeros áridos y cálidos, en altiplanos fríos y secos, en valles interandinos con lluvias moderadas y en cabeceras húmedas de la ceja de selva. También se cultiva en la puna y zonas cordilleranas de gran altitud, lo que evidencia su extraordinaria plasticidad.

3.4.7 Agua

Barrios (2014) señala que, a pesar de ser una planta C3, la quinua utiliza el agua con gran eficiencia gracias a mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le confieren tolerancia a sequía. Puede desarrollarse con precipitaciones anuales de 300–500 mm, aunque logra su máximo rendimiento en áreas libres de heladas.

3.4.8 Heladas

Espíndola (1986) sostiene que la quinua soporta temperaturas de hasta -5°C durante la formación de granos. Sin embargo, Risi (1991) advierte que la resistencia varía según la fase fenológica y la protección natural de las serranías.

3.4.9 Altitud

Chávez (2014) refiere que la quinua puede cultivarse desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a 4 000 m. En condiciones de costa, su ciclo vegetativo se prolonga por la mayor humedad, pero también se alcanza el mayor potencial productivo, con rendimientos de hasta 6 000 kg/ha bajo riego y fertilización adecuada.

3.5 Fenología

Mujica & Canahua (1989) describe que el ciclo fenológico de la quinua comprende distintas fases que se desarrollan progresivamente entre los 7 y 190 días después de la siembra. La emergencia ocurre entre los 7 y 10 días, cuando las plántulas despliegan sus hojas cotiledonales, seguidas por la aparición de dos a seis hojas verdaderas (15–45 días), etapa en la que se fortalece el sistema radical y se incrementa la tolerancia al frío y la sequía. Posteriormente, entre los 45 y 60 días, se inicia la ramificación y el panojamiento, caracterizado por la formación y exposición

de la inflorescencia, acompañada de un notable crecimiento del tallo. La floración comienza a los 75 días con la apertura de las primeras flores hermafroditas y alcanza su punto máximo entre los 90 y 100 días, periodo crítico por la alta sensibilidad a heladas y a temperaturas extremas. La formación de grano transcurre en tres fases: acuosa (90–100 días), lechosa (100–130 días, muy sensible a déficit hídrico) y pastosa (130–160 días, con riesgo de ataque de plagas). Finalmente, la madurez fisiológica se alcanza entre los 160 y 180 días, cuando el grano presenta firmeza y humedad de 14–16%, y la madurez de cosecha ocurre entre los 180 y 190 días, con 12–13% de humedad, momento en que la planta está lista para la trilla y recolección.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Tipo de investigación

El presente estudio adopta un diseño de investigación experimental.

4.2 Ubicación del área experimental

Este proyecto de investigación se desarrolló en el Centro Experimental Agrícola (CEA) III “Los Pichones” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, ubicado a una altitud de 535 msnm, en las coordenadas 18°01'47,0"S y 70°15'20,3"W.

4.3 Historial de campo

En el área experimental se encontraban instalados cultivos de maíz correspondientes a la campaña agrícola precedente. El terreno no permaneció en barbecho, sino que fue utilizado de manera continua para la siembra de diferentes cultivos en cada ciclo, como parte de las actividades prácticas e investigativas de los estudiantes de la Escuela de Agronomía. Esta dinámica ha permitido que se siga un constante sistema de fertilización convencional a base de insumos inorgánicos.

4.4 Situación edáfica

Tras la preparación del terreno, se realizó un muestreo aleatorio en 20 puntos distribuidos en toda el área experimental, coincidiendo con los sitios de siembra. La muestra representativa obtenida fue enviada al Laboratorio Central de Análisis de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, cuyos resultados se presentan a continuación:

Tabla 1

Resultados del análisis físico-químico del suelo

Parámetro	Resultado	Unidad	Interpretación
Arena	75,68	%	
Arcilla	6,32	%	
Limo	18,00	%	
Clase Textural	A. Fr.	-	Arenoso franco
CO ₃ Ca	0,00	%	Deficiente
pH	5,90	-	Moderadamente ácido
Conductividad eléctrica (CE)	3,34	mS/cm	Muy salino
Materia orgánica	0,42	%	Deficiente
Nitrógeno total	0,30	%	Alto
Fósforo disponible	4,61	ppm	Bajo
Potasio disponible	507	ppm	Muy alto
Capacidad intercambio catiónico (CIC)	13,83	meq/100g	Medio

Porcentaje sodio intercambiable (PSI)	10,34	%	Medio
Calcio (Ca ⁺⁺)	6,2	meq/100g	Medio
Magnesio (Mg ⁺⁺)	2,76	meq/100g	Medio
Potasio (K ⁺)	2,54	meq/100g	Muy alto
Sodio (Na ⁺)	1,43	meq/100g	Alto
Acidez Cambiable (H ⁺ Al ⁺⁺⁺)	0,9	meq/100g	Medio

Fuente: LCA-UNJBG (2024).

El suelo presenta una textura arenoso franco (75,68 % arena, 6,32 % arcilla y 18 % limo), lo que indica alta permeabilidad, baja retención de agua y limitada capacidad de retener nutrientes. El valor de pH = 5,90 lo clasifica como moderadamente ácido, condición que puede restringir la disponibilidad de fósforo y calcio, pero favorecer la solubilidad de micronutrientes como hierro y manganeso. La conductividad eléctrica de 3,34 mS/cm lo ubica en la categoría de muy salino, lo que compromete la germinación y el crecimiento radicular por efecto osmótico.

El contenido de materia orgánica es muy bajo (0,42 %), evidenciando escasa capacidad de mejorar la estructura, retención de humedad y aporte de nutrientes. El nitrógeno total alcanza 0,30 %, considerado alto, mientras que el fósforo disponible es bajo (4,61 ppm) y constituye una limitante crítica para el desarrollo radicular. En contraste, el potasio disponible es

muy alto (507 ppm), lo que favorece la síntesis de carbohidratos y la resistencia a estrés hídrico.

La capacidad de intercambio catiónico (13,83 meq/100 g) es media, lo que refleja una limitada retención de cationes, típica de suelos arenosos. El PSI de 10.34 % corresponde a un nivel bajo de acuerdo con la clasificación del análisis de suelo, no evidenciando una condición crítica bajo las condiciones edafoclimáticas de Tacna. Entre los cationes cambiables, el Ca^{++} (6,2 meq/100 g) y Mg^{++} (2,76 meq/100 g) se ubican en niveles medios, mientras que el K^{+} es muy alto (2,54 meq/100 g). Finalmente, la acidez cambiante (0,9 meq/100 g) es media, indicando una presencia moderada de acidez intercambiable (principalmente Al^{+++}), mientras que la acidez activa constituye el componente dominante de la acidez del suelo.

4.5 Situación climática

En relación con los efectos climáticos registrados durante el manejo del cultivo, se recopilaron los datos meteorológicos provenientes de la estación Jorge Basadre del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), los cuales permiten caracterizar con precisión las condiciones ambientales presentes en el área experimental.

Tabla 2

Datos meteorológicos de la estación Jorge Basadre

Año / Mes / Día	Temperatura (°C)		Humedad relativa (%)	Precipitación (mm/día)
	Max	Min		
Agosto	21,29	12,86	86,59	0,31
Setiembre	21,94	13,46	82,26	0,37
Octubre	24,29	13,72	74,37	0,00
Noviembre	24,66	14,58	75,90	0,10
Diciembre	26,66	16,45	69,07	0,07

Fuente: SENAMHI (2023)

La temperatura máxima presentó un rango ascendente a lo largo del periodo evaluado, pasando de 21,29 °C en agosto hasta 26,66 °C en diciembre, evidenciando un incremento de 5,37 °C asociado al inicio de la temporada estival en Tacna. La temperatura mínima también mostró un incremento progresivo, desde 12,86 °C en agosto hasta 16,45 °C en diciembre, con una diferencia de 3,59 °C, lo que refleja condiciones nocturnas menos frías conforme avanza el año. El promedio general de temperaturas mínimas fue de 14,21 °C, mientras que el de las máximas alcanzó 23,77 °C, lo cual configura un régimen térmico adecuado para cultivos de ciclo intermedio como hortalizas.

La humedad relativa exhibió una tendencia decreciente en el periodo analizado, con valores máximos en agosto (86,59 %) y mínimos en diciembre (69,07 %), lo que implica una reducción de 17,52 puntos porcentuales. El promedio mensual de humedad relativa en el conjunto del periodo fue de 77,64 %, indicando un ambiente generalmente húmedo, aunque con tendencia al descenso hacia el verano, lo cual puede influir en una mayor demanda hídrica del cultivo por incremento en la evapotranspiración.

En cuanto a la precipitación acumulada diaria, los registros fueron bajos, propios de la estacionalidad árida de la región. El valor más alto se observó en setiembre (0,37 mm/día), mientras que en octubre no se registraron precipitaciones. El promedio del periodo fue de apenas 0,17 mm/día, lo cual confirma la dependencia de la actividad agrícola respecto al riego tecnificado para suplir las necesidades hídricas del cultivo.

4.6 Materiales

4.6.1 Material biológico

Como material biológico de estudio se utilizaron semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad “Salcedo-INIA”, proporcionadas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) con sede en el departamento de Puno, entidad que garantizó la calidad genética y la

autenticidad varietal. Para el experimento se empleó un total de 1 kg de semillas, con las cuales se dio inicio a la ejecución de las labores experimentales.

La variedad “Quinoa Salcedo-INIA” fue desarrollada por el INIA en el año 2013, como resultado de la cruce entre “Real Boliviana × Sajama” realizada en Patacamaya y posteriormente seleccionada para las condiciones agroecológicas del altiplano puneño. Registrada oficialmente en 1995, esta variedad se caracteriza por su porte erecto de 1,64 m, una panoja glomerulada que puede alcanzar hasta 70 cm, y un grano blanco de gran tamaño, sabor dulce y sin requerimiento de lavado intensivo. Su contenido de proteína varía entre 12–21,3 %, confiriéndole alto valor nutricional.

En términos de adaptabilidad, se desarrolla en un rango altitudinal amplio, comprendido entre 1 284 y 3 950 msnm, y puede alcanzar rendimientos de hasta 7 t ha⁻¹ en la costa bajo condiciones de alta tecnología. En cuanto a requerimientos de fertilización, demanda 200–180–80 de N-P-K en la costa, mientras que en el altiplano se recomienda una dosis de 60–40–00, lo que refleja su plasticidad genética y elevado potencial productivo y exportador.

4.6.2 Material experimental

Como material experimental se empleó hidrólisis de pescado, un biofertilizante de alto valor nutricional, ampliamente reconocido por su aporte de macro y micronutrientes esenciales, así como por su capacidad de mejorar la fertilidad biológica y química del suelo. Este producto se obtiene mediante procesos de hidrólisis enzimática a partir de residuos de pescado, lo que permite conservar aminoácidos, péptidos y compuestos orgánicos de fácil asimilación por las plantas.

Tabla 3

Análisis químico de la hidrólisis de pescado

Aminoácido	Unidad	Valor	Macronutrientes	Unidad	Valor
Arginina	%	3,6	Nitrógeno	g/L	17,36
Treonina	%	2,8	Fósforo	g/L	5,45
Serina	%	3,5	Potasio	g/L	3,20
Histidina	%	0,2	Calcio	g/L	0,52
Ác. Glutámico	%	<0,01	Magnesio	g/L	0,62
Prolina	%	0,4	Azufre	g/L	0,29
Glicina	%	3,3			
Valina	%	2,7	Micronutrientes	Unidad	Valor
Metionina	%	2,4	Cloruros	%	0,29
Isoleucina	%	2,7	Hierro	mg/L	8
Leucina	%	3,1	Boro	mg/L	2
Tirosina	%	2,4	Cobre	mg/L	3
Fenilalanina	%	2,9	Manganeso	mg/L	2

Lisina	%	2,6	Molibdeno	mg/L	1
Ác. Aspártico	%	2,4	Zinc	mg/L	2
Triptófano	%	0,3	Materia orgánica	g/L	250
L-glutamina	%	<0,10	pH	-	4
Alanina	%	2,10			
Cistina	%	<0,10			
Asparagina	%	<0,10			

La hidrólisis presenta un perfil aminoacídico diverso, destacando Arginina (3,6 %), Serina (3,5 %), Glicina (3,3 %) y Leucina (3,1 %), que favorecen la síntesis proteica, el crecimiento vegetativo y la tolerancia a estrés. Aminoácidos como Lisina (2,6 %), Valina (2,7 %) y Treonina (2,8 %) complementan la nutrición esencial, mientras que Prolina (0,4 %) contribuye a la resistencia hídrica y Triptófano (0,3 %) actúa como precursor de fitohormonas.

En macronutrientes, el producto destaca por su alto contenido de Nitrógeno (17,36 g/L), lo que lo convierte en una fuente clave de crecimiento; además, aporta Fósforo (5,45 g/L) y Potasio (3,20 g/L) en niveles adecuados para el desarrollo radicular y la regulación osmótica. El Calcio (0,52 g/L) y Magnesio (0,62 g/L) refuerzan la estructura celular y la fotosíntesis, mientras que el Azufre (0,29 g/L) asegura la síntesis de aminoácidos azufrados.

En micronutrientes, se observan concentraciones equilibradas de Hierro (8 mg/L), Boro (2 mg/L), Cobre (3 mg/L), Manganeseo (2 mg/L), Molibdeno (1 mg/L) y Zinc (2 mg/L), esenciales en procesos enzimáticos y reproductivos. Además, la materia orgánica es elevada (250 g/L), lo que incrementa la actividad microbiana y la fertilidad del suelo. El pH ácido (4) favorece la solubilidad nutrimental, pero debe manejarse en suelos ya ácidos para evitar desequilibrios.

4.7 Tratamientos de estudio

La elección de los niveles de 0, 200, 400 y 600 L ha⁻¹ de hidrólisis de pescado se fundamenta en los resultados obtenidos por Tejada et al. (2024) en hortalizas de hoja y vaina, donde en vainita se comprobó que aplicaciones a bajos niveles, como 80 L ha⁻¹, incrementaron significativamente el rendimiento (Tejada et al., 2024), mientras que en espinaca se evidenció que niveles intermedios comprendidos entre 200 y 600 L ha⁻¹ generaron mejoras consistentes en la producción (Tejada et al., 2025a), y en lechuga se determinó que el nivel de 600 L ha⁻¹ produjo el mayor rendimiento unitario, en tanto que 800 L ha⁻¹ no mostró ventajas adicionales y evidenció un efecto de saturación (Tejada et al., 2025b), de modo que el rango de 200 a 600 L ha⁻¹, complementado con un testigo de 0 L ha⁻¹, se establece como el intervalo idóneo para describir la curva nivel–respuesta y valorar con precisión el efecto del biofertilizante en el cultivo.

Tabla 4

Niveles de aplicación de hidrólisis de pescado

Tratamiento	Niveles
t ₀ :	0 Lt/ha
t ₁ :	200 Lt/ha
t ₂ :	400 Lt/ha
t ₃ :	600 Lt/ha

4.8 Diseño estadístico

En el estudio se aplicó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro repeticiones, las cuales fueron distribuidas de manera aleatoria, lo que permitió controlar la variabilidad del terreno, minimizar los efectos de factores no controlados y garantizar una mayor precisión en los tratamientos evaluados.

4.9 Variables de respuesta

4.9.1 Altura de planta (cm)

La altura de planta se midió utilizando una cinta métrica graduada en centímetros, tomando como referencia la distancia desde la base del tallo, a nivel del suelo, hasta la parte más alta de la panoja completamente extendida. La evaluación se realizó al culminar la fase de llenado de grano, seleccionándose 10 plantas representativas por unidad experimental,

escogidas al azar para asegurar una muestra confiable del comportamiento del cultivo.

4.9.2 Longitud de panoja (cm)

La longitud de la panoja se determinó en 10 plantas por unidad experimental, seleccionadas aleatoriamente, empleando una cinta métrica para registrar la distancia desde el punto de inserción en el tallo principal hasta el extremo distal de la panoja. Esta variable permitió evaluar el desarrollo reproductivo y el potencial de llenado de grano en cada tratamiento.

4.9.3 Diámetro de panoja (cm)

El diámetro de panoja se midió en la sección media de la inflorescencia, utilizando una cinta métrica flexible para determinar la distancia entre sus lados laterales. La medición se efectuó en 10 plantas por unidad experimental, lo que permitió caracterizar la compacidad y robustez de la panoja como indicador indirecto del potencial de producción de grano.

4.9.4 Peso de panoja (g)

El peso de panoja se registró en 10 plantas seleccionadas por unidad experimental al momento de la cosecha. Cada panoja fue cortada cuidadosamente, pesada en fresco con una balanza de precisión y

posteriormente almacenada en bolsas de papel kraft para su secado. Este procedimiento permitió obtener datos confiables sobre la biomasa aérea destinada al órgano reproductivo.

4.9.5 Peso de grano por planta (g)

El peso de grano se determinó mediante una balanza digital de alta sensibilidad, considerando el total de granos limpios obtenidos de 10 plantas representativas por unidad experimental. El grano fue previamente trillado y separado de impurezas, garantizando que los valores reflejaran el rendimiento real por planta bajo cada tratamiento.

4.9.6 Rendimiento total (t/ha)

El rendimiento total de grano se evaluó a partir de la cosecha manual de las parcelas experimentales, seguida del proceso de trilla y separación de los granos limpios. Posteriormente, el peso obtenido fue extrapolado a la unidad de superficie estándar, expresándose en toneladas por hectárea (t/ha). Esta variable constituyó el indicador principal de productividad, integrando los efectos acumulados de los tratamientos en todo el ciclo del cultivo.

4.10 Características del área experimental

4.10.1 Campo experimental

- Largo : 24 m
- Ancho : 21,25 m
- Área total : 510 m²

4.10.2 Bloque experimental

- Largo : 24 m
- Ancho : 4,75 m
- Área total : 114 m²
- Número de bloques: 4

4.10.3 Unidad experimental

- Largo : 5 m
- Ancho : 4,75 m
- Área total : 23,75 m²
- Distanciamiento entre filas : 1,5 m
- Distanciamiento entre plantas : 0,04 m
- Número de unidades experimentales: 16

Figura 1

Croquis de distribución de tratamientos en el área experimental



4.11 Conducción del experimento

4.11.1 Preparación de insumos biológicos

El 10 de abril de 2023 se inició la preparación de la hidrólisis de pescado, biofertilizante base del experimento. Se emplearon 160 kg de residuos pesqueros (cabezas, colas, vísceras y espinazos), junto con 20 kg de melaza y 20 L de microorganismos activados, sometidos a fermentación durante 20 días en un recipiente de 200 L de capacidad. El producto líquido obtenido se utilizó como solución madre y se diluyó en proporción 5 L/200 L de agua antes de su aplicación en campo.

Ese mismo día se elaboró el EM5, insecticida biológico compuesto por vinagre, alcohol, melaza, ajo, cebolla, rocoto, kion, canela y plantas

aromáticas, el cual se dejó fermentar y posteriormente se utilizó para el control de plagas de manera orgánica.

4.11.2 Preparación del terreno

El 10 de julio de 2023 se realizó la limpieza del terreno eliminando residuos de cultivos previos y malezas, seguido de un riego de machaco para asegurar humedad inicial. El 26 de julio de 2023 se incorporó guano de corral como abono de fondo, se instalaron las cintas de riego por goteo y se abrieron los surcos, garantizando un terreno fértil y acondicionado para la siembra.

4.11.3 Siembra y establecimiento

La siembra de quinua variedad Salcedo-INIA se efectuó el 28 de julio de 2023 mediante el sistema cinta corrida, seguida de una resiembra el 4 de agosto para completar la densidad poblacional. El 11 de agosto se realizó el raleo, eliminando plántulas en exceso, y el 15 de agosto se llevó a cabo el desahije, seleccionando las plantas más vigorosas.

4.11.4 Riego

El riego se manejó mediante cintas de goteo, con frecuencia interdiaria durante la fase vegetativa y ajustado según la etapa fenológica. Posteriormente, se redujo la frecuencia hacia la etapa reproductiva para evitar problemas de encharcamiento y favorecer el llenado de grano.

Finalmente, el 15 de noviembre de 2023 se suspendió el riego para inducir el secado fisiológico de las plantas y preparar la cosecha.

4.11.5 Manejo cultural

Entre el 16 de agosto y el 16 de noviembre de 2023 se realizaron desmalezados manuales semanales, evitando la competencia por agua, nutrientes y luz. Estas labores culturales también favorecieron la aireación del suelo y redujeron riesgos de hospederos de plagas.

4.11.6 Fertilización foliar y bioestimulantes

Desde el 17 de agosto hasta el 1 de noviembre de 2023, se aplicó la hidrólisis de pescado en forma foliar y dirigida al cuello de la planta, con los niveles establecidas por tratamiento (T0: agua, T1: 500 ml, T2: 1 L y T3: 2 L en mochila de 20 L). Las aplicaciones se realizaron semanalmente, reforzando la nutrición del cultivo y estimulando su desarrollo vegetativo y reproductivo.

4.11.7 Control fitosanitario

El manejo de plagas y enfermedades se realizó íntegramente con insumos orgánicos. Entre el 22 de agosto y el 17 de noviembre de 2023, se aplicó EM5 cada tres días (500 ml por mochila de 20 L), asegurando protección contra insectos como pulgones y trips, así como hongos foliares

de importancia en quinua. No se utilizaron productos químicos de síntesis, lo que permitió mantener un sistema de producción 100 % orgánico.

4.11.8 Evaluaciones de campo

Durante la fase de maduración, el 30 de noviembre de 2023 se efectuó el corte de panojas y se realizaron las mediciones de altura de planta, longitud y diámetro de panoja en 10 plantas seleccionadas por unidad experimental. Las panojas fueron trasladadas a un área cubierta y ventilada para su secado.

4.11.9 Cosecha y poscosecha

El 13 de diciembre de 2023 se llevó a cabo el trillado de panojas y la determinación del peso de 100 granos. Posteriormente, entre el 14 y el 20 de diciembre, se realizaron labores de tamizado y pesaje de los tratamientos, complementadas con registros de peso los días 15, 18 y 20 de diciembre, hasta completar el procesamiento de todo el material.

4.11.10 Condición de manejo

Durante todo el ciclo experimental, el cultivo de quinua se condujo bajo un esquema orgánico, sin aplicación de insumos químicos, priorizando el uso de biofertilizantes (hidrólisis de pescado), abonos orgánicos (guano de corral), biopreparados (EM5) y prácticas culturales sostenibles, lo que garantizó la coherencia con un enfoque agroecológico.

4.12 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se empleó el análisis de varianza (ANVA), considerando como prueba principal la prueba F, con niveles de significación de 0,05 y 0,01; a fin de determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos. Asimismo, cuando se detectaron efectos significativos, se procedió a realizar análisis de regresión, lo que permitió modelar la relación nivel–respuesta y estimar el comportamiento de las variables frente a los niveles de biofertilizante aplicados. Estos procedimientos fueron realizados utilizando el software InfoStat.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados

5.1.1 Altura de planta (cm)

Tabla 5

Análisis de varianza de altura de planta (cm) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	272,38	90,79	2,32	3,86ns	6,99
Tratamientos	3	189,09	63,03	1,61	3,86ns	6,99
Error	9	352,09	39,12			
Total	15	813,56				

Cv.: 4,69% ns: No significativo

En la tabla 5, el análisis de varianza indicó que no existieron diferencias estadísticas significativas en la altura de planta entre tratamientos ($F_c = 1,61$), ni entre bloques ($F_c = 2,32$). Por tanto, los tratamientos aplicados no influyeron de manera significativa sobre la altura de planta en quinua variedad Salcedo INIA bajo las condiciones evaluadas.

El coeficiente de variación fue bajo (4,69%), lo que evidencia buena precisión experimental.

5.1.2 Longitud de panoja (cm)

Tabla 6

Análisis de varianza de longitud de panoja (cm) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	1 041,95	347,32	19,32	3,86	6,99**
Tratamientos	3	118,91	39,64	2,2	3,86ns	6,99
Error	9	161,82	17,98			
Total	15	1 322,68				

Cv.: 8,34% (**): Altamente significativo ns: No significativo

En la tabla 6, el análisis de varianza muestra que no existen diferencias estadísticas significativas en longitud de panoja entre tratamientos ($F_c = 2,20$). Sin embargo, se detectaron diferencias altamente significativas entre bloques ($F_c = 19,32$), lo que evidencia heterogeneidad en el campo experimental. Por tanto, los tratamientos aplicados no influyeron de manera significativa sobre la longitud de panoja en quinua variedad Salcedo INIA.

El coeficiente de variación fue moderado (8,34%), lo que indica adecuada precisión experimental.

5.1.3 Diámetro de panoja (cm)

Tabla 7

Análisis de varianza de diámetro de panoja (cm) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	88,39	29,46	3,04	3,86ns	6,99
Tratamientos	3	16,22	5,41	0,56	3,86ns	6,99
Error	9	87,14	9,68			
Total	15	191,76				

Cv.: 18,76% ns: No significativo

En la tabla 7, el análisis de varianza muestra que no existen diferencias estadísticas significativas en diámetro de panoja entre tratamientos ($F_c = 0,56$), ni entre bloques ($F_c = 3,04$). Por tanto, los tratamientos aplicados no influyeron de manera significativa sobre el diámetro de panoja en quinua variedad Salcedo INIA bajo las condiciones evaluadas.

El coeficiente de variación fue alto (18,76%), lo que refleja menor precisión experimental.

5.1.4 Peso de panoja (g)

Tabla 8

Análisis de varianza de peso de panoja (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	887,12	295,71	22,74	3,86	6,99**
Tratamientos	3	121,57	40,52	3,12	3,86ns	6,99
Error	9	117,01	13,00			
Total	15	1 125,71				
Cv.: 7,43% (**): Altamente significativo ns: No significativo						

En la tabla 8, el análisis de varianza de peso de panoja muestra que no existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($F_c = 3,12$). Sin embargo, se detectaron diferencias altamente significativas entre bloques ($F_c = 22,74$), lo que evidencia heterogeneidad en el campo experimental. Por tanto, los tratamientos aplicados no influyeron de manera significativa sobre el peso de panoja en quinua variedad Salcedo INIA bajo las condiciones evaluadas.

El coeficiente de variación fue bajo (7,43%), lo que demuestra buena precisión experimental.

5.1.5 Peso de grano por planta (g)

Tabla 9

Análisis de varianza de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	40,78	13,59	1,75	3,86ns	6,99
Tratamientos	3	215,21	71,74	9,23	3,86	6,99**
Error	9	69,94	7,77			
Total	15	325,93				

Cv.: 12,73% (**): Altamente significativo ns: No significativo

En la tabla 9, el análisis de varianza de peso de grano por planta muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F_c = 9,23$), mientras que no se detectaron diferencias estadísticas entre bloques ($F_c = 1,75$). Por tanto, los tratamientos aplicados influyeron de manera significativa sobre el peso de grano por planta en quinua variedad Salcedo INIA bajo las condiciones evaluadas.

El coeficiente de variación fue moderado (12,73%), lo que indica adecuada precisión experimental.

Tabla 10

Análisis de varianza de la regresión cuadrática de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α	
					0,05	0,01
Regresión	2	205,22	102,61	9,61	4,26	8,02**
Residuo	9	96,11	10,68			
Total	11	301,33				

R²: 0,68 (**): Altamente significativo

En la tabla 10, el análisis de varianza de la regresión cuadrática muestra un efecto altamente significativo del modelo sobre el peso de grano por planta ($F_c = 9,61$). Por tanto, la ecuación cuadrática se ajusta de manera adecuada para describir la relación entre las variables evaluadas en quinua variedad Salcedo INIA bajo las condiciones de estudio.

El Coeficiente de determinación ($R^2 = 0,68$) indica que el 68% de la variabilidad del peso de grano por planta fue explicada por la regresión.

Tabla 11

Coeficiente de determinación cuadrática de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
litros/ha	0,177	0,040	5,772	4,380	0,002
litros/ha ** 2	0,0002	0,0002	-5,680	-4,310	0,002
(Constante)	-8,250	7,122		-1,158	0,277

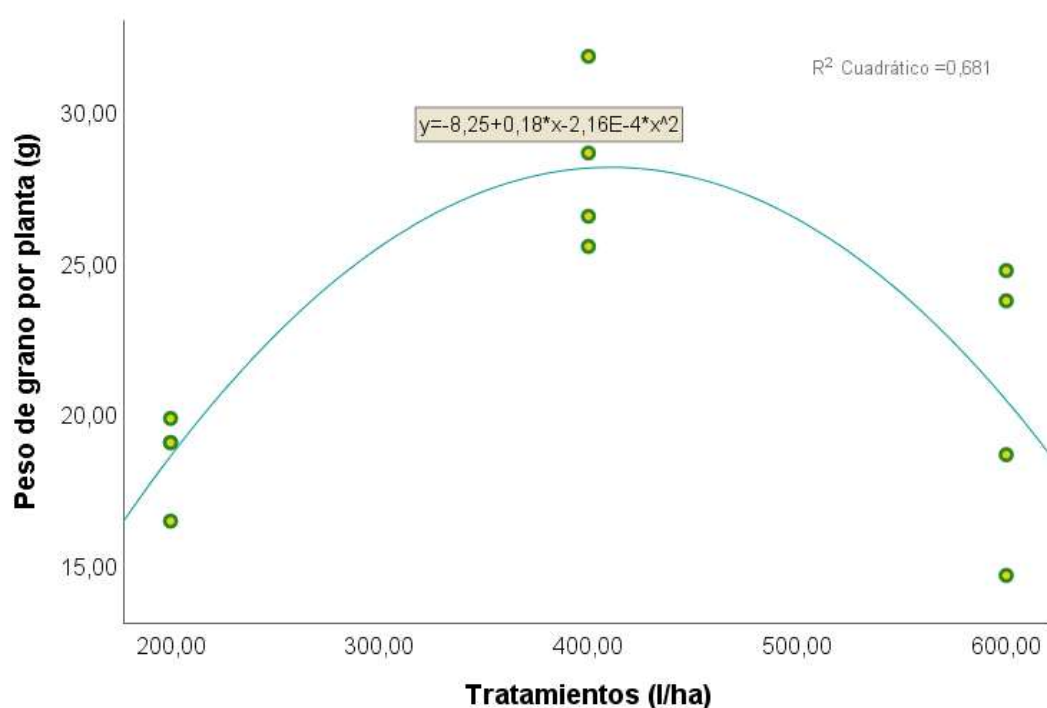
En la tabla 11, el modelo cuadrático de regresión ($R^2 = 0,68$; $p = 0,002$) describe un comportamiento no lineal del peso de grano por planta en función del nivel de hidrólisis de pescado. Los resultados predichos para los niveles aplicadas fueron: 19,11 g en t1 (200 Lt/ha), 29,19 g en t2 (400 Lt/ha) y 21,99 g en t3 (600 Lt/ha). La respuesta evidenció un incremento hasta 400 Lt/ha donde se alcanzó el valor máximo dentro del rango experimental y un nuevo descenso a 600 Lt/ha.

Ecuación de predicción:

$$Y = -8,250 + 0,18X - 2,16 \times 10^{-4}X^2$$

Figura 2

Diagrama de dispersión de peso de grano por planta (g) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023



En la figura 2, la curva cuadrática mostró que el peso de grano por planta alcanzó su mayor valor en 400 Lt/ha y posteriormente descendió en 600 Lt/ha, evidenciando un efecto de contraproducente de la hidrólisis de pescado.

5.1.6 Rendimiento total (t/ha)

Tabla 12

Análisis de varianza de rendimiento total (t/ha) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

F.V.	gl	SC	CM	F	F α	
					0,05	0,01
Bloques	3	0,06	0,02	1,14	3,86ns	6,99
Tratamientos	3	0,59	0,20	10,38	3,86	6,99**
Error	9	0,17	0,02			
Total	15	0,82				

Cv.: 8,26% (**): Altamente significativo ns: No significativo

En la tabla 12, el análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas en rendimiento total entre tratamientos ($F_c = 10,38$), mientras que no se detectaron diferencias estadísticas entre bloques ($F_c = 1,14$). Por tanto, los tratamientos aplicados influyeron de manera significativa sobre el rendimiento de quinua variedad Salcedo INIA.

El coeficiente de variación fue moderado (8,26%), lo que evidencia adecuada precisión experimental.

Tabla 13

*Análisis de varianza de la regresión cuadrática de rendimiento total (t/ha)
en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023*

F.V.	gl	SC	CM	Fc	F α	
					0,05	0,01
Regresión	2	0,297	0,149	7,417	4,26*	8,02
Residuo	9	0,180	0,020			
Total	11	0,477				
R ² : 0,62		(**): Significativo				

En la tabla 13, el análisis de varianza de la regresión cuadrática mostró un efecto significativo del modelo sobre el rendimiento total ($F_c = 7,42$). Por tanto, el modelo cuadrático se considera adecuado para describir la relación entre los niveles de hidrólisis de pescado y el rendimiento de quinua variedad Salcedo INIA en las condiciones experimentales evaluadas.

El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,62$) indicó que el 62 % de la variabilidad en el rendimiento fue explicado por la regresión, lo que refleja un ajuste aceptable para ensayos agronómicos.

Tabla 14

Coefficiente de determinación cuadrática de rendimiento total (t/ha) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
litros/ha	0,007	0,002	5,449	3,801	0,004
litros/ha * 2	-8,344E-06	0,000	-5,521	-3,851	0,004
(Constante)	0,633	0,308		2,051	0,071

En la tabla 14, el modelo cuadrático de regresión ($R^2 = 0,62$) describe un comportamiento parabólico del rendimiento total en función del nivel de hidrólisis de pescado. Los valores predichos para los niveles aplicadas fueron: 1,7 t/ha en t1 (200 Lt/ha), 2,1 t/ha en t2 (400 Lt/ha) y 1,83 t/ha en t3 (600 Lt/ha).

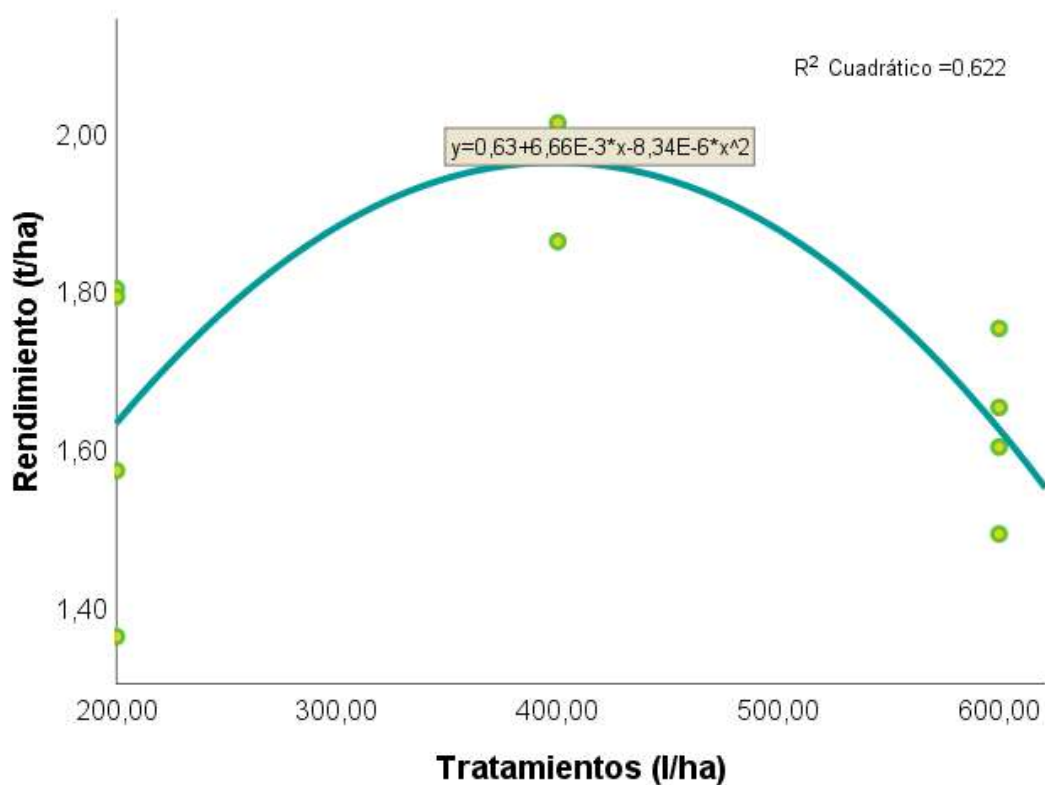
Ecuación de predicción:

$$Y = 0,63 + 0,007X - 8,344 * 10^{-6}X^2$$

A partir de la derivada de la función, se obtuvo que el valor máximo de Y ocurre en $X \approx 400$ Lt/ha, lo que corresponde a un valor máximo de Y de aproximadamente 2,1 t/ha.

Figura 3

Diagrama de dispersión de rendimiento total (t/ha) en quinua variedad Salcedo INIA, Tacna- 2023



En la figura 3, la curva cuadrática muestra que el rendimiento total aumentó desde 200 hasta cerca de 400 Lt/ha, donde alcanzó su valor máximo, y luego descendió a 600 Lt/ha, evidenciando un efecto contraproducente de la hidrólisis de pescado.

5.2 Discusión

5.2.1 Altura de planta (cm)

En este estudio, la altura de planta no mostró diferencias significativas entre tratamientos ni bloques ($F_c < F_{\alpha} = 0,05$), aunque el CV fue bajo (4,69%), lo que denota precisión experimental. Este resultado indica que la aplicación de hidrólisis de pescado no influyó en la elongación del tallo de la quinua var. Salcedo INIA bajo las condiciones edáficas locales. Dicho hallazgo contrasta con lo señalado por Mironenko et al. (2022), quienes reportaron incrementos en longitud radicular y biomasa aérea de trigo tras aplicar hidrolizado de trucha a niveles de 3 000–4 000 L/ha, con aumentos de rendimiento entre 3,9–6,3%. También difiere de El-Sayed et al. (2023) en Egipto, donde la combinación de 190 kg K_2O /ha con 3,0 ml/L de extracto de algas promovió mejoras significativas en biomasa y calidad. La falta de respuesta en altura podría deberse a las condiciones de suelo de Tacna: textura arenosa franca, materia orgánica deficiente (0,42%), fósforo bajo (4,61 ppm) y alta salinidad (3,34 mS/cm), limitantes que restringen la capacidad de expresión vegetativa. Estos resultados coinciden parcialmente con Boukhaffa et al. (2025) en Marruecos, quienes concluyen que en suelos con baja fertilidad los biofertilizantes requieren complementación orgánica para sostener mejoras. Localmente, estudios como Tejada et al. (2025a, 2025b) en lechuga y espinaca reportan

aumentos en biomasa con hidrolizado, pero en condiciones con menor restricción salina, lo que confirma que el contexto edáfico podría ser un factor determinante.

5.2.2 Longitud de panoja (cm)

La longitud de panoja tampoco fue afectada significativamente por los tratamientos ($F_c = 2,20$), pero sí por los bloques ($F_c > F_\alpha = 0,01$), evidenciando heterogeneidad en el campo experimental, asociada a la distribución irregular de la salinidad. La correlación positiva y altamente significativa con peso de panoja ($r=0,985$; $p<0,01$) muestra que la longitud de panoja es un buen predictor de biomasa reproductiva. Este patrón contrasta con lo señalado por Taaime et al. (2023) en Marruecos, quienes reportaron incrementos de hasta 112% en rendimiento de quinua con 40–60–120 kg/ha de NPK, confirmando que la respuesta de la panoja depende de la nutrición balanceada. En el presente estudio, el fósforo bajo y el exceso de sodio ($Na^+=1,43$ meq/100 g) impidieron un efecto uniforme de la hidrólisis. Coincide con lo señalado por Boukhaffa et al. (2025): en suelos pobres en nutrientes, los biofertilizantes por sí solos no logran uniformidad productiva.

5.2.3 *Diámetro de panoja (cm)*

El diámetro de panoja no presentó diferencias significativas entre tratamientos ni bloques ($F_c < F_\alpha = 0.05$), y mostró una correlación negativa, aunque no significativa, con la longitud ($r = -0.491$; $p = 0.053$). Este comportamiento sugiere una compensación morfológica: panojas más largas no siempre son más anchas. Estudios como el de Pilco (2018) demostraron que la variedad Salcedo-INIA puede expresar diámetros superiores bajo riego tecnificado en Sama Inclán, alcanzando rendimientos de 3 675 kg/ha, muy por encima de los obtenidos en este ensayo. Esto evidencia que el ambiente local con salinidad elevada y fósforo deficiente restringió el desarrollo morfológico, a diferencia de los reportes en condiciones de mayor fertilidad.

5.2.4 *Peso de panoja (g)*

El peso de panoja no fue significativo entre tratamientos ($F_c = 3.12$), pero sí entre bloques ($F_c > F_\alpha = 0.01$), confirmando que la heterogeneidad del suelo afectó directamente la acumulación de biomasa. La fuerte correlación con longitud de panoja ($r = 0.985$; $p < 0.01$) respalda que en los microambientes menos salinos las panojas lograron mayor desarrollo. Cancino-Espinoza et al. (2018) resaltaron que los mayores impactos ambientales y productivos en la quinua orgánica se concentran en la fase

de campo, lo que explica que el entorno local domine la respuesta. Asimismo, Boukhaffa et al. (2025) observaron que los biofertilizantes derivados de residuos de pescado generan mayores beneficios cuando se combinan con abonos orgánicos, lo que concuerda con la falta de efecto directo en este caso, dado el bajo contenido de MO y P disponible en el suelo experimental.

5.2.5 *Peso de grano por planta (g)*

En esta variable se detectaron diferencias altamente significativas ($F_c > F_\alpha = 0,01$). El modelo cuadrático explicó el 68% de la variabilidad ($R^2=0,68$; $p=0,004$), mostrando un descenso inicial en t1 (200 L/ha = 19,11 g), un máximo en t2 (400 L/ha = 29,19 g) y un nuevo descenso en t3 (600 L/ha = 26 g). Este patrón evidencia un óptimo productivo intermedio y una sobreconcentración a niveles mayores. Estos resultados coinciden con lo descrito por Chipana (2022) en quinua y cañahua, donde los niveles intermedios de fertilizante líquido de trucha (0,50–0,75%) incrementaron la germinación y el crecimiento radicular, mientras que concentraciones mayores no mostraron beneficios adicionales. En hortalizas, Tejada et al. (2025a) en lechuga hallaron un máximo de 300,26 g/planta con 600 L/ha, y un nivel óptimo calculada de 670,74 L/ha, mientras que 800 L/ha no mejoró la producción. Igualmente, Tejada et al. (2025b) en espinaca encontraron que el mayor peso unitario (192,84 g) se alcanzó con 800 L/ha, pero el

mayor rendimiento total correspondió a 200 L/ha, reflejando la naturaleza no lineal de la respuesta. Estos hallazgos son consistentes con la revisión de Domínguez et al. (2024), que señala que la hidrólisis de pescado potencia el crecimiento y tolerancia al estrés hasta un umbral, pero niveles excesivos pueden provocar desequilibrios fisiológicos.

5.2.6 Rendimiento total (t/ha)

El rendimiento total presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos ($F_c > F_\alpha = 0,01$). El modelo cuadrático explicó el 62% de la variabilidad ($R^2=0,62$; $p=0,002$), donde el nivel de 400 L/ha representó el óptimo de producción, seguido por un descenso en 600 L/ha. Este resultado coincide con lo señalado por Taaime et al. (2023), quienes reportaron que, en ambientes semiáridos de Marruecos, la quinua alcanzó un máximo de 0,8 t/ha con la combinación 40–60–120 kg/ha de N–P₂O₅–K₂O, destacando que los óptimos intermedios son más eficientes que los niveles extremos. Localmente, Tejada et al. (2025a) en lechuga también concluyeron que el rendimiento máximo se alcanzó con niveles intermedias (670,74 L/ha proyectados), mientras que niveles más altos no fueron rentables.

Los valores obtenidos en este ensayo (1,7–2,1 t/ha) son similares a los rendimientos promedios de quinua orgánica reportados por Cancino-Espinoza et al. (2018) en Perú ($\approx 1\,683$ kg/ha) y se encuentran por debajo

de los máximos descritos por Pilco (2018) en Tacna, donde Salcedo-INIA alcanzó 3 675 kg/ha bajo riego tecnificado y fertilización química balanceada. Esto refleja que, en las condiciones locales de suelo salino, pobre en fósforo y con baja MO, la hidrólisis de pescado permitió mejoras, pero sin superar las limitaciones edáficas. A nivel internacional, Ali et al. (2023) evidenciaron que la combinación de potasio y extracto de algas elevó el rendimiento de quinua CICA, alcanzando valores superiores a los obtenidos en este ensayo. Sin embargo, en este suelo, el potasio ya se encontraba en niveles muy altos (507 ppm), siendo el fósforo y la salinidad los principales factores limitantes.

CONCLUSIONES

Entre los cuatro niveles de hidrólisis de pescado evaluados en el Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”, el análisis de regresión cuadrática determinó que el punto de máxima respuesta se ubica en aproximadamente 400 L/ha, a partir de la derivación del modelo ajustado. En este nivel, la función predice un rendimiento máximo de 2,10 t/ha de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Var. Salcedo INIA, por lo que se constituye como el nivel óptimo bajo las condiciones edáficas y climáticas del área de estudio.

RECOMENDACIONES

Se recomienda comparar el efecto de la hidrólisis de pescado con otros bioestimulantes y microorganismos promotores de crecimiento, como *Trichoderma sp.*, a fin de identificar posibles sinergias que fortalezcan la sostenibilidad del cultivo de quinua y generen evidencia científica aplicable a distintos sistemas de producción.

Se recomienda emplear el nivel de 400 L/ha de hidrólisis de pescado en la quinua var. Salcedo INIA, ya que este nivel permitió alcanzar el mayor rendimiento de grano bajo las condiciones del Centro Experimental Agrícola CEA III “Los Pichones”.

Se recomienda que los agricultores interesados en incorporar hidrolizado de pescado en sus sistemas de producción orgánica consideren la adquisición de este insumo a través de empresas especializadas como HECOSAN, ABOPEZ E.I.R.L. (Pezagro) u otros distribuidores formales presentes en el mercado nacional, a fin de garantizar la calidad del producto, su correcta certificación y su uso adecuado en el manejo agronómico del cultivo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Andualem, B., & Gessesse, A. (2013). Production of microbial medium from defatted brebra (*Milletia ferruginea*) seed flour to substitute commercial peptone agar. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 3(10), 790-797. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60157-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60157-4)
- Anggraini, L., & Suprayitno, E. (2021). The effect of variations in concentration plasticizer sorbitol on the characteristics of edible film made from tilapia fish skin gelatin (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Scientific and Research Publications*, 11(10), 376–381. <https://doi.org/10.29322/IJSRP.11.10.2021.p11844>
- Barrios, T. (2014). *Prueba de rendimiento de 18 cultivares promisorios de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en siembra de otoño en la Yarada Baja “La Esperanza”-Tacna* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann].
- Boukhaffa, C., Boulida, Z., Mzabri, I., Berrichi, A., Kouddane, N., & Erraji, H. (2025). Contribution to the study of the effect of a biofertilizer derived from co-digestion on quinoa cultivation (*Chenopodium quinoa*). En *Abstract Book of the 2024 International Conference*

on Education and Environment (ICEE2024) (pp. 23–23). Science Publishing Group.

Cancino-Espinoza, E., Vázquez-Rowe, I., & Quispe, I. (2018). Organic quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment. *Science of the Total Environment*, 637, 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.029>

Caruso, G., Floris, R., Serangeli, C., & Di Paola, L. (2020). Residuos pesqueros: un tesoro marino aún por descubrir: Fuentes de biomoléculas, métodos de extracción y valorización. *Marine Drugs*, 18(12), 622. <https://doi.org/10.3390/md18120622>

Chávez, B. (2014). *Estudio de pre-factibilidad de una planta productora de hojuelas de tarwi y quinua para el mercado peruano* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú].

Chipana Mendoza, G. J. (2022). Hydropriming y fertilizante líquido de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en el incremento de la germinación y crecimiento radicular en semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista De Investigación E Innovación Agropecuaria Y De Recursos Naturales*, 9(3), 36–45. <https://doi.org/10.53287/pbbn4070bv41t>

- Chura, W. E. T. (2025). Efecto de la Aplicación de biochar e hidrolizado de pescado para el mejoramiento de suelos salinos de la Yarada Los Palos en Tacna, Perú. *Scienceevolution*, 4(2), 123-132.
- Danz, L., & Olaguivel, Q. A. (2016). *Diseño y evaluación de una escarificadora para la extracción de saponina de la quinua – Región Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano].
- Dauksas, E., Slizyte, R., Rustad, T., & Storro, I. (2004). Bitterness in fish protein hydrolysates and methods for removal. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13(2), 101-114.
https://doi.org/10.1300/J030v13n02_09
- De la Cruz, V. Y. V., Cheng, W., & Tawaraya, K. (2023). Yield gap between organic and conventional farming systems across climate types and sub-types: A meta-analysis. *Agricultural Systems*, 211, Artículo 103732. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103732>
- Dirección Regional de Agricultura Tacna [DRAT]. (2023). *Anuario Estadístico Agrícola 2023*.
- Domínguez, H., Iñarra, B., Labidi, J., & Bald, C. (2024). Fish viscera hydrolysates and their use as biostimulants for plants as an

- approach towards a circular economy in Europe: A review. *Sustainability*, 16(20), 8779. <https://doi.org/10.3390/su16208779>
- Edison, Dewita, Karnila, R., & Yoswaty, D. (2020). The hydrolysis of fish protein from giant mudskipper (*Periophthalmodon schlosseri*) using alcalase enzyme. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(3), 1056–1063.
- El-Sayed, E. E., Abd El-Samad, E. E. H., Ahmed, H. A. A., & AbouSekken, M. S. M. (2023). Enhancement of quinoa grain yield and nutritional quality by potassium fertilization combined with foliar spraying of seaweed extract. *Journal of Ecological Engineering*, 24(3), 341-356. <https://doi.org/10.12911/22998993/158384>
- Espíndola, G. (1986). *Respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) al déficit hídrico* [Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados].
- FAO. (2011). *La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*. PROINPA.
- FAO. (2013). *Estado del arte de la quinua en el mundo: Libro de resúmenes*.
- Gamboa, C., Bojacá, C. R., Schrevens, E., & Maertens, M. (2020). Sustainability of smallholder quinoa production in the Peruvian

Andes. *Journal of Cleaner Production*, 264, Artículo 121657.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121657>

Gandarillas, H. (1979). *Botánica de la quinua*. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria.

Gandarillas, H. (1982). *El cultivo de la quinua*. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria.

Giannetto, A., Espósito, E., Lanza, M., Oliva, S., Riolo, K., Di Pietro, S., Abbate, J. M., Briguglio, G., Cassata, G., & Cicerón, L. (2020). Hidrolizados de proteínas de residuos de anchoveta (*Engraulis encrasicolus*): Actividades biológicas in vitro e in vivo. *Marine Drugs*, 18(2), 86. <https://doi.org/10.3390/md18020086>

Gómez, P. L., & Aguilar, C. E. (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. FAO & Universidad Nacional Agraria La Molina.

Heisser, C. B., & Nelson, D. C. (1974). On the origin of the cultivated *Chenopodium*. *Genetics*, 78, 531–538.

Honrado, A., Miguel, M., Ardila, P., Beltrán, J. A., & Calanche, J. B. (2024). From waste to value: Fish protein hydrolysates as a technological and functional ingredient in human nutrition. *Foods*, 13(19), 3120.
<https://doi.org/10.3390/foods13193120>

INIA. (2013a). *Importancia del cultivo de quinua hacia el año internacional 2013*. [Resumen de videoconferencia, octubre de 2012]. Cusco, Perú.

Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2013b). *Quinoa Salcedo-INIA*. Estación Experimental Agraria Illpa Puno. Ministerio de Agricultura, Perú.

Jacobsen, S.-E. (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19(1–2), 167–177.
<https://doi.org/10.1081/FRI-120018883>

Komives, T. (2015). Preface to the first issue of *Ecocycles*. *Ecocycles*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v1i1.18>

Kongruang, S., & Wisuthiphaet, N. (2021). Optimization and characterization freeze dried fish protein hydrolysate production. *E3S Web of Conferences*, 302, 02007.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130202007>

Kuprina, E. E., Kiprushkina, E. I., Abramzon, V. V., Rogozina, E. A., Romanenko, N. Y., Mezenova, O. Y., Grimm, T., & Mörsel, T. (2023). Obtaining and study of peptide compositions based on hydrolysates of collagen-containing fish raw materials.

Fermentation, 9(5), 458.

<https://doi.org/10.3390/fermentation9050458>

Laboratorio Central de Análisis - Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann [LCA-UNJBG]. (2024). *Informe de Análisis N° 020-024 LCA-ESAG*. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tacna.

León, J. (1964). *Plantas alimenticias andinas*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

León, J. M. (2003). *Cultivo de la quinua: Descripción, manejo y producción*. Universidad Nacional del Altiplano.

Lescano, J. L. (1994). *Genética y mejoramiento de cultivos andinos: Quinua, cañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca*. Convenio INADE/PELT-COTESU.

Mironenko, G.A., Zagorskii, I.A., Bystrova, N.A., & Kochetkov, K.A. (2022). The effect of a biostimulant based on a protein hydrolysate of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Molecules*, 27(19), 6663. <https://doi.org/10.3390/molecules27196663>

Mujica, A. (1992). *Granos y leguminosas andinas*. En J. Hernández, J. Bermejo & J. León (Eds.), *Cultivos marginados: Otra perspectiva de 1492* (pp. 183–197). FAO.

- Mujica, A., & Canahua, A. (1989). *Fenología del cultivo de la quinua*. En *Fenología de los cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica*. INIA–PISA.
- Mujica, A., Jacobsen, S.-E., Izquierdo, J., & Marathee, J. P. (2001). *Quinua (Chenopodium quinoa Willd.), ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Capítulo II: Agronomía del cultivo de la quinua*. FAO.
- Niu, J., Zhang, Y.-Q., Liu, Y.-J., Tian, L.-X., Lin, H.-Z., Chen, X., Yang, H.-J., & Liang, G.-Y. (2014). Effects of graded replacement of fish meal by fish protein hydrolysate on growth performance of early post-larval Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Applied Animal Research*, 42(1), 6–15. <https://doi.org/10.1080/09712119.2013.795897>
- Ortiz-Calcina, N., Leon-Ttacca, B., Pauro-Flores, L., Borja-Loza, R., Mendoza-Coari, P. P., & Palao, L. A. (2023). Biofertilización con cepas de *Trichoderma* sp. sobre la nutrición de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA en invernadero. *Bioagro*, 35(2), 105-112. <https://doi.org/10.51372/bioagro352.3>

- Pilco Osco, A. P. (2018). Comparativo de rendimiento de diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el proyecto: productividad tecnología y riesgo del distrito de Sama Inclán.
- Quispe, J. H., & Prudencio, L. M. (2024). Sostenibilidad de la producción de quinua en las comunidades andinas de Anta, Cusco-Perú antes de la pandemia. *Idesia (Arica)*, 42(4), 12-22.
- Risi, J. (1991). La investigación de la quinua en Puno. En L. Arguelles & R. Estrada (Eds.), *Perspectivas de la investigación agropecuaria para el Altiplano* (pp. 209–258). Proyecto de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos (PISA).
- Schupp, J. R., Schupp, H. A., & Bates, M. H. (1993). Effect of foliar applications of fish hydrolysate fertilizer or urea on apple yield and fruit quality. *HortScience*, 28(4), 254C. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.4.254C>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2023). *Datos meteorológicos de la estación Jorge Basadre*.
- SESAN. (2013). *Investigación sobre el cultivo de la quinua o quinoa*. Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional, Gobierno de Guatemala.

- Srinivasan, S. (2021, septiembre 2). Agricultural bio-stimulant activity of fish protein hydrolysate from common silver belly (*Gerres subfasciatus*). *Austin Journal of Agriculture and Crop Sciences*. <https://austinpublishinggroup.com/agriculture-crop-sciences/fulltext/aacs-v6-id1091.php>
- Taaime, N., El Mejahed, K., Choukr-Allah, R., Bouabid, R., Oukarroum, A., & El Gharous, M. (2023). Optimization of macronutrients for improved grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) crop under semi-arid conditions of Morocco. *Frontiers in Plant Science*, 14, Artículo 1146658. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1146658>
- Tapia, G. (1979). *Correlación entre tamaño de grano y rendimiento en grano*. En Congreso Internacional de Cultivos Andinos. Riobamba, Ecuador.
- Tapia, M. E., Sánchez, I., Morón, C., Ayala, G., Fries, A. M., & Bacigalupo, A. (2000). *Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación* (2.^a ed.). FAO. Santiago de Chile, Chile.
- Tejada Vizcarra, J. C., Almanza Quispe, W. S., Tirado Rebaza, L. U. M., Mamani Huarcusi, J. M., Apaza Atencio, J. A., & Muñante Carrillo, K. A. (2024). Comparative evaluation of the effect of biofertilizers on the yield of two varieties of vainita (*Phaseolus vulgaris*

L.). *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 11(2), 57-64.

Tejada Vizcarra, J. C., Tirado Rebaza, L. U. M., Mamani Huarcusi, J. M., Apaza Atencio, J. A., Muñante Carrillo, K. A., & Gomez Aguilar, Y. D. (2025a). Effect of fish waste hydrolysate on the cultivation of lettuce (*Lactuca sativa*) in Tacna, Peru. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 12(1), 13-22.

Tejada Vizcarra, J. C., Tirado Rebaza, L. U. M., Quispe Aro, F. Y., Mamani Huarcusi, J. M., Apaza Atencio, J. A., Muñante Carrillo, K. A., & Gomez Aguilar, Y. D. (2025b). Effect of hydrolysis of fish waste on the cultivation of spinach (*Spinacia oleracea*) in the city of Tacna-Peru. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 12(1), 57-63.

Yauris Quispe, N. (2022). *Factores que influyen en la producción de quinua orgánica en el Distrito de San Jerónimo, Apurímac* [Tesis de pregrado, Universidad Antonio Ruiz de Montoya]. Repositorio Institucional UARM. <https://hdl.handle.net/20.500.12833/2417>

ANEXOS

Anexo 1. Valores promedio de altura de planta (cm)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	t0	t1	t2	t3
BI	132,23	143,91	128,47	130,3
BII	139,89	136,85	136,72	140,73
BIII	131,64	142,27	124,22	138,16
BIV	136,25	128,82	126,23	116,67

Anexo 2. Valores promedio de longitud de panoja (cm)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	t0	t1	t2	t3
BI	50,70	58,08	46,16	42,95
BII	43,83	38,00	36,01	35,96
BIII	58,14	62,30	54,71	64,64
BIV	59,10	58,20	55,01	49,88

Anexo 3. Valores promedio de diámetro de panoja (cm)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	t0	t1	t2	t3
BI	15,77	15,54	19,33	19,86
BII	21,34	20,35	20,96	17,05
BIII	17,49	17,8	8,47	15,18
BIV	15,74	16,6	12,74	11,11

Anexo 4. Valores promedio de peso de panoja (g)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	t0	t1	t2	t3
BI	46,62	54,9	43,06	45,56
BII	41,75	38,23	33,96	33,94
BIII	55,45	58,44	51,62	61,72
BIV	57,35	55,93	50,24	47,87

Anexo 5. Valores promedio de peso de grano por planta (g)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	t0	t1	t2	t3
BI	17,50	19,00	26,50	18,60
BII	22,40	19,80	28,60	24,70
BIII	20,30	16,40	31,80	23,70
BIV	21,90	19,00	25,50	14,60

Anexo 6. Valores promedio de rendimiento total (t/ha)

BLOQUES	TRATAMIENTOS			
	t0	t1	t2	t3
BI	1,62	1,57	1,97	1,49
BII	1,32	1,80	2,00	1,65
BIII	1,36	1,79	2,01	1,75
BIV	1,41	1,36	1,86	1,60

Anexo 7. Análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA
LABORATORIO CENTRAL DE ANALISIS



INFORME DE ANALISIS N°020-024 LCA-ESAG

I. INFORMACION PRELIMINAR

SOLICITANTE : Alexandra Anquise Apaza
DIRECCION : Asoc. Villa Caplina II etapa Mz. D Lt. 08
TIPO DE MUESTRA : Suelo N° M- 01
SERVICIO SOLICITADO : Análisis Caracterización de Suelo
FECHA DE MUESTREO : 22 de Diciembre del 2023
ZONA DE MUESTREO : Fundo: Centro Experimental Agrícola CEA III Parc. 5 Pichones
CULTIVO ANTERIOR : Quinua
CULTIVO A INSTALAR : Brócoli
PRESENTACION : Bolsa de polietileno
FECHA DE RECEPCION : 19 de Marzo del 2024
FECHA DE ANALISIS : 01 de Abril del 2024

REGION : TACNA
PROVINCIA : TACNA
DISTRITO : TACNA

II. RESULTADO ANALISIS DE CARACTERIZACION EN SUELOS

COD.LAB.	ANALISIS MECANICO				ANALISIS QUIMICO				ELEMENTOS DISPONIBLES		
	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	CLASE TEXTURAL	CO ₃ Ca %	pH	C.E. mS/cm	MAT.ORG. %	NITROG %N.	FOSFORO ppm P	POTASIO ppm K
020.024	75.68	6.32	18	A. Fr.	0.00	5.9	3.34	0.42	0.30	4.61	507

Abreviaturas: A. Fr. = Arenoso franco C.E. = Conductividad Eléctrica mS/m = milisiemens por cm = mmho Por cm % = Porcentaje
ppm = partes por millón pH Y C.E. = Pasta Saturada CO₃Ca = Carbonato de Calcio

COD.LAB	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO DE CATIONES CAMBIABLES					CIC Capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs	PSI Porcentaje de sodio Intercambiable %
	Ca++ meq/100gs	Mg++ meq/100gs	K+ meq/100gs	Na+ meq/100gs	Acidez Cambiable H+ Al+++		
020.024	6.2	2.76	2.54	1.43	0.9	13.83	10.34

Abreviaturas: CIC=capacidad de Intercambio Catiónico meq/100gs = miliequivalentes x 100gs de suelo

PSI= Porcentaje de sodio Intercambiable

III. INTERPRETACION DE LOS ANALISIS DE CARACTERIZACION

COD. LAB	CO ₃ Ca	pH	C.E.	MAT. ORG.	NITROG.	FOSFORO	POTASIO
020.024	Deficiente	Moderadamente Acido	Muy Salino	Deficiente	Alto	Bajo	Muy Alto
COD. LAB	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO BASES CAMBIABLES				CIC	PSI	
	Ca++	Mg++	K+	Na+			
020.024	Medio	Medio	Muy alto	Alto	Medio	Medio	

Tacna, 01 de Abril del 2024

Realizado por:

Anexo 8. Panel fotográfico



Fotografía 1. Preparación del hidrólisis de pescado.



Fotografía 2. Preparación del terreno e instalación de cintas de riego.



Fotografía 3. Delimitación de bloques en el área experimental.



Fotografía 4. Emergencia del cultivo de quinua variedad Salcedo INIA.



Fotografía 5. Etapa de panojamiento de la quinua.



Fotografía 6. Evaluación de altura de planta.



Fotografía 7. Evaluación de diámetro y longitud de panoja.



Fotografía 8. Corte de plantas de quinua para el desgrane.



Fotografía 9. Desgrane y tamizaje de granos de quinua.



Fotografía 10. Peso de grano de quinua por planta.



Fotografía 11. Peso de granos de quinua por tratamiento.