

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

Niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea L.*) Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho - 2024

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:
Bach. Eder MOLINA YUCRA

ASESOR:
Ing. Edgar TENORIO MANCILLA

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A **Dios**, por haberme permitido llegar hasta este punto y darme salud en todo momento de mi vida para lograr mis objetivos.

A mi adorable madre, **Felicidad Yucra Curo**, por ser mi fortaleza en mi vida cotidiana, por su permanente apoyo incondicional en mi formación personal y profesional.

A mi abuelita, **Pascuala Curo Huamán (+)**, por tus cuidados en el tiempo que hemos vivido juntos, por el amor que me diste, estés donde estés mama Pascuala.

A mi hermana, **Kelly Molina Yucra**, por su apoyo, amor incondicional y acompañarme en cada etapa de mi vida.

A mis tíos y primos, que siempre estuvieron presente y me dieron su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga**, Alma Mater de mi formación profesional.

A la gloriosa **Facultad de Ciencias Agrarias**, en especial a la **Escuela Profesional de Agronomía** por acogerme en su prestigioso ambiente.

A los docentes por las enseñanzas impartidas contribuyeron en mi formación académica y profesional.

A mi asesor Ing. **Edgar Tenorio Mancilla**, por brindarme su tiempo, conocimientos y supo orientarme en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE GENERAL	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ANEXOS	10
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I.....	14
1. MARCO TEÓRICO	14
1.1. Antecedentes	14
1.2. Cultivo de espinaca,.....	16
1.2.1. Generalidades	16
1.2.2. Clasificación taxonómica de espinaca.....	20
1.2.3. Descripción botánica	20
1.2.4. Requerimiento edafoclimático.....	20
1.2.5. Importancia nutricional.....	21
1.2.6. Enfermedades y plagas importantes de espinaca.....	21
1.2.7. Fenología de espinaca.....	23
1.2.8. Kc y duración de fenología de espinaca	24
1.3. Manejo agronómico de espinaca.....	24
1.4. Fertilización de espinaca.....	26
1.4.1. Requerimientos nutricionales	26
1.4.2. Fuentes orgánicas	27
1.5. Esquema general de la formación de MO.....	28
1.5.1. Descomposición.....	29

1.5.2. Relación de C/N.....	29
1.6. Broza de quinua	29
1.7. Variedades en el rendimiento.....	31
CAPÍTULO II.....	32
2. METODOLOGÍA.....	32
2.1. Localización del proyecto	32
2.1.1. Ubicación específica.....	32
2.1.2. Ubicación política.....	32
2.1.3. Ubicación geográfica.....	32
2.1.4. Ubicación ecológica	32
2.2. Datos de la investigación	34
2.3. Características climáticas.....	34
2.4. Material biológico.....	35
2.5. Características del suelo.....	36
2.6. Variables	37
2.6.1. Operacionalización de los variables	37
2.7. Método procedimental	38
2.7.1. Diseño experimental.....	38
2.7.2. Análisis estadístico	38
2.7.3. Tratamientos	38
2.7.4. Características de las unidades experimentales	40
2.7.5. Instalación y conducción del cultivo	40
2.7.6. Evaluación de los factores de productividad	42
CAPÍTULO III	43
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1. Altura de la planta.....	43
3.2. Ancho de limbo de la hoja	47

3.3. Longitud de limbo de la hoja	50
3.4. Número de hojas	52
3.5. Rendimiento por hectárea	55
3.6. Correlación de las variables	59
3.7. Análisis de rentabilidad económico	60
CONCLUSIONES.....	63
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Superficie sembrada de espinaca por regiones de las campañas agrícolas 2020 – 2021 en hectáreas.....	17
Tabla 1.2. Cantidad cosechada de espinaca a nivel nacional y mensual en toneladas para campaña 2021	18
Tabla 1.3. Variación del precio de espinaca manual a nivel regional (S/. kg), campaña 2021.	19
Tabla 1.4. Promedio mensual de los precios unitarios por kilogramo de espinaca a nivel nacional.....	19
Tabla 1.5. Composición nutricional de 100g de peso crudo de espinaca	21
Tabla 1.6. Duración de cada fase fenológica de espinaca y coeficiente del cultivo.....	24
Tabla 1.7. Requerimientos nutricionales de espinaca en función del rendimiento de su materia seca.	26
Tabla 1.8. Composición de broza de semillas de quinua.....	30
Tabla 2.1. Mapa de localización del área de investigación	33
Tabla 2.2. Balance hídrico según los registros meteorológicos de los años 2022 – 2023, Ayacucho – Huamanga.....	34
Tabla 2.3. Características del suelo según resultados de laboratorio de la comunidad de Santiago de Huatatas 2637 msnm.....	36
Tabla 2.4. Características de la broza de semillas de quinua según resultados de laboratorio.	36
Tabla 2.5. Operacionalización de los variables dependientes e independientes.....	38
Tabla 2.6. Descripción de los tratamientos.....	39
Tabla 2.7. Descripción de las características de las unidades experimentales.	40
Tabla 2.8. Dosificación de abonado de fondo con broza de quinua en los tratamientos.....	41
Tabla 3.1. Análisis de varianza de altura promedio de la planta de espinaca bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm	43
Tabla 3.2. Análisis de varianza de ancho de limbo de la hoja de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.	47
Tabla 3.3. Análisis de varianza de la longitud de limbo de la hoja de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.	50
Tabla 3.4. Análisis de varianza de número de hojas de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.	52

Tabla 3.5. Análisis de varianza de rendimiento de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.	55
Tabla 3.6. Costos de producción según los tratamientos.....	60
Tabla 3.7. Rentabilidad económica financiera porcentaje de rentabilidad y B/C	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Porcentaje de área sembrada de espinaca por regiones y por año	17
Figura 1.2. Cantidad cosechada de espinaca por regiones y por año	18
Figura 1.3. Esquema general de la evolución de la materia orgánica.	28
Figura 2.1. Balance hídrico referencial para el área de la parcela experimental de Canaán 2750 msnm	35
Figura 2.2. Esquemmatización del croquis para distribución en campo	40
Figura 3.1. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de la altura promedio de la planta de espinaca, en función de los efectos simples de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.	44
Figura 3.2. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de la altura promedio de la planta de espinaca, en función de comparación de variedades en cada nivel de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.	44
Figura 3.3. Modelo de regresión de la altura promedio de la planta en función de los efectos de niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm; Error! Marcador no definido.	
Figura 3.4. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de la variedad y niveles de broza de quinua en ancho de limbo de la hoja en Santiago de Huatatas 2637 msnm.	48
Figura 3.5. Modelo de regresión de ancho del limbo promedio en función de los efectos de niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm	49
Figura 3.6. Modelo de regresión del efecto de niveles de broza de quinua en longitud de limbo de la variedad Panthera en Santiago de Huatatas 2637 msnm	51
Figura 3.7. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del efecto principal de la variedad y niveles de broza de quinua en número de hojas de espinaca en Santiago de Huatatas 2637 msnm	53
Figura 3.8. Modelo de regresión de número de hojas de variedad Panthera bajo el efecto de niveles de broza en Santiago de Huatatas 2637 msnm	54
Figura 3.9. Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del efecto principal de variedades en rendimiento de espinaca por hectárea en Santiago de Huatatas 2637 msnm	56
Figura 3.10. Regresión del rendimiento de las variedades de espinaca en los niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm	58
Figura 3.11. Interacción de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm	58

Figura 3.12. Correlación Pearson (r) de las variables de respuesta evaluadas en cultivo de espinaca en Santiago de Huatatas 2637 msnm	59
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Costo de producción de los tratamientos	72
Anexo 2. Datos de campo por tratamientos.....	80
Anexo 3. Análisis de suelos de la parcela experimental.....	81
Anexo 4. Análisis de broza de semillas de quinua	82
Anexo 5. Panel fotografió del trabajo.....	83

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el ámbito de la comunidad de Santiago de Huatatas, distrito de Tambillo, región Ayacucho. El objetivo fue evaluar la influencia de los niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento y beneficio económico de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). Se analizaron cuatro caracteres agronómicos cuantitativos y la rentabilidad económica por cada tratamiento. Se utilizó Diseño de Bloques Completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2Vx4N, con ocho tratamientos, resultante de la interacción entre dos variedades de espinaca (Thor F1 y Panthera) y cuatro niveles de broza de quinua (0, 5, 10 y 15 t ha⁻¹), con tres repeticiones y un total de 24 unidades experimentales (U.E). La aplicación de 15 t ha⁻¹ de broza de quinua tuvo un efecto positivo en la altura de la planta, el ancho del limbo foliar y el número de hojas, sin embargo, no se encontró significancia estadística en la longitud del limbo ni en el rendimiento por hectárea, lo que sugiere respuestas similares en estos parámetros. En la influencia de las variedades, Thor F1 presentó la mayor altura promedio de planta (16.71 cm), mientras que Panthera registró el mayor ancho promedio de hoja (11.05 cm). No se observó en influencia significativa en la longitud del limbo foliar. En el número de hojas, Panthera fue superior, con un promedio de 13.05 hojas por planta. En rendimiento por hectárea, Panthera mostró una diferencia estadísticamente significativa, alcanzando 21.52 t ha⁻¹, superando a Thor F1, 18.67 t ha⁻¹. La rentabilidad económica mostró en valor Beneficio/Costo (B/C), donde los tratamientos con los valores más rentables fueron T7 (Panthera + Broza 10.0 t ha⁻¹) y T8 (Panthera + Broza 15.0 t ha⁻¹), con 2.61 y 2.66, respectivamente. Esto significa que en estos tratamientos se obtuvo un retorno de 1.61 y 1.66 soles por cada sol invertido, respectivamente.

Palabras clave: *Spinacia oleracea*, broza de quinua, variedades, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La espinaca (*Spinacea oleracea L.*), constituye un cultivo de alta demanda debido a su notable valor nutricional, su corto ciclo fenológico y su versatilidad en la gastronomía. Sin embargo, su productividad puede verse comprometida por la competencia por recursos esenciales, como agua, radiación fotosintéticamente activa y nutrientes, especialmente en presencia de residuos vegetales como la broza de semillas de quinua. En este contexto, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar el impacto de diferentes niveles de broza de quinua sobre el rendimiento agronómico de dos variedades de espinaca, bajo condiciones agroecológicas de la localidad de Santiago de Huatas. Este enfoque busca esclarecer el efecto de dichos residuos en el crecimiento y la productividad del cultivo en ambientes de elevada altitud, contribuyendo así a generar información útil para el manejo agronómico en sistemas productivos andinos altitud (Fonseca & Calderón, 2021).

Desde la antigüedad, los fertilizantes sintéticos se han utilizado con mayor frecuencia en la producción de hortalizas; Hoy en día, el 85% de toda la producción agrícola mundial utiliza estos productos de manera inapropiada para obtener alto rendimiento en la producción. El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en el suelo genera efectos negativos como acidificación, salinización, pérdida de biodiversidad y provoca la degradación del suelo con el tiempo. (Asela et al., 2014). En este contexto, las iniciativas gubernamentales deberían orientarse no solo a garantizar la producción de alimentos, sino también a promover el uso de alternativas como materia orgánica que sustituyan, parcialmente, a los fertilizantes sintéticos (Avilés, 2022).

La materia orgánica mejora las propiedades del suelo y constituye una práctica fundamental para la conservación y mejoramiento del suelo, al estar directamente relacionada con la fertilidad, la estabilidad estructural y la actividad biológica del suelo. Al incorporar materia orgánica al suelo desempeña un papel fundamental que aporta nutrientes esenciales para los cultivos, favorece la formación de agregados estables y una buena estructura granular; los suelos así son más porosos y tienden a permanecer abiertos para absorber el agua de lluvia, mejorando la infiltración y evitando daños por escorrentía (Tineo, 1994).

Según Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023), la producción nacional del cultivo de espinaca en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022 fueron 25,460, 28,643,

29,855, 31,327 y 29,399 toneladas métricas, evidenciando una tendencia general creciente asociada al incremento poblacional y a la mayor demanda de este cultivo. En la región de Ayacucho, la espinaca goza de un alto valor económico y cultural, sustentado tanto en su versatilidad culinaria como en sus propiedades nutricionales, en un contexto agroecológico caracterizado por diversos nichos favorables para su desarrollo. No obstante, la maximización de los rendimientos se ve limitada por la escasa información sobre el efecto y las dosis óptimas de materia orgánica en las diferentes variedades cultivadas.

La presente investigación se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por las Naciones Unidas, orientados a fomentar sistemas de producción de alimentos ambientalmente responsables. Su finalidad principal es disminuir la dependencia del uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos, promoviendo la incorporación de materia orgánica como alternativa viable para suplir, de manera parcial, los requerimientos nutricionales del cultivo. Asimismo, los resultados generados se proyectan como un aporte relevante para el desarrollo de investigaciones posteriores por parte de estudiantes y académicos, y como una herramienta de referencia práctica para los productores hortícolas.

La presente investigación tiene por objetivo buscar alternativas de aprovechamiento de las materias orgánicas, se detallan a continuación:

Objetivo general:

Evaluar la influencia de los niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento y beneficio económico de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.), en condiciones de Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho, 2024.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la influencia de los niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).
2. Evaluar la influencia de las variedades en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).
3. Evaluar la influencia de broza de semillas de quinua y variedades en el beneficio económico de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Choque (2010) realizó el trabajo de investigación de los efectos de materia orgánica compostada de estiércol de llama y brozas de quinua en cultivo de quinua, en condiciones de La Paz, Bolivia. Evaluaron las variables: número de plántulas emergidas en campo, altura de la planta, diámetro de tallo, número de axilas, longitud de panoja, diámetro de panoja, peso de 100 semillas, peso de grano/planta, diámetro de grano y peso de grano/m². Como resultado, la variedad Huganda produjo en una escala de 550 kg ha⁻¹ menor para una dosis de 9000 kg ha⁻¹ de compost, según los resultados encontrados para el rendimiento de grano en las cinco variedades. Sin embargo, para una dosis de 2250 kg ha⁻¹ de compost, se alcanzó un rendimiento de 690 kg ha⁻¹, indicando una diferencia significativa entre las variedades.

Canteño (2022) en la investigación titulada “Efecto del abonamiento con fuentes orgánicas en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* var. viroflay), en condiciones edafoclimáticas de Choras, Yarowilca”. El objetivo fue determinar los efectos del abonamiento con fuentes orgánicas en el rendimiento de espinaca. Utilizaron el diseño de Bloques al Azar (DBCA), las fuentes orgánicas de gallinaza (T2), ovino (T3), vacuno (T4) y cobayo (T5), se evaluaron la longitud del peciolo, longitud de lámina foliar, número de hojas, y peso de planta sin raíz; al cabo de 89 días después del trasplante se cosecharon las espinacas. Los resultados del estudio indican que las fuentes orgánicas mostraron diferencias estadísticas sobre todas las variables evaluadas. Concluyó que la fuente orgánica de cobayo destacó estadísticamente en todas las variables evaluadas, excepto en la longitud de hojas, donde hubo semejanza estadística con la fuente orgánica de vacuno.

Jayo (2018) en la investigación titulada “Niveles de guano de isla y dosis de microorganismos eficaces en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) Canaán, 2750 msnm – Ayacucho”, fue determinar el nivel de guano de isla (MO) y dosis de microorganismos eficaces - EM que mejoren el rendimiento de espinaca para recomendar su uso. Los factores en estudio fueron: Niveles de guano de isla ($g1 = 1.0 \text{ t ha}^{-1}$; $g2 = 2.0 \text{ t ha}^{-1}$) y dosis de EM ($d1 = 00\%$ de EM; $d2 = 2\%$ de EM; $d3 = 4\%$ de EM; $d4 = 6\%$ de EM; y $d5 = 8\%$ de EM), se condujo dentro de un DBCR, como resultado obtuvieron, con las dosis 8 y 6% de EM aplicado al cultivo se alcanzó 16.72 cm de longitud de planta, 7.02 cm de ancho de limbo, 8.27 cm de longitud de limbo y 9 - 11 hojas por planta. Los niveles de guano de isla no tuvieron influencia en estas variables. Con la dosis 8 y 6% de EM aplicados se alcanzaron los mayores rendimientos, con 8.11 y 8 t ha^{-1} . Con el nivel de 2.0 t ha^{-1} de guano de isla se alcanzó 7.58 t ha^{-1} . El mayor contenido de materia seca se obtuvo con 2 t ha^{-1} de guano de isla con 52.11 kg ha^{-1} .

Callizaya (2018) en la investigación titulada “Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* l.) bajo condiciones de ambiente protegido en el municipio de el alto” el objetivo del trabajo evaluar el efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del cultivo de espinaca en ambiente protegido. Se incorporación de niveles de estiércol de ovino: 1.5, 3 y 6 kg/m^2 bajo un arreglo en parcelas divididas y un diseño de bloques completos al azar. Como resultado obtuvieron, para el rendimiento de materia verde se obtuvo en promedio con los niveles de estiércol (1.5, 3 y 6 kg m^{-2} de estiércol de ovino) en la variedad Jamaica ($N1=0.469 \text{ kg m}^{-2}$, $N2=0.655 \text{ kg m}^{-2}$ y $N3=0.973 \text{ kg m}^{-2}$) y con la variedad Viroflay ($N1=0.417 \text{ kg m}^{-2}$, $N2=0.625 \text{ kg m}^{-2}$ y $N3=0.900 \text{ kg m}^{-2}$), se obtuvo mayor rendimiento con el nivel tres

Huerta (2016) en la investigación titulada “Evaluación del efecto del guano de isla y EM en el rendimiento del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L) en el distrito y provincia de Recuay-Ancash”. Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de Guano de Isla y Microorganismos Eficaces activos, sobre el rendimiento del cultivo de espinaca. El diseño experimental usado fue el de Diseño de bloques completos al azar. Con 3 tratamientos y 3 repeticiones. Como resultado obtuvieron que el tratamiento T2 (2 t/ha de guano de isla + 20 L de Microorganismos Eficaces activos /ha). Ha arrojado mayor rendimiento con 21,728 Kg/ha. La aplicación del guano de isla y Microorganismos Eficaces activos (EM) son favorables en la agricultura. La dosis óptima es de 2 t/ha de guano de isla + 20 L de Microorganismos Eficaces activos /ha.

1.2. Cultivo de espinaca,

1.2.1. Generalidades

Uno de los orígenes de espinaca fue Persia, que luego fue masificada a toda Europa en los años 1000 d. C. Luego, en los países de Holanda, Inglaterra y Francia fue establecido para su explotación y comercialización; finalmente, años más tarde fue introducida a América. La planta pertenece a la familia Chenopodiaceae (Arias et al., 2010).

La espinaca es un cultivo anual, se puede distinguir dos clases de espinacas por su morfología de semillas, uno con semilla espinosa y con semilla lisa esférico. Este cultivo se aprovecha en su etapa inicial (etapa hortícola). Comúnmente, esta planta tiene característica dioica, es decir, existen plantas con flores únicamente masculinas y femeninas; sin embargo, también puede haber plantas monoicas (posee flores masculinas y femeninas) y hermafroditas. Las plantas femeninas son más productivas, en un gramo puede haber un promedio de 90 a 110 semillas (Serrano, 1976).

Los principales países que importan la espinaca son: Canadá, Reino Unido, Alemania, Holanda, Singapur. Se importa un volumen total promedio de 130.755 toneladas a nivel mundial (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015). La producción de espinaca en otros países como Colombia, alcanzan extensiones de 330 hectáreas de área cultivada con productividad de 7,074 toneladas (Fonseca & Calderón, 2021). Para el año 2021, la producción nacional de hortalizas en el Perú generó un valor bruto de 2,906.0 millones de soles (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2021). La producción nacional para el año 2014 alcanzó 30,499 toneladas, mientras, en la región Ayacucho no se registró una producción significativa (INEI, 2014).

Tabla 1.1

Superficie sembrada de espinaca por regiones de las campañas agrícolas 2020 – 2021 en hectáreas

Región	Total	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul
Nacional	1,487	132	185	141	136	94	99	140	121	114	110	109	108
Amazonas	14	-	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2
Áncash	162	13	14	13	14	13	12	15	16	11	14	14	13
Apurímac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arequipa	13	1	2	-	-	1	-	1	6	-	-	1	1
Ayacucho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huánuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ica	43	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5
Junín	670	77	113	84	67	21	31	43	50	51	40	45	48
La Libertad	36	2	3	3	2	1	3	4	6	3	5	5	2
Lambayeque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima	171	3	16	10	17	14	24	32	9	14	20	4	8
Lima Metropolitana	334	28	28	22	26	35	20	38	26	26	25	33	27
Loreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	44	4	5	5	5	4	4	3	3	3	2	3	3
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (MIDAGRI, 2022)

En la Figura 1.1 construido a partir de la Tabla 1.1, se muestra que, a nivel nacional, Junín engloba el 45.07% de producción mensual de espinaca, seguido por Lima Metropolitana, 22.47%; Lima, 11.50% y Áncash, 10.90%.

Figura 1.1

Porcentaje de área sembrada de espinaca por regiones y por año

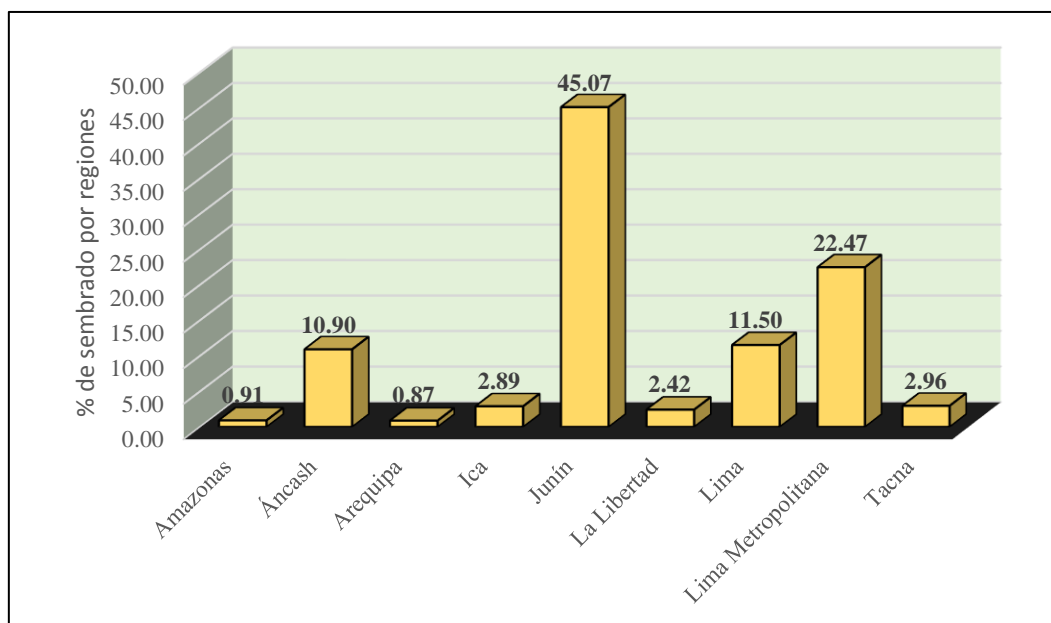


Tabla 1.2*Cantidad cosechada de espinaca a nivel nacional y mensual en toneladas para campaña 2021*

Región	Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total anual
Nacional	20,644	21,888	21,590	20,209	18,814	20,201	19,962	19,980	21,809	22,239	21,418	21,526	18,717	
Amazonas	7,161	7,415	7,409	7,420	-	7,400	7,000	7,200	6,800	-	6,800	6,900	6,848	78,352
Áncash	8,343	8,692	8,385	8,417	8,357	8,067	8,400	8,143	8,143	8,267	8,385	8,214	8,714	108,526
Arequipa	48,436	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,416	52,852
Ayacucho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huánuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ica	5,045	5,291	5,314	5,343	5,314	5,400	5,371	5,114	4,800	3,978	5,467	5,133	4,364	65,936
Junín	26,617	25,596	25,981	25,340	26,913	26,243	26,826	26,982	27,215	27,261	27,069	27,353	26,785	346,181
La Libertad	21,990	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	22,000	21,920	22,000	22,000	22,000	285,910
Lambayeque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima	7,191	7,050	6,594	7,508	7,593	7,294	7,210	7,358	6,700	7,000	7,400	6,995	6,833	92,725
Lima Metropolitana	21,459	22,050	21,236	22,787	21,610	20,316	21,418	21,760	21,335	21,583	21,301	21,049	21,306	279,212
Loreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	16,024	15,800	16,400	15,750	16,500	16,000	16,333	16,333	15,500	16,000	15,667	15,667	16,000	207,974
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,517,670

Fuente: (MIDAGRI, 2022)

En la Figura 1.2 construida a partir de la Tabla 1.2, se muestra la cantidad de cosecha anual realizada por regiones y anual del cultivo de espinaca. Donde se aprecia que la región Junín tiene una cosecha representativa de 22.81% a nivel nacional, seguida por La Libertad, 18.84%; Lima Metropolitana, 18.40%; Tacna, 13.70%.

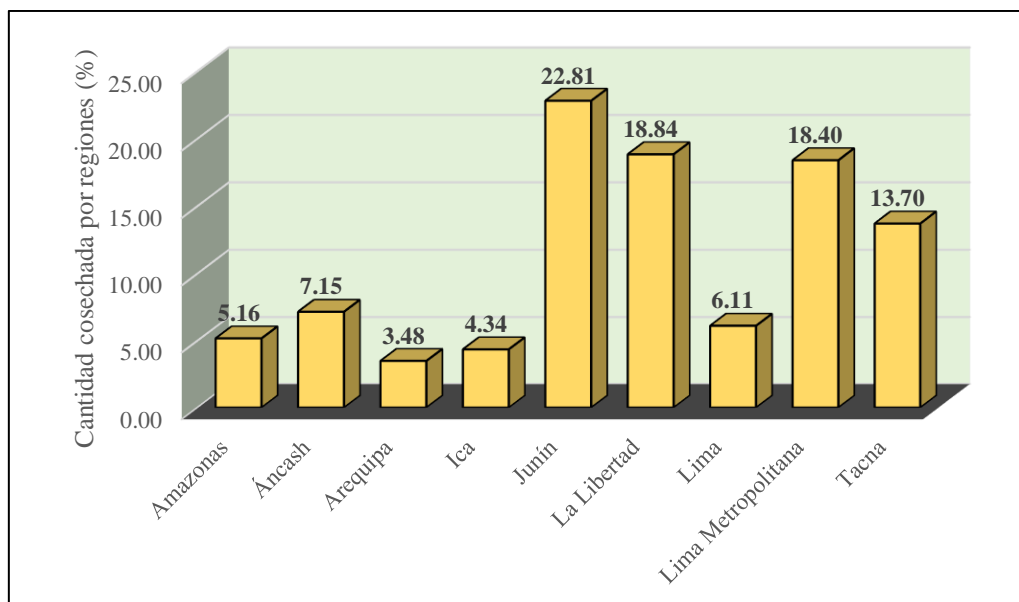
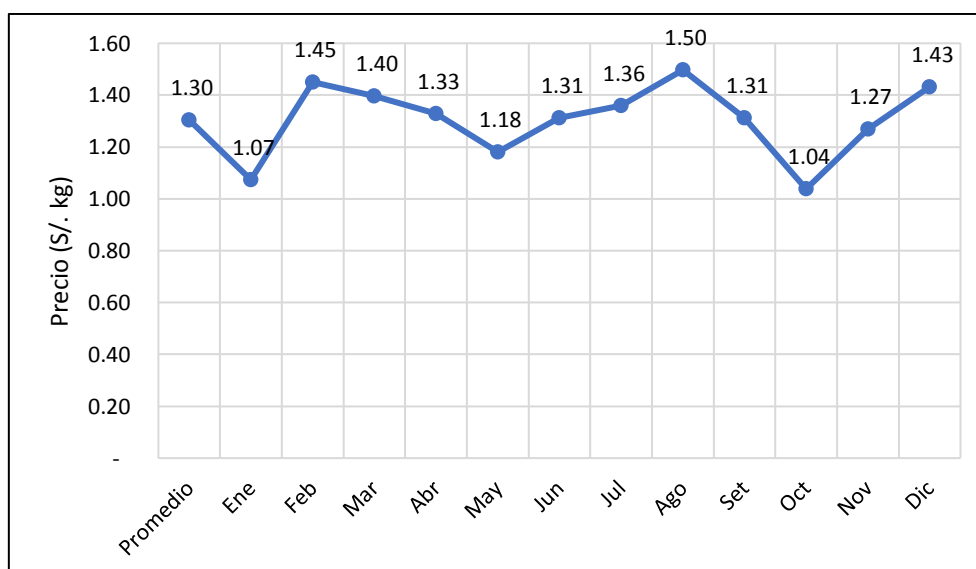
Figura 1.2.*Cantidad cosechada de espinaca por regiones y por año*

Tabla 1.3*Variación del precio de espinaca manual a nivel regional (S/. kg), campaña 2021.*

Región	Promedio	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom.
Nacional	1.30	1.07	1.45	1.40	1.33	1.18	1.31	1.36	1.50	1.31	1.04	1.27	1.43	
Amazonas	0.81	0.47	0.83	0.80	-	0.83	0.82	0.82	0.86	-	0.86	0.85	0.87	0.68
Ancash	1.52	1.57	1.43	1.36	1.39	1.49	1.59	1.55	1.55	1.52	1.55	1.63	1.63	1.52
Apurímac	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arequipa	1.24	1.18	1.43	1.25	1.20	0.98	1.36	1.40	1.26	1.27	1.15	1.16	1.35	1.25
Ayacucho	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cajamarca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cusco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huancavelica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huánuco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ica	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.91	0.91	0.91	0.91	0.92	0.91	0.92	0.94	0.92
Junín	1.35	1.08	1.65	1.94	1.57	1.21	1.16	1.35	1.57	1.28	0.92	1.26	1.49	1.37
La Libertad	2.72	0.99	1.30	2.20	2.20	2.26	3.80	3.70	3.50	3.56	3.80	2.60	2.29	2.69
Lambayeque	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima	1.70	1.21	1.44	1.74	1.54	2.09	2.05	2.00	1.29	1.67	1.52	1.73	1.30	1.64
Lima Metropolitana	0.88	0.84	0.83	0.80	0.82	0.86	0.85	0.96	0.90	0.92	0.91	0.91	0.96	0.88
Loreto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Moquegua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasco	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Piura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Puno	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
San Martín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tacna	1.70	1.54	1.50	1.60	1.50	1.50	1.53	1.77	2.00	1.93	1.86	1.97	2.13	1.73
Tumbes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ucayali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: (MIDAGRI, 2022)

En la Figura 1.4 elaborado a partir de la Tabla 1.3, se muestra fluctuación mensual promedio de los precios de espinaca por kilogramo, donde en el mes de agosto alcanza precio máximo de 1.50 soles; mientras el precio mínimo se reporta en el mes de octubre, 1.04 soles. El precio promedio por kilogramo a nivel nacional resulta 1.30 soles.

Tabla 1.4*Promedio mensual de los precios unitarios por kilogramo de espinaca a nivel nacional*

1.2.2. Clasificación taxonómica de espinaca

La clasificación taxonómica del cultivo de espinaca es de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
Subreino	: Fanerógama
División	: Angiosperma
Clase	: Dicotyledoneae
Subclase	: Archichlamydeae
Orden	: Centrospermae
Familia	: Chenopodiaceae
Género	: Spinaeceae
Especie	: <i>Spinacea oleracea</i> L.

Fuente: (Moroto, 1992, como se citó en Jayo, 2018).

1.2.3. Descripción botánica

Arias et al. (2010) realiza la descripción botánica de la siguiente manera:

- a. Raíz.** Su raíz es de tipo pivotante con escasa ramificación, donde la masa radicular se encuentra superficial.
- b. Tallos.** Los tallos varían entre 30 cm a 100 cm, y es donde ubican las flores.
- c. Hojas.** Las hojas son pecioladas, alternas y de consistencia variable a acuerdo a la variedad. Presentan coloración verde oscuro, peciolo cóncavo con largo variable.
- d. Flores.** Presenta flores tanto masculinas y femeninas; las primeras están en grupo de 6 a 12 en las espigas apicales y axilares conformados por perianto de 4 a 5 pétalos con 4 estambres. Las segundas están agrupadas en glomérulos axilares conformados por perianto tetrudentada, tiene ovario uniovular, con estilo único, con estigma segmentado en 3 a 5 partes. La espinaca (*Spinacia oleracea*) es **alógama**, es decir, se poliniza principalmente de forma cruzada entre plantas distintas

1.2.4. Requerimiento edafoclimático

Puede soportar temperaturas por debajo de 0°C temporalmente, pero la temperatura mínima para su desarrollo normal es 5°C. La espinaca se desarrolla muy bien en suelos fértiles,

profundos y bien drenados, con textura media. En pH inferior a 6.5 su desarrollo se ve afectado, considerándose óptimo 6.5 a 6.8; este cultivo se adapta muy bien a altitudes en rangos de 1430 a 2800 msnm, con precipitaciones entre 1300 a 1600 mm, con rangos de temperatura de 8.8 a 29.2°C, siendo el óptimo entre 14 a 18°C (Arias et al., 2010). La duración de 14 horas luz diurna induce a que la planta pase de fase vegetativa (roseta) a la fase de elevación (emisión de tallo y flores) (Paz & Valencia, 2014).

1.2.5. Importancia nutricional

La espinaca se consume en sus diversas formas, como hortaliza en verde, en polvo, para ensaladas, tiene usos farmacéuticos (Paz & Valencia, 2014). La espinaca aporta vitaminas y minerales en la alimentación, siendo indispensable para prevenir muchas enfermedades a causa de nutrición ineficiente. Aporta vitamina K que participa en la coagulación sanguínea, aporta hierro que es esencial constituyente de hemoglobina y mioglobina, aporta ácido fólico, vitaminas hidrosolubles (Arias et al., 2010).

Tabla 1.5

Composición nutricional de 100g de peso crudo de espinaca

Composición	Valores
Calorías	22 kcal.
Proteína	2.90 g
Grasa	0.40 g
Carbohidratos	3.40 g
Fibra	3.20 g
P	49.0 mg
Ca	94.0 mg
Fe	2.70 mg
Na	79.0 mg
K	558.0 mg
Zn	0.530 mg
Cu	0.130 mg
Mn	0.90 mg
Vitamina A	6715 UI
Ácido fólico	194.0 mg
Acido ascórbico	28.0 mg

Fuente: Arias et al. (2010)

1.2.6. Enfermedades y plagas importantes de espinaca

La espinaca tiene enfermedades comunes de los hongos del suelo de *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, etc., la incidencia es principalmente en los primeros días o periodos de la planta. Como controles culturales se recomienda rotación de cultivos. A nivel de follaje, entre

las enfermedades importantes están la *Cercospora*, *Peronospora*, *Alternaria*, *Botrytis*, *Albugo* y *Antracnosis* (Serrano, 1976). Los denominados como damping off o chupadera están *Pythium nees*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium tode*; los que producen manchas foliares, *Colletotrichum dematium*, *Cladosporium macrocarpum*, *Alternaria* sp., mildiu veloso, *Peronospora farinosa* (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

Las enfermedades más importantes del cultivo de espinaca se describen a continuación, basado en bosquejos bibliográficos:

- a. **Mildiu (*Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae*):** El mildiu es una de las enfermedades más frecuentes y perjudiciales para el cultivo de espinaca. Provocado por un hongo, afecta principalmente las hojas, dejando manchas amarillas en la parte superior y un moho gris o púrpura en la parte inferior. Esta enfermedad prospera en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas, por lo que suele ser un problema recurrente en climas templados (Niño et al., 2011).
- b. **Cladosporiosis (*Cladosporium* spp.):** Esta enfermedad causada por un hongo deja manchas marrones o negras en las hojas, lo que afecta la calidad de la espinaca. Las temperaturas cálidas y la humedad son condiciones que favorecen su propagación. Si no se controla a tiempo, puede provocar una defoliación grave, dañando aún más la planta (Niño et al., 2011).
- c. **Alternariosis (*Alternaria* spp.):** La alternariosis afecta principalmente las hojas de la espinaca, dejando manchas circulares de color marrón oscuro con bordes amarillos. Con el tiempo, estas manchas pueden fusionarse, lo que provoca la muerte del tejido de las hojas. Esta enfermedad se propaga rápidamente cuando hay alta humedad y temperaturas cálidas (Niño et al., 2011).
- d. **Stemphylium (*Stemphylium botryosum*):** Este hongo genera manchas marrones o negras en las hojas, parecidas a las de *Alternaria*, pero con bordes más marcados. Las hojas afectadas pueden secarse y caer, lo que reduce tanto el rendimiento como la calidad de la espinaca. Esta enfermedad es común en lugares con alta humedad y lluvias frecuentes (Niño et al., 2011).
- e. **Cercosporiosis (*Cercospora beticola*):** La cercosporiosis es otra enfermedad que afecta las hojas de la espinaca. Se distingue por pequeñas manchas redondas de color marrón claro con bordes oscuros. A medida que avanzan, estas manchas pueden expandirse y

unirse, provocando la muerte del tejido afectado. Las condiciones cálidas y húmedas son ideales para que este hongo se desarrolle (Niño et al., 2011).

Plagas más importantes de espinaca según su desarrollo:

- a. **Gusano de tierra (*Feltia spp.*, *Agrotis spp.*)**. Al cortar las plántulas en sus etapas iniciales, estas plagas causan daños. Con un riego cuidadoso y una preparación del suelo, se pueden controlar. Tras una evaluación, se debe realizar un control químico si es necesario. Utilice pesticidas que contengan carbaril o triclorfón, ya sea como cebo o espolvoreándolos o rociándolos en la base de la planta (INIA, 2002)
- b. **Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)**. Sus larvas crean lagunas en el parénquima foliar, lo que reduce su valor comercial, mientras que el adulto las daña al alimentarse. Si bien el control químico implica el uso de pesticidas con cipermetrina, ometoato y ciflutrina, las trampas amarillas son un sustituto útil (INIA, 2002).

1.2.7. Fenología de espinaca

Según Cámara de Comercio de Bogotá (2015), las fases fenológicas se describen de la siguiente manera:

- a. **Germinación**. Comprende desde la germinación de las semillas hasta la emergencia, donde se observa la brotación de ramas.
- b. **Desarrollo de hojas**. Comprende desde nacimiento de la primera hoja hasta la aparición de la hoja novena (9).
- c. **Crecimiento de roseta**. Comprende hasta que la roseta alcanza hasta el 30% del esperado.
- d. **Desarrollo de las hojas**. Comprende el desarrollo de 10 a 80% de masa foliar esperado y altura promedio.

1.2.8. Kc y duración de fenología de espinaca

Tabla 1.6

Duración de cada fase fenológica de espinaca y coeficiente del cultivo.

Fases del cultivo (días)					
	Fase I	Fase II	Fase III	Fase IV	Total
Espinaca	20	20	25	5	70
Coeficiente del cultivo					
Kc	0.70	1.0	0.95	0.30	

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1977).

1.3. Manejo agronómico de espinaca

a. Siembra

Debido a que las semillas de espinaca son diminutas, es fundamental nivelar y aflojar la tierra para facilitar una germinación fácil, rápida y consistente con suficiente humedad. Cuando la tierra esté lista, se debe arar a una profundidad de 20 a 30 cm después de regar y luego pase la grada dos veces en sentido transversal para aflojarla completamente. Coloque una tabla o riel nivelador en la grada para reducir los desniveles que crean charcos al regar. Una hectárea requiere de 12 a 15 kg de semilla, y las hileras se separan entre 50 y 60 centímetros (Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA], 2002).

b. Riego

Los riegos deben ser frecuentes y ligeros, sobre todo durante los primeros días después de la siembra, para tener una buena germinación y un buen establecimiento del cultivo. Las condiciones de excesiva humedad perjudican al cultivo (INIA, 2002). La espinaca es una planta que necesita agua de manera constante a lo largo de su ciclo de crecimiento. El agua juega un papel clave en procesos vitales como la fotosíntesis, el transporte de nutrientes y el control de la temperatura interna de la planta. En general, la espinaca requiere entre 300 y 500 mm de agua durante todo su ciclo, aunque esta cantidad puede variar según el clima (Serrano, 1976).

c. Deshije

Cuando las plántulas tengan de cuatro a seis hojas, se realiza a mano, dejando cinco cm de separación entre cada hoja. Se recomienda realizar esta tarea después del riego para mayor comodidad (INIA, 2002).

d. Deshierbos

Se recomienda el manejo manual de malezas después del riego, especialmente en las primeras semanas tras la instalación del cultivo. Esto facilita el control de plagas y enfermedades y elimina la competencia por nutrientes, luz y agua (INIA, 2002).

e. Fertilización

Para determinar la cantidad de fertilizante necesaria, se debe examinar el suelo. Dadas las características de la costa central, una dosis adecuada sería 100-40-40 de nitrógeno, fósforo y potasio por hectárea. Para cada hectárea, utilice las fuentes y cantidades que se indican a continuación. Añadir de 10 a 20 toneladas métricas de estiércol por hectárea es un método rentable y eficiente para mejorar la fertilidad y la textura del suelo. Es recomendable hacerlo con suficiente antelación (INIA, 2002). La espinaca requiere mucho nitrógeno y potasio; el fósforo requiere cuidados especiales porque estimula el crecimiento de las flores. Las hojas de espinaca con un fertilizante de potasio equilibrado tienen menos ácido oxálico, lo que mejora su calidad. Además, las hojas tienen más pulpa y se conservan bien sin secarse después de la cosecha (Serrano, 1976).

f. Control fitosanitario

El minador de hojas, a menudo conocido como mosca, ataca las espinacas porque sus larvas consumen el tejido vegetal que se encuentra entre las dos epidermis de las hojas. Se recomienda extremar la precaución con productos sistémicos a base de fósforo, ya que el tratamiento es complejo (Serrano, 1976). Tras una evaluación, se debe aplicar un tratamiento químico si es necesario para reducir la infestación de insectos. Utilice pesticidas que contengan triclorfón o carbaril como componente activo, ya sea como cebo o espolvoreándolos o rociándolos en la base de la planta (INIA, 2002).

Mientras, para control de enfermedades en caso necesario aplicar fungicidas cuyo ingrediente activo sea: Pentacloronitrobenzeno (PCNB), Thiram, Benomil, Captan o Thiabendazol (INIA, 2002).

g. Cosecha

Cuando las hojas están completamente desarrolladas, turgentes y de un verde intenso, la planta se cosecha a mano, cortándola por el cuello. Esto puede tardar de 10 a 15 días y ocurre entre 40 y 50 días después de la siembra (INIA, 2002). La cosecha puede realizarse por etapas, a medida

que maduran las hojas, o de una sola vez cuando la verdura se consume fresca. Según el gusto del consumidor, se puede cortar la planta por debajo del cuello o quitar la raíz si se recolecta toda de una vez. Según la temporada, se pueden cosechar hasta cinco o siete veces si se cortan las hojas por etapas (Serrano, 1976).

1.4. Fertilización de espinaca

1.4.1. Requerimientos nutricionales

Según los requerimientos nutricionales estudiados por Sosa et al. (2015), la demanda de espinaca para los principales nutrientes son las siguientes:

Tabla 1.7

Requerimientos nutricionales de espinaca en función del rendimiento de su materia seca.

Nutrientes	Ecuación de regresión
N	$N = 37.0 + 0.00004 Y$
P	$P = 3.1 + 0.048 Y$
K	$K = 91.3 - 6.34 Y$
Ca	$Ca = 13.34 - 0.889 Y$
Mg	$Mg = 11.88 + 0.77 Y$
S	$S = 3.03 - 0.082 Y$
Cu	$Cu = 29.8 - 5.99 Y$
Mn	$Mn = 262.2 - 34.82 Y$
Fe	$Fe = 715.1 - 99.12 Y$
Zn	$Zn = 103.34 - 4.98 Y$
B	$B = 77.7 - 5.13 Y$

Y= Rendimiento expresado en base seca (kg ha)

Fuente: Sosa et al. (2015)

De acuerdo a Laserna (2013) e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, s.f.), los requerimientos nutricionales se describen de la siguiente manera:

- a. **Nitrógeno (N).** La espinaca necesita una cantidad considerable de nitrógeno, ya que este es clave para su crecimiento y la producción de hojas saludables. Para alcanzar rendimientos de entre 25 y 30 toneladas por hectárea, se sugiere aplicar entre 140 y 160 kg de nitrógeno por cada hectárea cultivada.
- b. **Fósforo (P₂O₅).** El fósforo es esencial para el desarrollo de raíces y la floración. Se aconseja una dosis de 40 a 50 kg de fósforo por hectárea en cultivos de espinaca.

- c. **Potasio (K₂O):** El potasio contribuye a la resistencia de la planta y a la calidad de las hojas. Se recomienda aplicar entre 180 y 220 kg de potasio por hectárea para rendimientos de 25 a 30 toneladas por hectárea.
- d. **Calcio (Ca):** El calcio es importante para la estructura celular y la integridad de las paredes celulares. Se sugiere una aplicación de 120 kg de calcio por hectárea.
- e. **Magnesio (Mg):** El magnesio es un componente central de la clorofila y es esencial para la fotosíntesis. Se recomienda una dosis de 12 kg de magnesio por hectárea.

1.4.2. Fuentes orgánicas

Compuestos como las proteínas, la lignina y los carbohidratos componen la materia orgánica, que incluye restos de plantas y animales. Los microorganismos descomponen la materia orgánica en dióxido de carbono y los residuos más resistentes en humus. Los microbios tienen la capacidad de extraer nitrógeno del suelo durante el proceso de descomposición (Romaniuk et al., 2010).

Muchos nutrientes del suelo se almacenan en el humus y la materia orgánica. Además, ayudan a reducir la erosión, aflojar los suelos arcillosos, mejorar la estructura del suelo y aumentar la capacidad de los suelos arenosos o gruesos para retener agua y nutrientes (Sadeghian, 2010). El compost de torta de filtración incrementó influye desarrollo de las plantas de espinaca, según los factores agronómicos evaluados (Maythed Perzabal-Ramos et al., 2018).

Tineo (1994) manifiesta que la materia orgánica involucra una serie de compuestos orgánicos en diversos estados de degradación desde los materiales recientemente incorporados hasta la fracción más estable que es el humus, del mismo modo se desempeñan un papel importante, en mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Influyendo de la siguiente manera:

- ✓ Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder tampón.
- ✓ Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactados.
- ✓ Reduce la erodabilidad de los suelos.

La diversidad de la flora microbiana aumenta en condiciones ideales de aireación, permeabilidad, pH y otros parámetros. La vegetación, el clima, la textura del suelo, el drenaje y la labranza influyen en la cantidad de materia orgánica del suelo. Los suelos de pastizales vírgenes tienden a tener el mayor contenido de materia orgánica entre los suelos minerales. Los suelos de bosques y climas cálidos contienen menos materia orgánica (Julca et al., 2006).

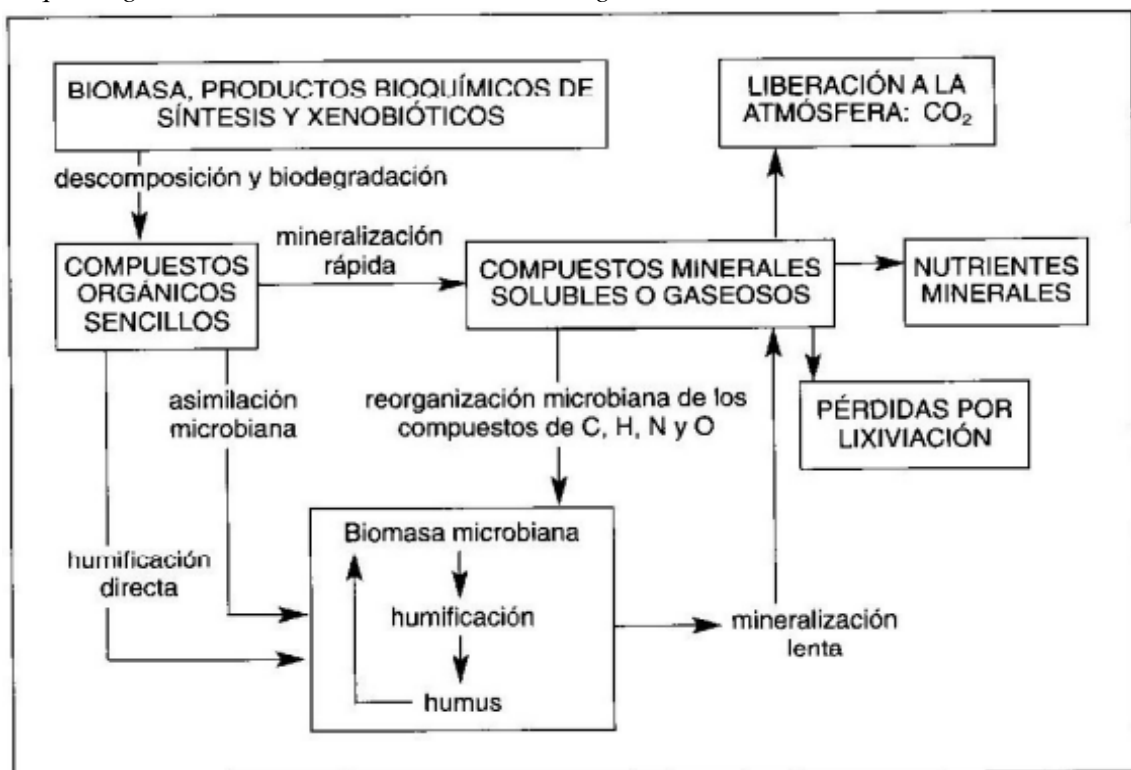
Su degradación como fuente de nutrientes dependerá de la estructura y la complejidad química de la materia orgánica, así como del nivel de protección que encuentre en el suelo. La cantidad y la calidad de la materia orgánica (MO) del suelo permiten extraer conclusiones sobre su fertilidad. Actualmente, se considera que la materia orgánica es la mejor métrica para evaluar la sostenibilidad de los agroecosistemas. Su importancia radica en su impacto en las características del suelo y su papel en el desarrollo vegetal (González et al., 2008).

1.5. Esquema general de la formación de MO

Laura (2016) explica que el origen y la composición de la materia orgánica pueden determinar su curso. Los microorganismos utilizarán las sustancias más biodisponibles (materiales orgánicos heredados) (mineralización y/o absorción microbiana). El carbono orgánico no mineralizado (biodisponibilidad reducida) puede humificarse y convertirse en un componente de la materia orgánica humificada (material muy resistente que tardará décadas en mineralizarse) o puede permanecer en moléculas heredadas (celulosa, lignina, proteínas y lípidos). En esta etapa, es crucial recolectar materia orgánica naturalmente rica en materiales resistentes o promover la síntesis de estos materiales por parte de los microbios.

Figura 1.3

Esquema general de la evolución de la materia orgánica.



Fuente: (Porta et al., 2003).

1.5.1. Descomposición

Cabrera (2009) manifiesta que la materia de la naturaleza se transforma mediante conversiones biológicas. Aunque todos los seres vivos contribuyen a la vida, los microorganismos desempeñan un papel destacado en los cambios geoquímicos y la fertilidad del suelo. Transforman una cantidad enorme de materia orgánica y solamente ellos pueden realizar ciertas transformaciones esenciales. Estos cambios se realizan en diversos ecosistemas de la biosfera. Muchas transformaciones tienen lugar en el suelo, otras en ambientes acuáticos o en la atmósfera.

La descomposición consiste en una serie de procesos físicos y químicos por medio de los cuales la hojarasca, follaje y restos de animales se reducen a sus constituyentes químicos elementales, lo cual constituye uno de los hechos más importantes en los ecosistemas por su aporte de nutrimentos al suelo (Eynolds & Hunter, 2001).

1.5.2. Relación de C/N

La cantidad de C orgánico y N total en el suelo determina la relación carbono/nitrógeno (C/N), que es una medida de la mineralización de la materia orgánica del suelo y tiene una alta correlación con las características del suelo (Espinosa et al., 2011). Ribeiro (2012) explica que la relación C/N indica cuánta materia orgánica se ha mineralizado. En este sentido, los suelos agrícolas cultivados con maíz tenían una relación C/N de 10, mientras que los suelos con compost añadido tenían una relación C/N de 9.

Shunfeng et al. (2013) afirman que la calidad del suelo está determinada por la relación C/N; sin embargo, para promover la descomposición de la MO que permita la mineralización, es crucial aplicar residuos que aumenten la cantidad de C orgánico. En términos de liberación de nitrógeno, un índice de relación C/N de 10 a 12 se considera típico e indica que la inmovilización y la mineralización del nitrógeno están en equilibrio.

1.6. Broza de quinua

La broza de la quinua, denominado quiri (quechua) son tallos y hojas, y los residuos del grano denominado jipi (quechua), son utilizados en la alimentación del ganado (Falcon y Riveros 2011). Meyhuay (2013) Sin identificar el tipo, un análisis comparativo de los componentes del matorral y del jipi mostró que estos dos insumos aportan los siguientes nutrientes:

Tabla 1.8

Composición de broza de semillas de quinua

Composición	Valor
Humedad (%)	4.8
Grasa bruta (%)	4.8
Fibra detergente neutro (%)	35.8
Proteína cruda (%)	7.8
Cenizas totales (%)	13.5
Carbohidratos no fibrosos (%)	38.1
Energía bruta (kcal de MS)	4152

Fuente: (Meyhuay, 2013)

Importancia de la broza de quinua

Según Meyhuay (2013) y Murillo et al. (2023) la broza de quinua tiene las siguientes funciones muy importantes al igual que las otras fuentes orgánicas:

- ✓ Cuando la broza de quinua se mezcla con la tierra, le aporta una gran cantidad de nutrientes esenciales. Esto no solo enriquece el suelo de forma natural, sino que también crea un ambiente ideal para los microorganismos que viven en él. Gracias a esto, la estructura del suelo mejora, permitiendo que retenga mejor la humedad y tenga una mejor aireación. Todo esto es clave para que los cultivos anuales crezcan sanos y fuertes.
- ✓ Cuando añadimos broza de quinua al suelo, estamos enriqueciendo su contenido de materia orgánica. Esto no solo mejora su estructura, haciéndolo más esponjoso y aireado, sino que también aumenta su capacidad para retener y liberar nutrientes esenciales para las plantas. Como resultado, las raíces pueden absorber mejor los minerales que necesitan para crecer fuertes y saludables. Además, un suelo más estructurado es más resistente a la erosión, evitando que el viento y el agua se lleven su fertilidad.
- ✓ Aprovechar la broza de quinua como abono orgánico es una forma inteligente y sostenible de cuidar nuestros cultivos y el medioambiente. En lugar de desechar estos restos, les damos una segunda vida al usarlos para enriquecer la tierra, ayudando a reducir los residuos agrícolas y sacando el máximo provecho de los recursos que ya tenemos. Es una práctica sencilla, pero con un gran impacto en la salud del suelo y en la producción de alimentos de manera más natural y responsable.

- ✓ Usar broza de quinua en los cultivos anuales es una estrategia que trae grandes beneficios. Ayuda a que el suelo sea más fértil y tenga mejor estructura, lo que facilita el crecimiento de las plantas. Además, contribuye a hacer la agricultura más sostenible y permite aprovechar mejor los recursos disponibles. Por todas estas razones, su uso como enmienda orgánica es una excelente opción para mejorar la producción agrícola.

1.7. Variedades en el rendimiento

Cada variedad de cultivo tiene sus propias características genéticas, lo que influye directamente en su rendimiento. Aspectos como la capacidad de resistir el clima, la tolerancia a enfermedades y la eficiencia en el uso de nutrientes dependen de la genética de cada planta y marcan la diferencia en el campo. Por ejemplo, en Honduras, un estudio analizó tres variedades de maíz sembradas junto con frijol y soja, bajo distintos métodos de siembra. Los resultados mostraron diferencias significativas en cómo se desarrollaba cada variedad, demostrando que la elección del cultivo puede hacer una gran diferencia en la producción (Hernández Galván, 2019).

Tintayo (2020) afirma que las técnicas de manejo agronómico, como la fertilización adecuada y la densidad de siembra, influyen en el rendimiento, además de la genética. Según estudios, el rendimiento de la espinaca puede incrementarse considerablemente mediante el uso de biofermentos y la maximización de la densidad de cultivo.

Mondino et al. (2017) demostró que los cultivares de espinaca en Argentina mostró rendimientos en cultivos al aire libre, los cuales variaron entre 15 y 20 toneladas por hectárea, dependiendo de cómo se maneje el cultivo y de las condiciones climáticas. En nuestro caso, los resultados obtenidos, especialmente en la variedad Panthera, fueron superiores a estos valores. Esto podría deberse a la implementación de prácticas agronómicas más eficientes o a condiciones ambientales particularmente favorables.

En conclusión, escoger la variedad adecuada es fundamental para obtener el mejor rendimiento en los cultivos, ya que cada planta responde de manera diferente según su genética y el entorno en el que crece. Entender cómo varía la genética de las plantas y cómo influye en su capacidad de adaptación y producción ayuda tanto a los agricultores como a los mejoradores a tomar mejores decisiones. Gracias a este conocimiento, pueden desarrollar estrategias más efectivas para enfrentar los retos que plantea la agricultura hoy en día.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Localización del proyecto

2.1.1. Ubicación específica

El presente trabajo de investigación se realizó en el ámbito de la comunidad de Santiago de Huatatas.

2.1.2. Ubicación política

- ✓ Departamento : Ayacucho
- ✓ Provincia : Huamanga
- ✓ Distrito : Tambillo
- ✓ Localidad : Santiago de Huatatas

2.1.3. Ubicación geográfica

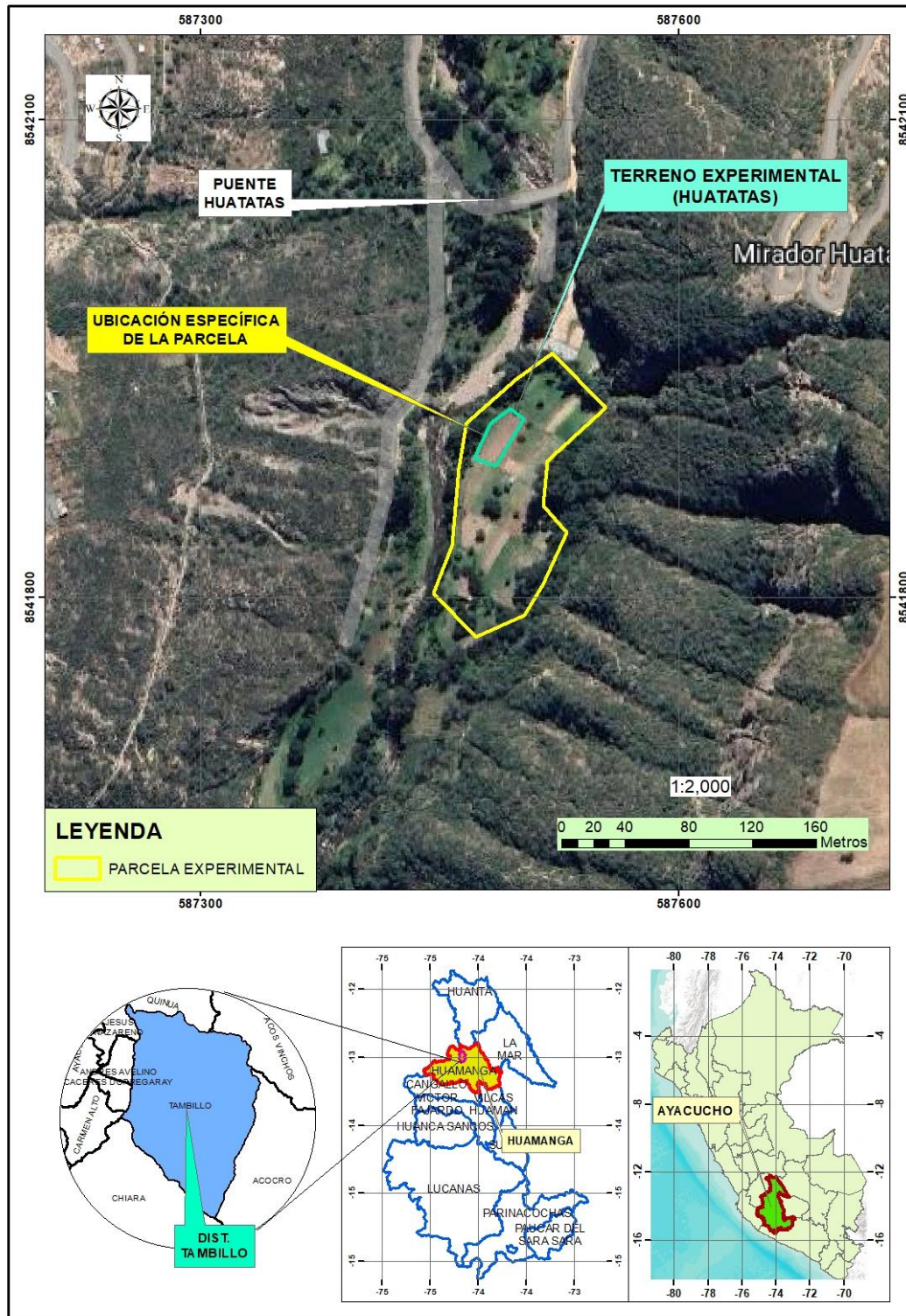
- ✓ Latitud : 13° 09' 31''S
- ✓ Longitud : 74° 11' 36''O
- ✓ Altitud : 2637 msnm.
- ✓ Región natural : Región quechua

2.1.4. Ubicación ecológica

La localidad de Santiago de Huatatas, según la clasificación de Holdridge pertenece a la zona de vida: estepa espinoso – montano bajo subtropical (ee-MBS).

Tabla 2.1

Mapa de localización del área de investigación



2.2. Datos de la investigación

- ✓ **Tipo de investigación.** Según grado de abstracción: aplicada, y según el objetivo: experimental.
- ✓ **Población.** Conformada por el cultivo de espinaca (*Spinacea oleracea* L.), instalada en el área del experimento Santiago de Huatatas.
- ✓ **Muestra.** Conformada por plantas de espinaca evaluadas de cada unidad experimental.
- ✓ **Unidad de análisis.** Conformada por una planta de espinaca y sus caracteres agronómicos cuantitativos.
- ✓ **Técnicas e instrumentos de recolección de datos.** Matriz de registro de datos, fotografías, fichas del campo, fichas bibliográficas.

2.3. Características climáticas

La estación meteorológica INIA-Canaán informa que la temperatura promedio en el área experimental es la más baja, de 6.5 °C, y la más alta, de 27.7 °C. La precipitación anual total es de 569.9 mm. Según el balance hídrico de la Tabla 2.2, en el periodo de marzo de 2022 a febrero de 2023, se registraron temperaturas máximas (25.1 °C), mínima (17.2 °C) y media (9.2 °C), respectivamente. La precipitación total anual fue de 569.60 mm. En 2022, se presentó un déficit hídrico entre agosto y noviembre, cuando el riego se realizó regularmente.

Tabla 2.2

Balance hídrico según los registros meteorológicos de los años 2022 – 2023, Ayacucho – Huamanga.

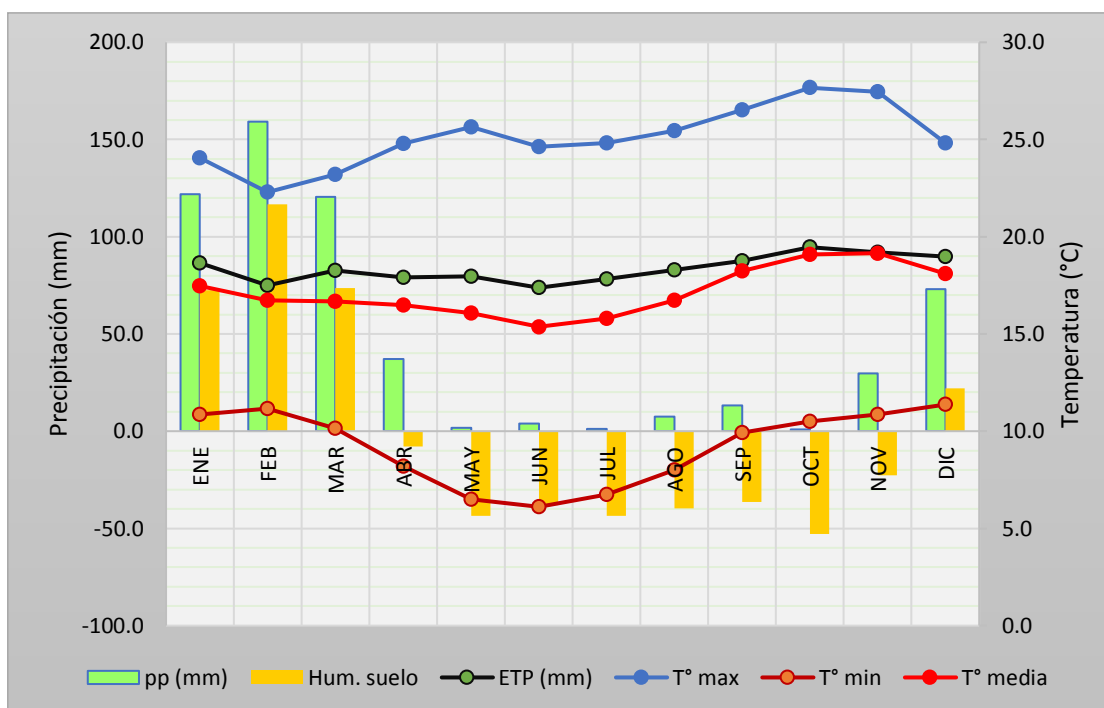
		PROVINCIA : HUAMANGA	LATITUD : 13° 10' 00.06" S											Total	Promedio	
		DEPARTAMENTO : AYACUCHO	LONGITUD : 74° 12' 22.92" W													
DESCRIPCIÓN	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC			
Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31			
T° max. Media mensual	°C	24.1	22.3	23.2	24.8	25.7	24.6	24.8	25.5	26.5	27.7	27.5	24.8	25.12		
T° min. Media mensual	°C	10.9	11.2	10.2	8.2	6.5	6.1	6.7	8.0	9.9	10.5	10.9	11.4	9.20		
T° media mensual	°C	17.5	16.7	16.7	16.5	16.1	15.4	15.8	16.7	18.2	19.1	19.2	18.1	17.16		
Factor de multiplicacion		4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96			
ETP	mm	86.60	74.93	82.73	79.18	79.73	73.78	78.29	82.98	87.50	94.61	91.94	89.73	1002.01		
Precipitación	mm	121.8	159.2	120.5	37.2	1.7	3.8	1.1	7.4	13.3	0.9	29.7	73.0	569.60		
ETP ajustado	mm	49.23	42.59	47.03	45.01	45.32	41.94	44.51	47.17	49.74	53.78	52.27	51.01	569.60		
Humedad del suelo	mm	72.57	116.61	73.47	-7.81	-43.62	-38.14	-43.41	-39.77	-36.44	-52.88	-22.57	21.99			
Exceso	mm	72.57	116.61	73.47										21.99		
Déficit	mm				-7.81	-43.62	-38.14	-43.4	-39.8	-36.4	-52.88	-22.57				

Nota. Estos datos de estación son los promedios de los años 2022 y 2023.

El climograma de la estación meteorológica del INIA-Canaán, elaborado a partir de la Tabla 2.2, se muestra en la Figura 2.1. Los meses de octubre (27.7 °C) y noviembre (27.5 °C) presentan los picos de temperatura más altos, mientras que mayo (6.5 °C) y junio (6.1 °C) presentan las temperaturas más bajas. El mes de febrero tuvo la mayor precipitación (159.2 mm), mientras que el mes de octubre tuvo la menor (1.1 mm).

Figura 2.1

Balance hídrico referencial para el área de la parcela experimental de Canaán 2750 msnm.



Nota: ETP: evapotranspiración, pp: precipitación

2.4. Material biológico

Como material biológico fueron empleadas las semillas de las variedades híbridas de espinaca, Panthera y Thor F1.

Varietal Thor F1: Las hojas grandes, de color verde medio, de la espinaca oriental son muy resistentes al mildiú, crecen rápidamente, prefiere clima templado-frío, pero tiene buena tolerancia al calor, tienen tallos flexibles que facilitan la cosecha y tienen buena resistencia poscosecha.

Varietal Panthera: tiene las siguientes características:

- ✓ Espinaca tipo Oriental.
- ✓ Planta de hábito de crecimiento erecto.

- ✓ Prefiere clima templadas y frescas; tolera algo de calor.
- ✓ Velocidad de crecimiento intermedia.
- ✓ Hojas de color verde oscuro, uniformes. Tolerancia a enfermedades:
- ✓ Tolerancia a mildiu.

2.5. Análisis físico y químico del suelo

Previa a la instalación del cultivo, se hizo el análisis de suelo en el laboratorio de análisis de suelos, aguas y foliares “LABSAF” de la estación experimental agraria Canaán – INIA. El muestreo de suelo consistió en extraer un kilogramo de muestra de suelo del terreno de una profundidad de 20 cm que previamente homogenizada e identificada fue enviada al laboratorio para los análisis correspondientes.

Tabla 2.3

Características de suelo según resultados de laboratorio de la comunidad de Santiago de Huatatas 2637 msnm

Descripción	Unidad	Valor	Interpretación
Materia orgánica	%	1.9	Bajo
Nt	%	0.10	Pobre
P	ppm	33.76	Alto
K	ppm	151.76.0	Medio
pH	.-	7.4	Ligeramente alcalino
CICe	Cmol (+)/kg	12.25	Medio
CE	dS m ⁻¹	0.21	Suelo normal
Arena	%	54	
Limo	%	34	
Arcilla	%	12	Franco Arenoso
Clase textural	.-		
Bases cambiables			
Ca ++	Cmol (+)/kg	3.86	Bajo
Mg++	Cmol (+)/kg	3.26	Alto
K+	Cmol (+)/kg	2.58	Muy alto
Na+	Cmol (+)/kg	2.54	Muy alto

Nota. Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliares – LABSAF Canaán

Los resultados del análisis del suelo, muestran un suelo ligeramente alcalino con un contenido bajo de materia orgánica, muy pobre en nitrógeno total, alto de fósforo disponible y medio potasio disponible. La clase textural del suelo resultó franco Arenoso. Estos resultados evidencian que el área de cultivo utilizada en el experimento presentó una baja fertilidad, lo que respalda

la necesidad de aplicar diferentes niveles de broza de semillas de quinua con el fin de obtener resultados favorables en la producción de espinaca.

2.6. Análisis químico de broza de semillas de quinua

Del mismo modo, para conocer la riqueza de broza de semillas de quinua se efectuó el análisis químico de una muestra que se remitió al Laboratorio de Suelos y análisis foliar del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de La Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Tabla 2.4

Características de la broza de semillas de quinua según resultados de laboratorio

Descripción	Unidad	Valor
Materia orgánica	%	45.20
N-Total	%	2.25
P ₂ O ₅	%	0.62
K ₂ O	%	1.45
CaO	%	1.10
MgO	%	0.75
SO ₄	%	0.14
pH		6.5
C.E	mS/cm	8.3

Nota. Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar – Programa de investigación de pastos (UNSCH)

2.7. Variables

a. Variables independientes

- ✓ Variedades de espinaca
- ✓ Niveles de materia orgánica (broza de semillas de quinua)

b. Variables dependientes

- ✓ Altura de la planta (cm)
- ✓ Número de hojas de la planta (unidades)
- ✓ Ancho del limbo de la hoja (cm)
- ✓ Longitud del limbo de la hoja (cm)
- ✓ Rendimiento (t ha⁻¹)

2.7.1. Operacionalización de los variables

Tabla 2.5*Operacionalización de los variables dependientes e independientes.*

Variables independientes	Dimensiones	Indicadores
	Variedades (V)	V1: híbrido Thor F1 V2: híbrido Panthera
Variedades y niveles de broza de semillas de quinua	Niveles de broza de quinua	N0: 0.0 t ha ⁻¹ N1: 5.0 t ha ⁻¹ N2: 10.0 t ha ⁻¹ N3: 15.0 t ha ⁻¹
Variables dependientes	Dimensiones	Indicadores
		Altura de la planta (cm) Número de hojas por planta (unidades) Ancho del limbo de la hoja (cm) Longitud del limbo de la hoja (cm) Rendimiento (t ha ⁻¹)
Factores agronómicos Cuantitativos	Factores de productividad	
Rentabilidad		Beneficio económico (% y B/C)

2.8. Método procedimental

2.8.1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Bloques Completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 2Vx4N (2 variedades de espinaca y 4 niveles de broza de quinua). El diseño estuvo formado por 8 tratamientos y 3 repeticiones; resultando 24 unidades experimentales.

2.8.2. Análisis estadístico

Los resultados agronómicos cuantitativos se sometieron al Análisis de Variancia (ANVA), la prueba de Contraste de Tukey (0,05) y la correlación de los variables agronómicos. Todo el análisis se realizó mediante el software “infoStat”.

Modelo Aditivo Lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha_{(ij)} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- ✓ Y_{ijk} = Observación de la i-ésima variedad de espinaca en el j-ésimo nivel de broza de quinua y en el k-ésimo bloque.
- ✓ μ = Media general.
- ✓ β_k = Efecto de k-ésimo bloque
- ✓ τ_i = Efecto principal de la i-ésima variedad de espinaca.
- ✓ α_j = Efecto principal de la j-ésimo nivel de broza de quinua.
- ✓ $\tau\alpha_{(ij)}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima variedad de espinaca en el j-ésimo nivel de broza de quinua.
- ✓ ϵ_{ijk} = Error experimental.

2.8.3. *Tratamientos*

Los tratamientos fueron el producto de la combinación de los factores de estudio (2 variedades y 4 niveles de broza de quinua), la descripción se muestra en la Tabla 2.6:

Tabla 2.6

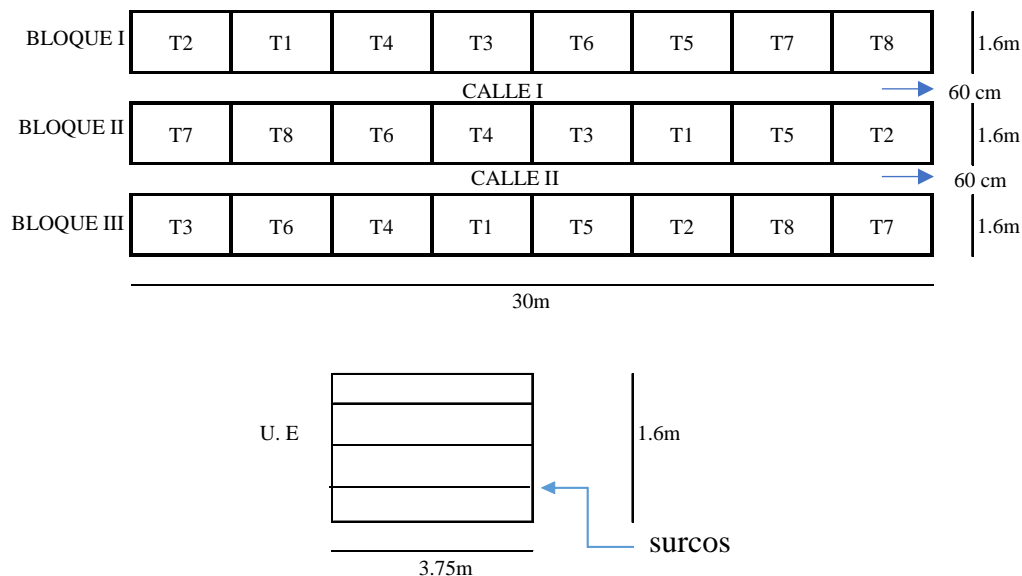
Descripción de los tratamientos

Tratamientos (T)	Codificación	Descripción
T1	v1xn0	Híbrido Thor F1 + Broza (0.0 t ha ⁻¹)
T2	v1xn1	Híbrido Thor F1+ Broza (5.0 t ha ⁻¹)
T3	v1xn2	Híbrido Thor F1+ Broza (10.0 t ha ⁻¹)
T4	v1xn3	Híbrido Thor F1+ Broza (15.0 t ha ⁻¹)
T5	v2xn0	Híbrido Panthera + Broza (0.0 t ha ⁻¹)
T6	v2xn1	Híbrido Panthera + Broza (5.0 t ha ⁻¹)
T7	v2xn2	Híbrido Panthera + Broza (10.0 t ha ⁻¹)
T8	v2xn3	Híbrido Panthera + Broza (15.0 t ha ⁻¹)

Nota. V: variedades y N: niveles de broza de semillas de quinua

Figura 2.2

Esquematisó el croquis para distribución en campo



2.8.4. Características de las unidades experimentales

En la siguiente Tabla 2.7 se muestra las características importantes de las unidades experimentales utilizados:

Tabla 2.7

Descripción de las características de las unidades experimentales.

Descripción	Unidad	Medida
Largo de UE.	m	3.75
Ancho de la UE	m	1.6
Largo del bloque	m	30.0
Ancho del bloque	m	1.6
Área de UE	m ²	6.0
Área de cada bloque	m ²	48.0
Área total de bloques	m ²	144.0
Número de surcos por U. E	Und.	3.0
Número de plantas por metro lineal	Und.	20.0
Distancia entre surcos	m	0.40

2.8.5. Instalación y conducción del cultivo

- a. Limpieza y preparación del suelo.** Esta actividad se realizó con una semana de anticipación con la finalidad de exponer inóculos de enfermedades a la intemperie y dar soltura al suelo, y de esta manera lograr el acondicionamiento adecuado. Estas

actividades consistieron en retirar los desmontes de la parcela y realizar labranza primaria y secundaria. Esta actividad se realizó el 24 y 25 de diciembre del 2023, con la finalidad de brindar soltura para aireación del suelo.

- b. Formación de camellones.** Esta actividad se realizó el 1 de enero del 2024, manteniendo las distancias previstas en los planteamientos metodológicos, 40 cm entre camellones. La broza de semilla de quinua se aplicó en un surco abierto en el centro del camellón según los tratamientos y luego se enterró a una profundidad de 10 cm.
- c. Siembra.** Esta actividad se realizó el 15 de enero del 2024, sobre los camellones contruidos se apertura dos hileras a una distancia de 20 cm. Se utilizó 20 kg de semilla de espinaca por hectárea y se realizó siembra directa que consiste en distribuir semillas de espinaca de ambas variedades al corro continuo en las dos hileras, luego se cubrió a una profundidad de 2 cm con una capa delgada de tierra mullido. Se realizó el raleo de plantas a los 15 días después de la siembra, dejando a una distancia de 10 cm entre plantas.
- d. Fertilización.** El nivel de abonamiento fue 20-20-20 NPK, donde la finalidad fue solamente fertilización base para estimular crecimiento en su etapa temprana. Se utilizó 2 sacos por hectárea.

Tabla 2.8

Dosificación de abonado de fondo con broza de quinua en los tratamientos

Nivel de broza (t ha ⁻¹)	kg ha ⁻¹	kg m ⁻²
0	0.0	0.0
5	5,000	0.5
10	10,000	1.0
15	15,000	1.5

- e. Riego.** Se realizó mediante riego por goteo, para lo cual se instaló el sistema de riego utilizando cintas de riego (con goteros a cada 20 cm y caudal de 2 l/s) para cada surco. La frecuencia de riego fue Inter diario las primeras semanas, luego 3 veces por semana. No obstante, esta actividad fue dependiente de las condiciones del tiempo.
- f. Control fitosanitario.** Para el control de plagas como la Gusano de tierra (*Agrotis spp.*) se aplicó insecticida sistémico Tiametoxam (0.5 kg/200 L) al follaje de plantas el 25 de

enero del 2024. Para el control de Mildiu (*Peronospora farinosa*) se aplicó fungicida sistémico Metalaxin (250 ml/200 L), el 16 de febrero de 2024.

- g. Control de arvenses.** Las malezas fueron controladas 2 veces durante la campaña hasta la cosecha, a fin de evitar competencia por luz y nutrientes, así evitar propagación de plagas y enfermedades. El primer y segundo deshierbo se realizaron el 31 de enero y 15 de febrero del 2024, cuando las plántulas estuvieron con 10, 15 cm, respectivamente.
- h. Cosecha.** La cosecha se realizó en estado de madurez hortícola aprovechable comercialmente (fresca y turgente) o cuando se inicia la mancha de amarillamiento de la hoja basal de la espinaca. La cosecha se realizó el 5 de marzo del 2024.

2.8.6. Evaluación de los factores de productividad

- a. Altura de la planta (cm)** Se evaluó días antes de la cosecha del cultivo, midiendo desde el cuello hasta el ápice de la hoja más alta, luego fueron expresadas en centímetros. En total se evaluó 5 plantas por cada repetición para cada tratamiento.
- b. Número de hojas de la planta (und.).** Se evaluó días antes de la cosecha del cultivo, contabilizando el número total de la hoja sientas de 5 plantas por tratamiento.
- c. Ancho del limbo de la hoja (cm).** Se evaluó días antes de la cosecha de la hoja, el ancho de 5 hojas más grandes de cada 5 plantas por tratamiento para lo cual se tomaron las medidas desde del cuello de la planta hasta el ápice de la hoja con la ayuda de una regla milimetrada, luego se sacó el promedio para cada unidad experimental y se expresó en centímetros.
- d. Longitud de limbo de la hoja (cm).** Se evaluó días antes de la cosecha, la longitud de limbo de 5 hojas más grandes de 5 plantas por tratamiento, se tomó las medidas a partir de la base del limbo de la hoja hasta el ápice con la ayuda de una regla milimetrada, luego se sacó el promedio para cada unidad experimental y se expresó en centímetros.
- e. Rendimiento ($t\ ha^{-1}$).** Se realizó la evaluación durante la cosecha, registrando el peso verde en cada unidad experimental. La recolección se llevó a cabo cortando las plantas desde el cuello. Posteriormente se pesaron en una balanza digital y el peso se expresó en gramos y forman atados. Finalmente, se correlacionó el peso en función de una hectárea ($t\ ha^{-1}$).

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Altura de la planta

Tabla 3.1

Análisis de varianza de altura promedio de la planta de espinaca bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	9.600	4.800	74.667	<0.0001 **
Variedad (V)	1	9.300	9.300	144.667	<0.0001 **
Nivel de Broza (B)	3	40.040	13.347	207.615	<0.0001 **
Interacción (V*B)	3	2.020	0.673	10.474	<0.0007 **
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	22.180	22.180	345.022	<0.0007 **
R. cuadrático	1	3.499	3.499	54.429	<0.0007 **
R. Cúbico	1	0.078	0.078	1.213	0.2891 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	16.286	16.286	253.338	<0.0007 **
R. cuadrático	1	0.0004	0.0004	0.006	0.9454 ns
R. Cúbico	1	0.017	0.017	0.264	0.6110 ns
Error	14	0.900	0.064		
Total	23	61.860			
C. V (%)	1.71				

Nota. No significativo (ns), significativo (*), altamente significativo (**)

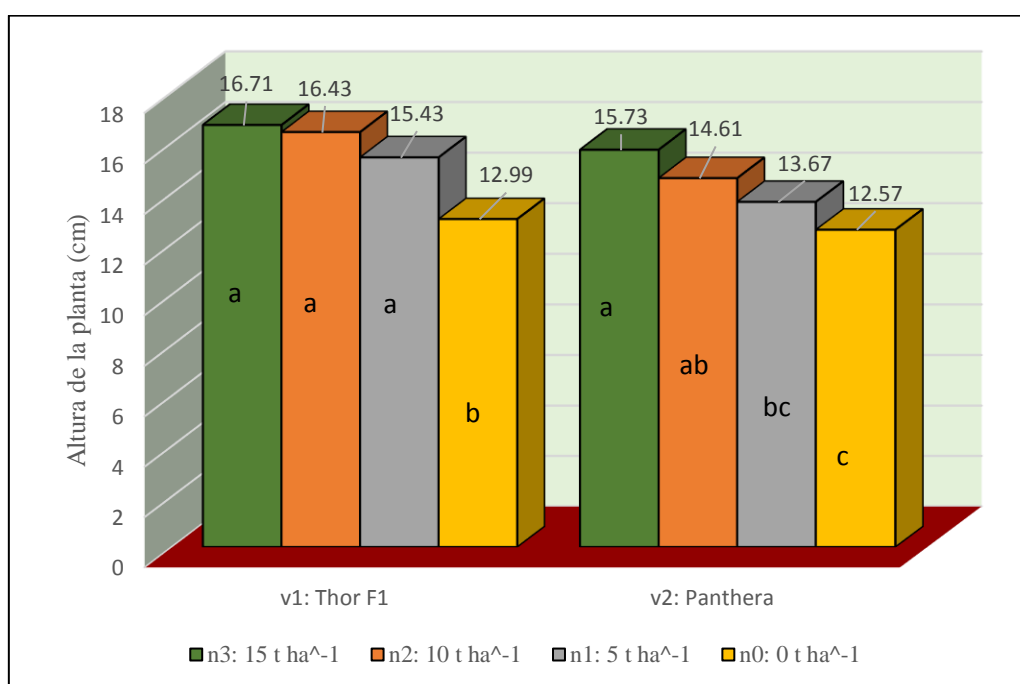
En la Tabla 3.1 se presenta el análisis de varianza de la altura promedio de las plantas de espinaca, donde se observa una alta significancia estadística (p-valor < 0.01**) en las fuentes de variación: variedades, niveles de broza y su interacción. Esto indica que tanto las variedades como los niveles de broza tuvieron un efecto diferenciado en la altura de las plantas. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 1.71%, lo que refleja precisión y confiabilidad en los

resultados. Estos hallazgos permiten realizar un análisis de comparación de medias en función de los efectos simples.

En el análisis de varianza de las regresiones, en la variedad Thor F1 el modelo lineal y cuadrático resultaron significativos, es decir, el comportamiento de altura de la planta se ajusta a estos modelos. En la variedad Panthera, se ajusta al modelo lineal únicamente.

Figura 3.1

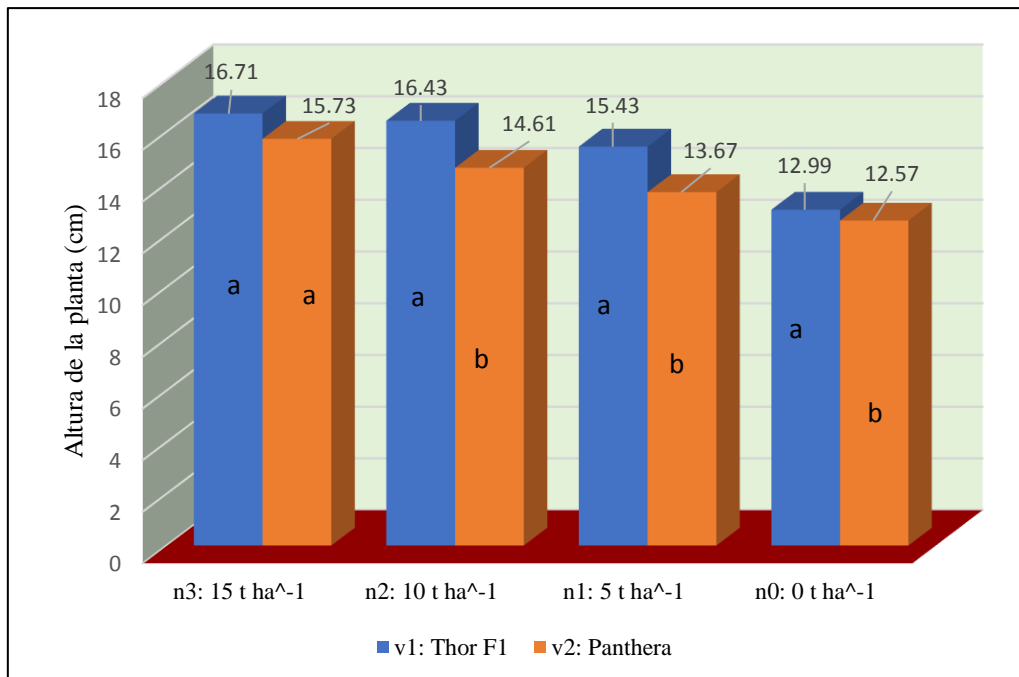
Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de la altura promedio de la planta de espinaca, en función de los efectos simples de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.1 se muestra la comparación de las medias de altura promedio de las plantas de espinaca, donde se observa un incremento progresivo a medida que aumentan los niveles de broza de quinua en ambas variedades híbridas (Thor F1 y Panthera). En la variedad Thor F1, la aplicación de 15, 10 y 5 t ha⁻¹ de broza de quinua resultó en alturas similares de las plantas de espinaca, con valores de 16.71, 16.43 y 15.43 cm, respectivamente. De manera similar, en la variedad Panthera, la aplicación de 15 y 10 t ha⁻¹ de broza produjo alturas de 15.73 y 14.61 cm, respectivamente. En general, la aplicación de 15 t ha⁻¹ de broza en la variedad Thor F1 mostró el mayor efecto, alcanzando una altura de 16.71 cm, lo que superó al testigo en 3.72 cm, equivalente a un incremento del 22.26%.

Figura 3.2.

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de la altura promedio de la planta de espinaca, en función de comparación de variedades en cada nivel de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.2 se presenta comparación del efecto de variedades en cada nivel de broza, donde con 15 toneladas de broza resultaron similares estadísticamente la respuesta de altura (“a”). Con 10, 5 toneladas y en el testigo, la variedad Thor F1 resultó superior en comparación de Phantera, lo que evidencia la superioridad de Thor F1.

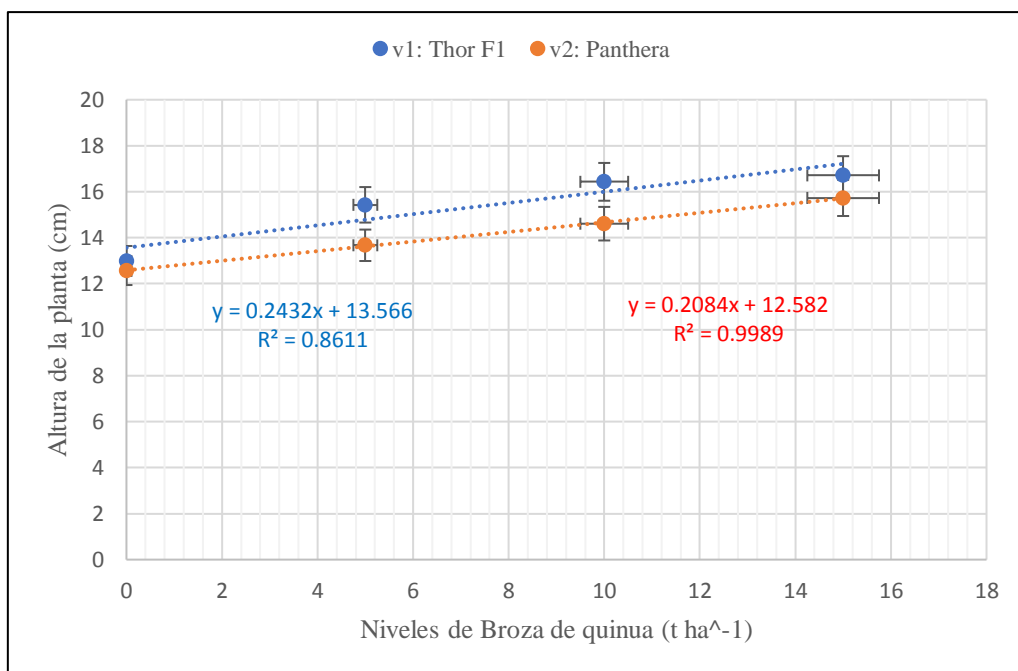
Este resultado sugiere que la broza de quinua puede actuar como una fuente de nutrientes orgánicos, mejorando el crecimiento de la espinaca. Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que demostraron cómo el uso de fertilizantes orgánicos mejora la producción y el crecimiento de las espinacas. Canteño (2022), por ejemplo, evaluó el efecto del abono orgánico de estiércol de oveja compostado sobre dos tipos de espinaca y descubrió que la variedad Viroflay alcanzó una altura de 24,36 cm al administrar una dosis de 3 kg/m² de estiércol de oveja compostado. Donaire (2019) afirma que la broza de quinua, compuesta de hojas, tallos y restos vegetales, contiene nutrientes vitales que pueden aumentar la fertilidad del suelo y, a su vez, el crecimiento de cultivos como la espinaca. Investigaciones han demostrado que la quinua necesita y acumula macronutrientes como potasio, fósforo y nitrógeno, así como micronutrientes esenciales para su crecimiento. Por lo tanto, es lógico suponer que añadir maleza de quinua al suelo podría enriquecerlo con estos nutrientes y fomentar el crecimiento

de la espinaca. En otros cultivos anuales, Choque (2010) al aplicar dosis de broza de la quinua mezclado con compost, demostró desarrollo favorable en el crecimiento y elongación del cultivo de quinua, concluyendo que estas fuentes podrían ser alternativas para aprovechar.

Si bien la variedad Thor F1 respondió con mayor intensidad que Panthera, cabe destacar que ambos tipos de espinaca respondieron consistentemente de forma favorable al aumento de la cama de quinua. Esto implica que la eficacia de la cama de quinua como enmienda orgánica puede fluctuar según el tipo de espinaca, lo que podría deberse a variaciones genéticas en la tolerancia del suelo o la eficiencia de absorción de nutrientes; por ende, Fundación para la Promoción e Investigación en Productos Andinos (PROIMPA, 2024) afirma que, al mejorar las cualidades del suelo, como la aireación y la retención de humedad, la estructura física de la hojarasca puede favorecer el crecimiento de las raíces de las plantas. Esto podría explicar los hallazgos del estudio sobre un aumento en la altura de las plantas.

Figura 3.3

Modelo de regresión de la altura promedio de la planta en función de los efectos de niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.3 se muestra la regresión del comportamiento de la altura promedio de las variedades de espinaca en función de los niveles de broza de quinua. Los resultados indican que las variedades Thor F1 y Panthera se ajustan a un modelo lineal, con ecuaciones $y=0.2432x+13.566$ y $y= 0.2432x + 13.566$, respectivamente. En estas ecuaciones, los términos independientes representan la altura promedio de las plantas en el testigo, es decir, sin la aplicación de broza de quinua. Por otro lado, los coeficientes 0.2432 y 0.2084 indican el incremento en la altura de la planta por cada unidad de broza de quinua incorporada.

3.2. Ancho de limbo de la hoja

Tabla 3.2

Análisis de varianza de ancho de limbo de la hoja de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	23.694	11.847	79.434	<0.0001 **
Variedad (V)	1	13.590	13.590	91.121	<0.0001 **
Nivel de Broza (B)	3	17.572	5.857	39.273	<0.0001 **
Interacción (V*B)	3	1.559	0.520	3.484	0.0446*
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	7.906	7.906	53.010	<0.0001 **
R. cuadrático	1	2.259	2.259	15.147	0.0020 **
R. Cúbico	1	0.928	0.928	6.222	0.0017 **
Variedad Panthera					
R. lineal	1	2.825	2.825	18.942	0.0001 **
R. cuadrático	1	0.252	0.252	1.690	0.1326 ns
R. Cúbico	1	0.005	0.005	0.034	0.8245 ns
Error	14	2.088	0.149		
Total	23	58.503			
C. V (%)	4.21				

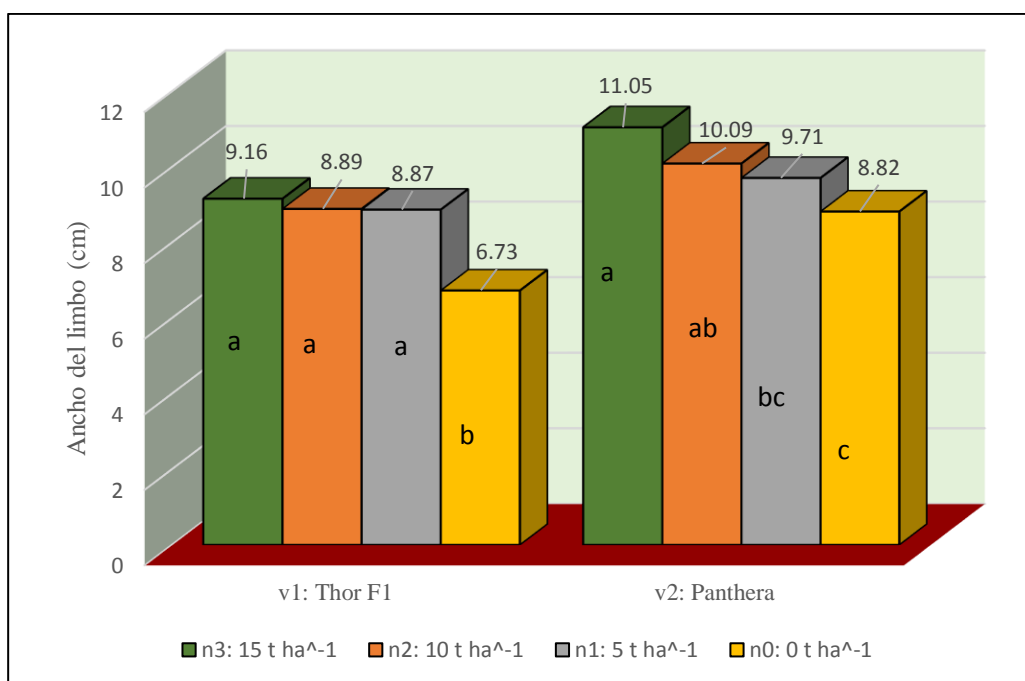
Nota. No significativo (ns), significativo (*), altamente significativo (**)

En la Tabla 3.2 se presenta el análisis de varianza del ancho promedio del limbo foliar de la espinaca, donde se observa una alta significancia estadística (p -valor < 0.01**) en las fuentes de variación: variedades, niveles de broza y su interacción. Esto indica que tanto las variedades como los niveles de broza influyeron de manera diferenciada en la respuesta del ancho del limbo. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 4.21%, lo que refleja precisión y confiabilidad en los resultados. Estos hallazgos permiten realizar un análisis de comparación de medias en función de los efectos simples.

En el análisis de varianza de las regresiones, en la variedad Thor F1 el modelo lineal y cuadrático resultaron significativos, es decir, el comportamiento de limbo de la hoja se ajusta a estos modelos. En la variedad Panthera, se ajusta al modelo lineal únicamente.

Figura 3.4

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de la variedad y niveles de broza de quinua en ancho de limbo de la hoja en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



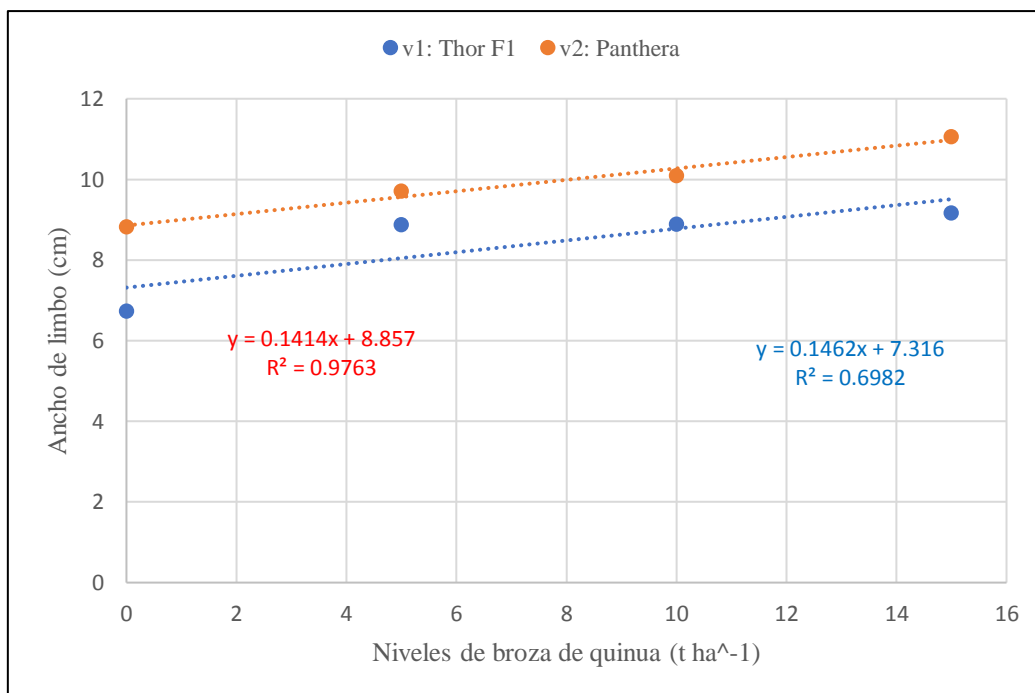
En la Figura 3.4 se muestra la comparación de las medias del ancho del limbo de la hoja, donde se observa un incremento progresivo a medida que aumentan los niveles de broza de quinua en ambas variedades híbridas (Thor F1 y Panthera). En la variedad Thor F1, la aplicación de 15, 10 y 5 t ha⁻¹ de broza de quinua resultó en valores similares en el ancho del limbo de la hoja, con resultados de 9.16, 8.89 y 8.87 cm, respectivamente. De manera similar, en la variedad Panthera, la aplicación de 15 y 10 t ha⁻¹ de broza produjo anchos de 11.05 y 10.09 cm, respectivamente. En general, la aplicación de 15 t ha⁻¹ de broza en la variedad Panthera resultó en el mayor ancho del limbo, con 11.05 cm, superando al testigo en 2.23 cm, lo que equivale a un incremento del 20.18%

El estudio presentado evidencia que la aplicación de broza de quinua incrementa el ancho del limbo foliar en las variedades híbridas de espinaca Thor F1 y Panthera. Este efecto es más notable en la variedad Panthera, donde la dosis de 15 t ha⁻¹ aumentó el ancho del limbo en un 20.18% en comparación con el control. Estos resultados concuerdan con los reportes de Pedroza

y Escobar (2023), quienes demuestran cómo los residuos orgánicos promueven el desarrollo vegetal. El compostaje de residuos orgánicos, por ejemplo, mejora la productividad de los cultivos y las características fisicoquímicas del suelo. Asimismo, el uso de biolíquidos y biosoles ha demostrado tener efectos beneficiosos en la producción de espinaca en invernadero.

Figura 3.5

Modelo de regresión de ancho del limbo promedio en función de los efectos de niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.5 se presenta la regresión del comportamiento del ancho promedio del limbo de espinaca en función de los niveles de broza de quinua. Según los resultados, las variedades híbridas de espinaca Thor F1 y Panthera se ajustan a un modelo lineal, con las ecuaciones $y=0.1414x+8.857$ y $y=0.1462x+7.316$, respectivamente. Los términos independientes (8.857 y 7.316) representan las respuestas del testigo, es decir, sin la aplicación de broza de quinua. Por su parte, los coeficientes 0.1414 y 0.1462 indican el incremento del ancho del limbo por cada unidad de broza de quinua incorporada. En general, el modelo lineal muestra un incremento continuo en la respuesta a medida que se aplican mayores niveles de broza.

3.3. Longitud de limbo de la hoja

Tabla 3.3

Análisis de varianza de la longitud de limbo de la hoja de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	12.330	6.165	14.219	0.0004**
Variedad (V)	1	1.140	1.140	2.629	0.1281ns
Nivel de Broza (B)	3	3.920	1.307	3.014	0.0655ns
Interacción (V*B)	3	4.150	1.383	3.191	0.0567ns
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	0.193	0.193	0.445	0.5160 ns
R. cuadrático	1	0.347	0.347	0.800	0.3864 ns
R. Cúbico	1	1.150	1.150	2.652	0.5659 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	3.295	3.295	7.600	0.0155 *
R. cuadrático	1	3.741	3.741	8.628	0.0108 *
R. Cúbico	1	0.350	0.350	0.807	0.3846 ns
Error	14	6.070	0.434		
Total	23	27.610			
C. V (%)	4.82				

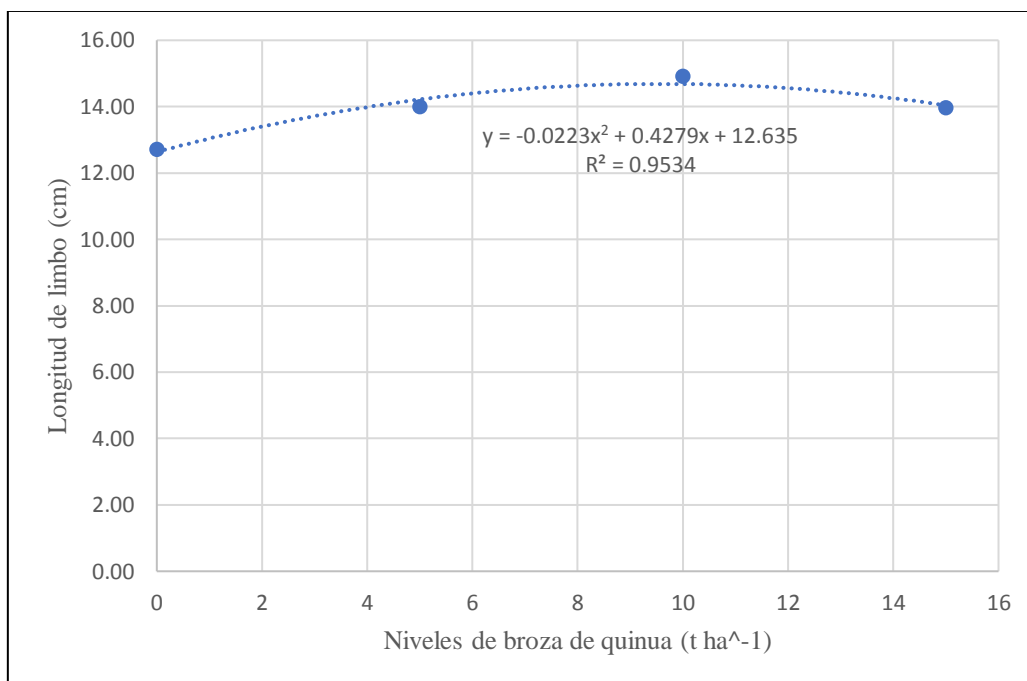
Nota. No significativo (ns), significativo (*), altamente significativo (**)

En la Tabla 3.3 se presenta análisis de varianza de la longitud promedio de limbo de la hoja de espinaca, donde se aprecia no significativo ($p\text{-valor} > 0.05$) para todas las fuentes de variación, variedades, niveles de broza y la interacción. Esto significa que, tanto las variedades y niveles de broza no tuvieron efecto diferenciado en la respuesta de la longitud de limbo. Se encontró coeficiente de variabilidad de 4.82%, lo que significa precisión y confiabilidad de los resultados. Debido a que no se encontró ninguna significancia estadística, no se realizará análisis de comparación de medias.

En el análisis de varianza de las regresiones, en la variedad Thor F1 no se encontraron modelos significativos; mientras, en la variedad Panthera los modelos lineal y cuadrático resultaron significativos.

Figura 3.6

Modelo de regresión del efecto de niveles de broza de quinua en longitud de limbo de la variedad Panthera en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.6 se muestra el modelo de regresión que describe la respuesta de la longitud del limbo foliar a los niveles de broza de quinua. Los resultados indican que la longitud del limbo se ajusta a un modelo cuadrático, representado por la ecuación $y = -0.0223x^2 + 0.4279x + 12.653$. Esto sugiere que, a medida que se incrementa la cantidad de broza aplicada, la longitud del limbo alcanza un valor máximo y posteriormente disminuye. Según la estimación, el nivel óptimo de broza para maximizar la longitud del limbo es de 9.59 t ha^{-1} , obteniéndose una longitud de 14.71 cm.

Si bien, en este trabajo de investigación no se encontraron resultados estadísticamente significativos, haciendo suponer que los resultados en cada uno de los niveles de broza de quinua y variedades fueron similares; bajo esta premisa, Canteño (2022) concluye que los abonos de fuentes orgánicas, a corto plazo generalmente no tienen efecto significativo en cultivos de corto periodo como espinaca, sino en largo plazo de manera gradual. Asimismo, Callizaya (2018) concuerda con la afirmación anterior, donde también encontró resultados parejos en cada uno de las dosificaciones de materia orgánica en el cultivo de espinaca. Meyhuay (2013) también afirma que la broza de quinua tiene diferentes composiciones nutricionales, esto al descomponerse se vuelven disponibles tanto para microorganismos y

cultivos. Por otra parte, Fernández (2023) también encontró rentabilidad de espinaca evaluando únicamente comportamiento de las variedades de Viroflay y Quinto, donde encontró con hojas largas y con longitud de limbo 30.98 cm, en la variedad Quinto a comparación del otro.

3.4. Número de hojas

Tabla 3.4

Análisis de varianza de número de hojas de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	12.760	6.380	9.646	0.0023**
Variedad (V)	1	8.880	8.880	13.425	0.0026**
Nivel de Broza (B)	3	11.540	3.847	5.816	0.0085**
Interacción (V*B)	3	2.430	0.810	1.225	0.3374 ns
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	0.771	0.771	1.166	0.2987 ns
R. cuadrático	1	1.080	1.080	1.633	0.2222ns
R. Cúbico	1	0.003	0.003	0.005	0.9503 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	7.921	7.921	11.976	0.0038**
R. cuadrático	1	4.083	4.083	6.173	0.0263*
R. Cúbico	1	0.113	0.113	0.171	0.6861ns
Error	14	9.260	0.661		
Total	23	44.870			
<hr/>					
C. V (%)	6.54				

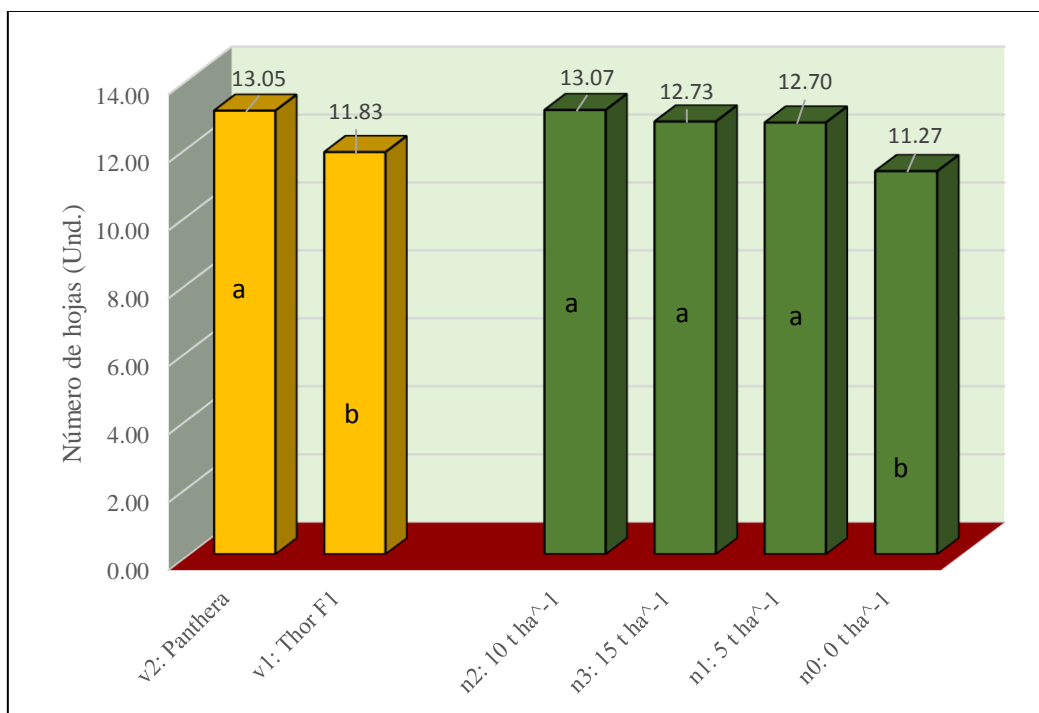
Nota. No significativo (ns), significativo (*), altamente significativo (**)

En la Tabla 3.4 se presenta análisis de varianza de número de hojas promedio de espinaca, donde se aprecia significancia estadística ($p\text{-valor} < 0.01^{**}$) para las fuentes de variación, variedades y niveles de broza, excepto en la interacción. Esto significa que, tanto las variedades y niveles de broza tuvieron efecto positivo de manera independiente en la respuesta. Se encontró coeficiente de variabilidad de 6.54%, lo que significa precisión y confiabilidad de los resultados. Este resultado nos permite realizar comparación de medias a función de los efectos principales.

En el análisis de varianza de las regresiones, no se encontraron modelos significativos en la variedad Thor F1. En cambio, en la variedad Panthera, los modelos lineales y cuadráticos resultaron significativos.

Figura 3.7

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del efecto principal de la variedad y niveles de broza de quinua en número de hojas de espinaca en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.7 se muestra la prueba de Tukey para los efectos principales en el número de hojas de espinaca. Según los resultados, la variedad Panthera fue estadísticamente superior, con un promedio de 13.05 hojas, superando a la variedad Thor en 1.22 hojas, lo que representa una ventaja del 9.35%. La aplicación de 10 t ha⁻¹ de broza de quinua resultó en el mayor número de hojas, con un promedio de 13.07, superando al testigo en un 13.77%. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas con respecto a los niveles de 15 y 5 t ha⁻¹.

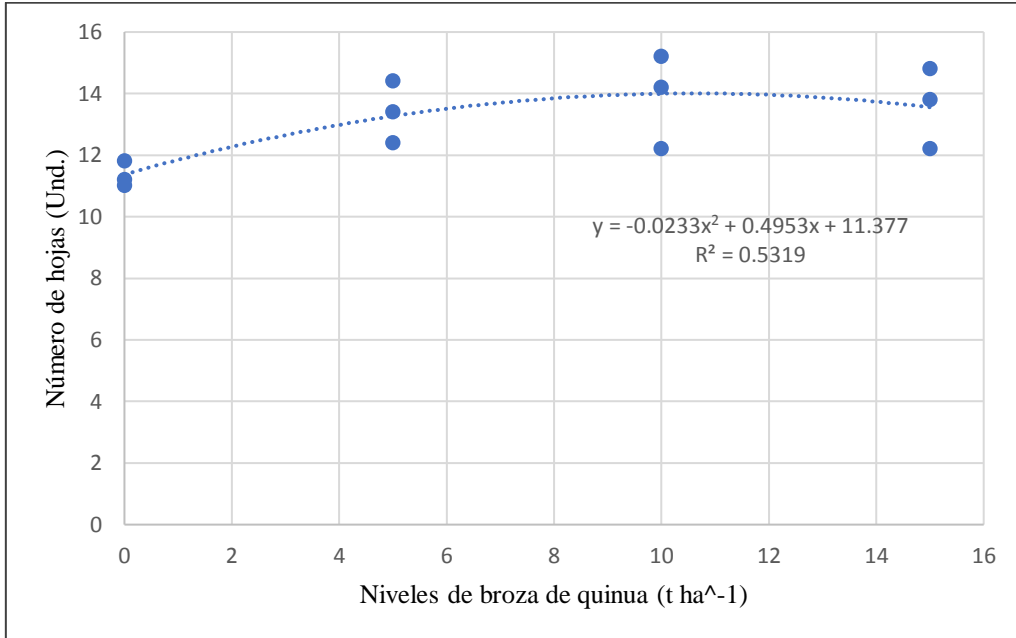
Estos resultados concuerdan con investigaciones previas que evaluaron el rendimiento de diversas variedades de espinaca. Por ejemplo, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2018), afirma en un estudio del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina, quien evaluó las características agronómicas de diferentes variedades de espinaca, como el número de hojas, y descubrió diferencias notables entre las variedades examinadas.

Maququhua (2018) en cuanto al uso de enmiendas orgánicas en espinaca afirma que, el uso de bioestimulantes y fertilizantes orgánicos en espinaca han demostrado efectos beneficiosos en

indicadores como el número de hojas y la producción general, a pesar de la falta de estudios específicos sobre el uso de broza de quinua en este cultivo.

Figura 3.8

Modelo de regresión de número de hojas de espinaca de variedad Panthera bajo el efecto de niveles de broza en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.7 se muestra modelo de regresión cuadrático del comportamiento de número de hojas en función de los niveles de broza de quinua. Según este resultado, podemos deducir que el número de hojas alcanza pico máximo con cierto nivel de broza, luego decrece. De la ecuación se deduce que el nivel 10.63 t ha^{-1} de broza maximiza la cantidad de hojas, alcanzando 14.0 unidades en promedio.

3.5. Rendimiento por hectárea

Tabla 3.5

Análisis de varianza de rendimiento de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	4.710	2.355	0.554	0.2517 ns
Variedad (V)	1	48.910	48.910	11.512	<0.0001**
Nivel de broza (N)	3	196.290	65.430	15.400	<0.0001**
Interacción (V*N)	3	19.110	6.370	1.499	0.7319 ns
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	119.340	119.340	28.089	0.0001**
R. cuadrático	1	32.210	32.210	7.581	0.0155*
R. Cúbico	1	3.060	3.060	0.720	0.4107 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	52.340	52.340	12.319	0.0035**
R. cuadrático	1	0.680	0.680	0.160	0.6948 ns
R. Cúbico	1	7.760	7.760	1.826	0.1979 ns
Error	14	59.480	4.249		
Total	23	328.500			
<hr/>					
C. V (%)	10.26				

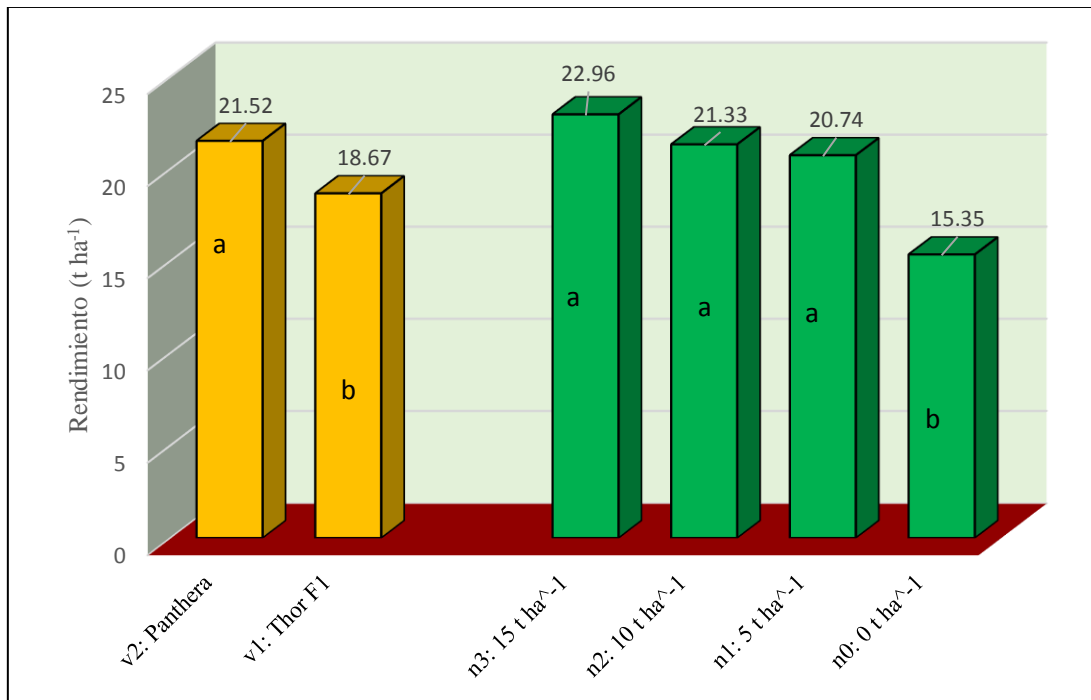
Nota. No significativo (ns), significativo (*), altamente significativo (**)

En la Tabla 3.5 se presenta el análisis de varianza del rendimiento por hectárea de espinaca, donde se observa una significancia estadística ($p\text{-valor} < 0.01^{**}$) tanto para la variedad y niveles de broza de quinua. Esto indica que, al menos una de las variedades y niveles de broza difieren del resto. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 10.26%, lo que refleja precisión y confiabilidad en los resultados. Este resultado permite realizar una comparación de medias en función de los efectos principales de las variedades y niveles de broza sobre el rendimiento.

Tanto en la variedad Thor F1 y Panthera, los modelos de regresión lineales fueron altamente significativas, lo que indica que el comportamiento en cada nivel de broza los rendimientos fueron crecientes.

Figura 3.9

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del efecto principal de variedades en rendimiento de espinaca por hectárea en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.8 se presenta la prueba de Tukey para el rendimiento de la espinaca en función del efecto de las variedades y niveles de broza. La variedad Panthera alcanzó un rendimiento de 21.52 t ha⁻¹, superando estadísticamente a la variedad Thor F1, que obtuvo 18.67 t ha⁻¹. Esta diferencia representa una ventaja de 2.85 t ha⁻¹, equivalente a un incremento del 13.24%.

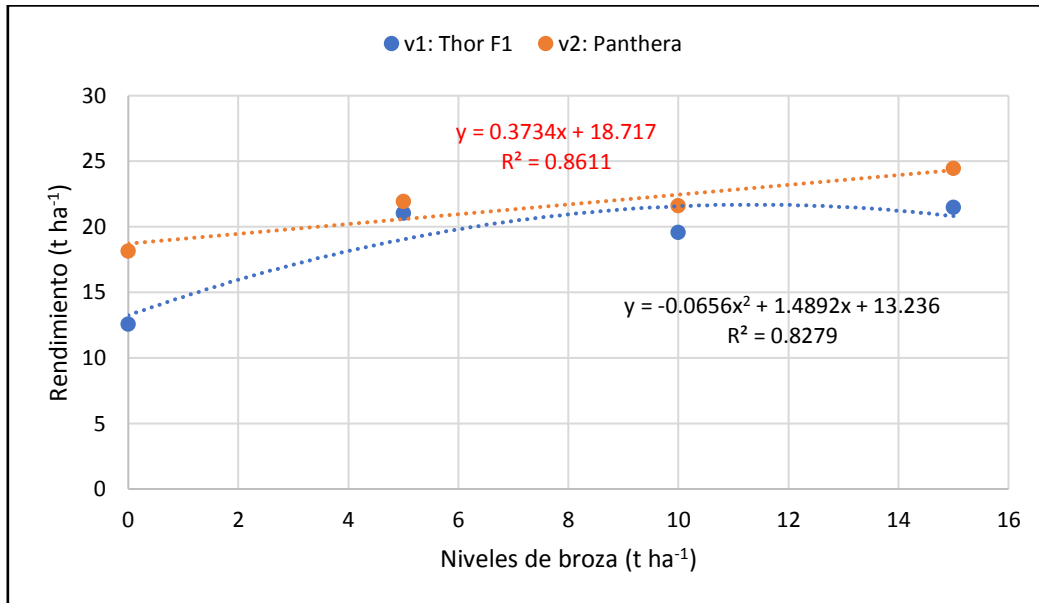
En el efecto de niveles de broza, en los niveles 5, 10 y 15 t ha⁻¹ se encontraron respuestas similares estadísticamente, cuyos valores fueron 20.74, 21.33 y 22.96 t ha⁻¹ de rendimiento, respectivamente. No obstante, los tres niveles únicamente se diferenciaron en comparación con el testigo.

En resumen, la variedad Panthera mostró un rendimiento superior en este estudio, probablemente gracias a sus características genéticas y a una buena interacción con las prácticas de manejo agronómico utilizadas. Estos resultados destacan lo importante que es elegir variedades bien adaptadas y aplicar estrategias de cultivo eficientes para lograr una mayor productividad en la espinaca. Asimismo, hace indicar que aplicando cualquiera de los niveles de broza también se pueden encontrar resultados similares en el rendimiento.

Este resultado subraya la importancia de seleccionar variedades con alto potencial genético y adaptabilidad a las prácticas agronómicas implementadas; con lo que coinciden Maythed Perzabal-Ramos et al. (2018), afirmando que elegir la variedad adecuada de espinaca es clave para obtener una cosecha abundante. Por ejemplo, la variedad Python F1 se destaca por su gran vigor y resistencia en condiciones difíciles, lo que se traduce en altos rendimientos. Por otro lado, la variedad Región F1 es muy apreciada por su rápido crecimiento y excelente productividad, logrando cosechas de entre 16 y 22 toneladas por hectárea. Según Mondino et al. (2017), los cultivares de espinaca en Argentina mostró que los rendimientos en cultivos al aire libre suelen variar entre 15 y 20 toneladas por hectárea, dependiendo de cómo se maneje el cultivo y de las condiciones climáticas. En nuestro caso, los resultados obtenidos, especialmente en la variedad Panthera, fueron superiores a estos valores. Esto podría deberse a la implementación de prácticas agronómicas más eficientes a condiciones ambientales particularmente favorables. Asimismo, Jayo (2018) en su investigación ha demostrado que el uso de fertilizantes orgánicos, como el guano de isla y microorganismos beneficiosos, puede aumentar significativamente el rendimiento de la espinaca. Si bien en nuestro estudio no se especifican las prácticas de fertilización empleadas, es posible que la combinación entre la variedad cultivada y el manejo agronómico haya influido en las diferencias de rendimiento que observamos. Tintayo (2020) afirma que las técnicas de manejo agronómico, como la fertilización adecuada y la densidad de siembra, influyen en el rendimiento, además de la genética. Según estudios, el rendimiento de la espinaca puede incrementarse considerablemente mediante el uso de biofermentos y la maximización de la densidad de cultivo. Livia et al. (2024), tras una investigación en las variedades de espinaca Imperial Green y Viroflay, también afirma que, además de aplicación de abonos naturales es muy importante dosificar los reguladores de crecimiento, con la finalidad de incentivar su desarrollo.

Figura 3.10

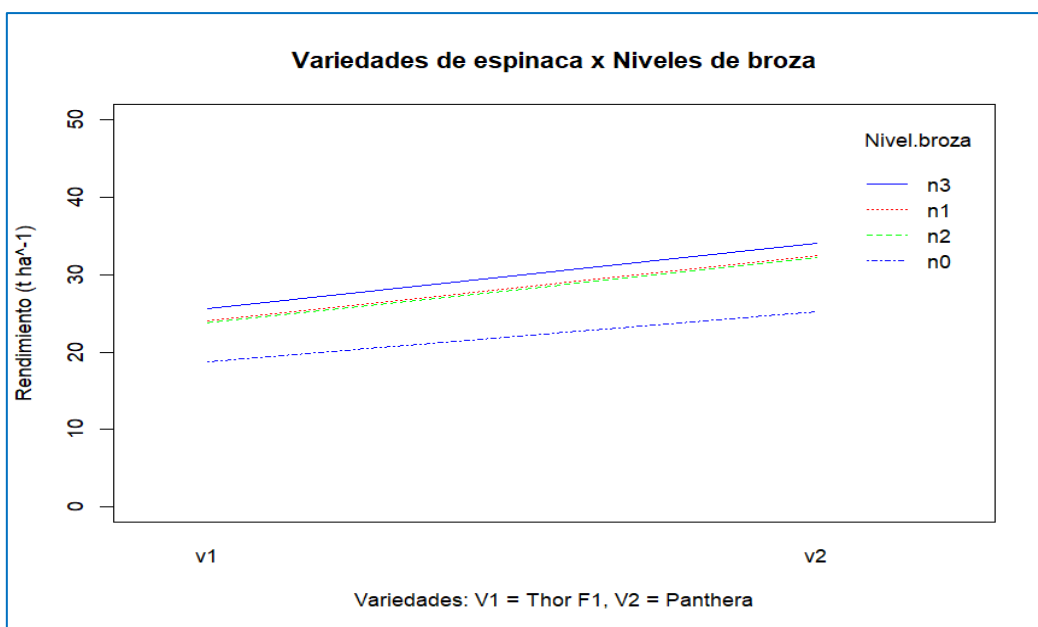
Regresión del rendimiento de las variedades de espinaca en los niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.10 se presenta modelo de regresión lineal para variedades Panthera, por cada nivel de incremento de la broza, los rendimientos se incrementan en 0.5052 t ha⁻¹; mientras, en la variedad Thor F1, la regresión resultó cuadrático, lo cual nos hace deducir que con un nivel de broza (11.35 t ha⁻¹) se logra maximizar el rendimiento.

Figura 3.11

Interacción de variedades y niveles de broza de quinua en Santiago de Huatatas 2637 msnm.

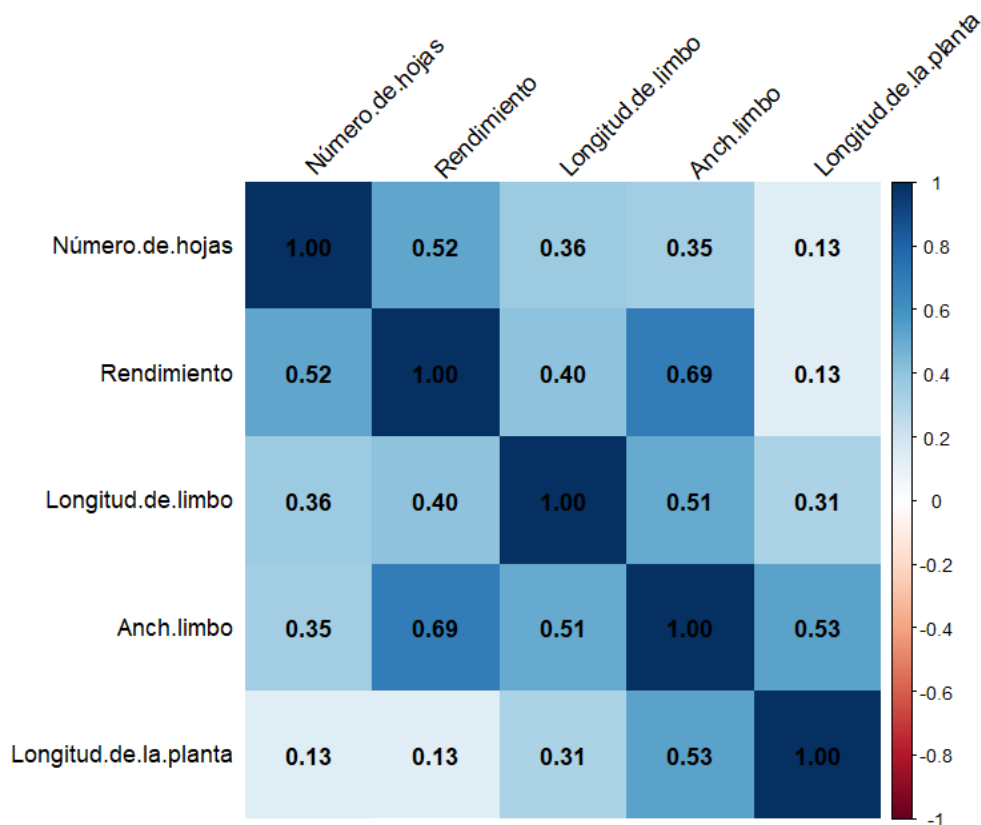


En la Figura 3.11 se refleja la interacción negativa de las variedades y niveles de broza de quinua en el rendimiento de espinaca, tal como lo muestra el análisis de varianza (Tabla 3.5). Cuando hablamos de una interacción negativa entre variedades y niveles de broza de quinua, nos referimos a que el impacto de la variedad sobre el rendimiento de espinaca no necesariamente depende de los niveles de broza que se esté utilizando.

3.6. Correlación de las variables

Figura 3.12

Correlación Pearson (r) de las variables de respuesta evaluadas en cultivo de espinaca con niveles de broza en Santiago de Huatatas 2637 msnm.



En la Figura 3.12 se aprecia los coeficientes de correlación de las variables evaluadas en este trabajo de investigación. Existe una relación alta entre longitud de limbo de la hoja y Ancho del limbo de la hoja (0.53); Rendimiento y Ancho del limbo de la hoja (0.69); rendimiento y número de hojas (0.52). Estos indican una relación directa positiva entre estas variables. Por ejemplo, a mayor número de hojas, se incrementa el rendimiento por hectárea, y viceversa.

Los coeficientes negativos indican una relación inversa, es decir, cuando una variable incrementa su respuesta, el otros disminuyen. En este trabajo no se presentó coeficientes negativos.

3.7. Análisis de rentabilidad económico

a. Costo de producción

Tabla 3.6

Costos de producción según los tratamientos

Tratamientos	Costos directos (S/.)	Costos indirectos (S/.)	Costo de producción (S/)
T1: Thor F1 + Broza (0.0 t ha ⁻¹)	11,709.99	1,459.00	13,168.63
T2: Thor F1+ Broza (5.0 t ha ⁻¹)	13,359.00	1,575.13	14,934.13
T3: Thor F1+ Broza (10.0 t ha ⁻¹)	15,009.00	1,690.63	16,699.63
T4: Thor F1+ Broza (15.0 t ha ⁻¹)	16,659.00	1,806.13	18,465.13
T5: Panthera + Broza (0.0 t ha ⁻¹)	11,309.00	1,431.63	12,740.63
T6: Panthera + Broza (5.0 t ha ⁻¹)	12,959.00	1,547.13	14,506.13
T7: Panthera + Broza (10.0 t ha ⁻¹)	14,609.00	1,662.63	16,271.63
T8: Panthera + Broza (15.0 t ha ⁻¹)	16,259.00	1,778.13	18,037.13

En la Tabla 3.6 se muestran los costos de producción para cada tratamiento. Se observa que el costo de producción más alto corresponde al tratamiento T4 (Thor F1 + Broza 15.0 t ha⁻¹), con un valor de 18,465.13 soles. Por otro lado, el costo de producción más bajo se registró en el tratamiento T5 (Panthera + Broza 0.0 t ha⁻¹), con un valor de 12,740.63 soles.

b. Rentabilidad económica

Tabla 3.7

Rentabilidad económica financiera porcentaje de rentabilidad y B/C

Tratamientos	Costo de prod. (S/.)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	N° atados / ha	Precio por kg			índice de rentabilidad (%)	B/C
				(S/.)	valor de venta (S/	Utilidad neta(S/.)		
				Chacra	Chacra	Chacra		
T1	13,168.63	12.57	42,349.00	0.4	16,939.60	3,770.97	-71.36	1.07
T2	14,934.13	19.57	65,940.00	0.5	32,970.00	18,035.87	20.77	1.84
T3	16,699.63	21.04	70,881.00	0.7	49,616.70	32,917.07	97.11	2.48
T4	18,465.13	21.48	72,384.00	0.7	50,668.80	32,203.67	74.40	2.29
T5	12,740.13	18.12	61,063.00	0.4	24,425.20	11,685.07	-8.28	1.60
T6	14,506.13	21.90	73,798.00	0.5	36,899.00	22,392.87	54.37	2.12
T7	16,271.13	21.61	72,814.00	0.7	50,969.80	34,698.67	113.25	2.61
T8	18,037.13	24.44	82,354.00	0.7	57,647.80	39,610.67	119.61	2.66

Nota: B/C = 1: no hay ganancia ni pérdida, B/C < 1: no rentable, B/C > 1: rentable

En la Tabla 3.7 se muestra los indicadores económicos de rentabilidad, B/C (beneficio costo) y porcentaje de rentabilidad. Se evaluó la influencia de la broza de semillas de quinua y las variedades en el beneficio económico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo las condiciones de Santiago de Huatatas. Según el valor Beneficio/Costo (B/C) estimado, los tratamientos con los valores más altos fueron T7 (Panthera + Broza 10.0 t ha⁻¹) y T8 (Panthera + Broza 15.0 t ha⁻¹), con 2.61 y 2.66, respectivamente. Esto significa que, en estos tratamientos se obtuvo un retorno de 1.61 y 1.66 soles por cada sol invertido, respectivamente; de esta manera deducimos que fueron más rentables a comparación del resto de los tratamientos.

En porcentaje de rentabilidad evaluado, también los mismos tratamientos mencionados fueron con valores más altos, 110.30 y 119.72 % para los T7 y T8, respectivamente. Estos muestran ganancias de 110.30 y 119.72 % por encima de lo invertido.

Todos los tratamientos mostraron rentabilidad, lo cual concuerda con otras investigaciones de Jayo (2018) que demuestran la viabilidad económica del cultivo de espinaca en diferentes condiciones agronómicas. Por ejemplo, un estudio en Ayacucho (Canaán) examinó el uso de guano de isla y microorganismos eficaces (ME) en el cultivo de espinaca y descubrió que algunos tratamientos aumentaron considerablemente el rendimiento y la rentabilidad del cultivo. Este estudio encontró un relativo aumento perceptible en la rentabilidad al aplicar broza de quinua como enmienda orgánica. No obstante, en otros contextos, Ticona (2017) han investigado el uso de los restos de quinua en la agricultura, estos hallazgos implican que los

subproductos de la quinua podrían tener usos útiles en sistemas agrícolas integrados, aunque no sean inmediatamente aplicables a la producción de espinaca.

Las variedades en este estudio tuvieron influencia muy importante, incluso en comparación de medias de rendimiento resultaron significativos. Estos resultados concuerdan con los reportes de Fernández (2023), quien encontró rentabilidad de espinaca en las variedades Viroflay, más que la otra variedad Quinto. Finalmente, concluye que los factores resaltantes fueron el desarrollo adecuado de las hojas, el cual repercutió en el alto rendimiento. También Livia et al. (2024), tras una investigación en las variedades de espinaca Imperial Green y Viroflay, donde concluyeron que los resultados en ambas variedades fueron similares tras aplicaciones de abonos naturales y hormonas reguladores de crecimiento.

Asimismo. En sus reportes de MIDAGRI (2022) los precios por kilogramo de espinaca fluctúan regularmente durante el año, en el mes de febrero se percibió el precio más alto, S/ 1.45; mientras el más bajo se percibió en el mes de octubre, S/ 1.04 soles; al final obteniendo precio promedio nacional anual de s/ 1.30 por cada kilogramo.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de broza de quinua incrementó significativamente la productividad de espinaca: Con 15 t ha⁻¹ de broza de quinua se obtuvo 22,96 t ha⁻¹ de espinaca, el incremento es de 49,6 % (7,61 t ha⁻¹ más que el testigo); con 10 t ha⁻¹ de broza de quinua se obtuvo 21,33 t ha⁻¹ de espinaca, 5.98 t ha⁻¹ más que el testigo (38.9% de incremento) y con 5 t ha⁻¹ de broza de quinua 20,74 t ha⁻¹ de espinaca (35,1 %; 5.39 t ha⁻¹ más que el testigo).
2. La variedad Panthera obtuvo 21,52 t ha⁻¹ de espinaca, 15 % más (2.85 t ha⁻¹) a diferencia de Thor F1 que obtuvo 18,67 t ha⁻¹ de espinaca, ventaja atribuible a su mayor ancho foliar (11,05 cm) y a un número superior de hojas por planta (13,05).
3. En el análisis de rentabilidad económico, acorde al valor Beneficio/Costo (B/C) estimado, los tratamientos más rentables fueron T7 (Panthera + Broza 10.0 t ha⁻¹) y T8 (Panthera + Broza 15.0 t ha⁻¹), con 2.61 y 2.66, respectivamente. Esto significa que en estos tratamientos se obtuvo un retorno de 1.61 y 1.66 soles por cada sol invertido, respectivamente.

RECOMENDACIONES

1. Para aumentar de forma consistente la productividad, incorporar broza de quinua en el rango de 10–15 t ha⁻¹. La dosis de 10 t ha⁻¹ ya aporta un 38,9 % adicional de rendimiento con menor costo de insumo; reserve los 15 t ha⁻¹ solo cuando disponga de abundante broza o cuando el precio de mercado justifique maximizar la producción.
2. Para un mayor rendimiento, volumen y calidad de hojas, sembrar preferentemente la variedad Panthera, que rinde un 15 % más que Thor F1 gracias a su mayor número y ancho de hojas; use semilla certificada.
3. Para optimizar la relación beneficio/costo, adopte el paquete Panthera + 10 t ha⁻¹ de broza de quinua, que devuelve \approx S/ 1,61 por cada sol invertido; documente costos y rendimientos por campaña para confirmar la rentabilidad y ajustar la dosis de broza si varía el precio del insumo o del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, L., Espinosa, L., Fuentes, L., Garzón, C., Niño, N., Jiménez, J., ... & Gil, R. (2010). *El cultivo de la espinaca y su manejo fitosanitario en Colombia*. Editorial Tadeo Lozano. <https://acortar.link/rprwaA>
- Asela, D., Del Puerto Rodríguez, M., Susana, D., Tamayo, S., Daniel, L., & Palacio Estrada, E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372–387. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). *Manual: Espinaca*. <http://hdl.handle.net/11520/14310>
- Cabrera, F. (2009). Materia orgánica del suelo: papel de las enmiendas orgánica. *Real Academia Sevillana de Ciencias*, 10, 275–291. <https://digital.csic.es/handle/10261/28751>
- Choque, C. D. (2010). Aplicación de cantidades de compost elaborado a partir de estiércol de llama y broza para la producción de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Topohoco - La Paz. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9820/T-1453.pdf?sequence=1>
- Callizaya, F. M. (2018). *Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento de variedades de espinaca (Spinacea oleracea L.) bajo condiciones de ambiente protegido en el municipio de el alto* [[Tesis pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]]. <https://bit.ly/3ZGgZtE>
- Canteño, F. (2022). Efecto del abonamiento con fuentes orgánicas en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* var. viroflay), en condiciones edafoclimáticas de Choras, Yarowilca. [[Tesis pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]]. In *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*. <https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1097/T2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y> 885
- Donaire, E. R. (2019). Estudio de germinación del cultivo agroecológico Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Hondo de Elche (Alicante). [Tesis de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/5407/1/TFM%20Donaire%20Egu%C3%ADvar%20Rosmery.pdf>
- Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P., & Romero, A. (2011). Degradación de suelos por

- actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía*, (53-54), 77–88. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/143451>
- Eynolds, B., & Hunter, M. (2001). Responses of soil respiration, soil nutrients, and litter decomposition to inputs from canopy herbivores. *Soil Biol. Biochem*, 33(12), 1641–1652. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071701000852>
- Falcón, R; y Riveros, E. (2011). Análisis comparativo de las exportaciones de quinua de Perú y Bolivia 2005-2010. Usos de la quinua: forraje. Tesis de grado. Lima, Perú. Universidad San Martín de Porres. 205 p. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2852869>
- Fonseca, D. K., & Calderón, C. R. (2021). Efecto del producto biofertmex (*Glomus sp*) en el desarrollo y producción de un cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) en Zipaquirá , Cundinamarca. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 7(2), 45–58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8658129>
- Fundación para la Promoción e Investigación en Productos Andinos (PROIMPA,2024). Quinoa-Aspectos socioeconómicos-Bolivia. 2. Quinoa-Producción. I. Paz Soldán, Marcelo, ed. II. Abrego Sivila, Adriana, ed. III. UPB/ PROINPA (Cochabamba). IV. Calvo Cárdenas, Giselle, aut. V. Serie. CDD: 633.1. https://www.swisscontact.org/_Resources/Persistent/e/7/9/f/e79f3a6052f9820bd13a3aa5ec1fd7742369edf1/EL-LIBRO-DE-LA-QUINUA-2024.pdf
- Fernández, W. (2023). Evaluación de diferentes marcos de plantación en dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en el Centro Experimental Cota Cota. APThAPI, 95. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2519-93822023000100003&script=sci_arttext&tlng=es
- González, H., Sadeghian, S., Zapata, D., & Mejía, B. (2008). Fraccionamiento de la materia orgánica en suelos de la zona cafetera de caldas. *Cenicafé*, 59(4), 310–320. https://stud.epsilon.slu.se/4364/1/ribeiro_cabral_m_120625.pdf
- Huerta, J. L. (2016). *Evaluación del efecto del guano de isla y EMA en el rendimiento del cultivo de espinaca (Spinacia oleracea L) en el distrito y provincia de Recuay-Ancash año 2015* [[Tesis pregrado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]]. <https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1097/T8852016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hernández Galván, D. G. (2019). Evaluación del crecimiento, desarrollo y rendimiento de tres variedades de maíz en asocio con frijol y soya, bajo dos arreglos de siembra. https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2ace215a-4604-4c05-bbcb-f068d5ede9e2/content?utm_source=chatgpt.com
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). Producción de hortalizas según departamento, 2014. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/cap12/cap12018.xls
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (s.f.). Requerimientos de nutrientes en cultivos hortícolas. https://www.manualfitosanitario.com/InfoNews/INTA-requerimientos%20nutritivos%20de%20cultivos%20horticolas.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2018). Evaluación agronómica de cultivares de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) con destino industrial en el Cinturón Hortícola de Rosario. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/210699/CONICET_Digital_Nro.0a101a70-6092-4d87-86e4-e9dd6dc42fdd_B.pdf?sequence=2
- Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2002). El cultivo de espinaca. Ministerio de Agricultura, Lima - Perú. <https://repositorio.inia.gob.pe/server/api/core/bitstreams/8e160f0e-e5a5-4905-a0c9-10f41473eb9c/content>
- Izquierdo Bautista, J., & Arévalo Hernández, J. J. (2021). Determinación del carbono orgánico por el método químico y por calcinación. *Ingeniería y Región*, 26, 20–28. <https://doi.org/10.25054/22161325.2527>
- Jayo, J. (2018). *Niveles de guano de isla y dosis de microorganismos eficaces en el rendimiento de espinaca (Spinacia oleracea L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho* [Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3090>
- Laserna, S. (2013, enero del 2025). Abonado de Espinaca, extracciones y Dosis de Nutrientes para fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasa. Agroes.es.

https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/espinaca/513-espinacas-dosis-de-nutrientes-para-abonado-cultivo?utm_source=chatgpt.com

Livia, C. L. S., Taípe, T. A., Cabello, G. G., Mendoza, P., & Llanos Zevallos, M. (2024). Efecto tres enraizadores en producción de plántulas, dos variedades *Spinacea oleracea* L. (espinaca) en condiciones de almacigado. *Revista Alfa*, 8(24), 729–736. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.298>

Maquerhua, L. M. V. (2018). Efecto del abonamiento y fertilización en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo condiciones de fitotoldo en K'ayra- Cusco. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4409/253T20190421_TC.pdf?sequence=1

Maythed Perzabal-Ramos, Engelberto Sandoval-Castro, Ramón Díaz-Ruíz, Huerta-de, A., Figueroa-Brito, R., & Bahena-Juárez, F. (2018). Respuesta de espinaca y de *Spodoptera exigua* a fertilización orgánica y mineral. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(4), 723–735. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i4.1390>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Bolitin estadística mensual: El Agro en cifras*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/1763886-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2021>

Meyhuay, M. (2013). Quinoa: operaciones de postcosecha. AGSI/FAO Instituto de Desarrollo Agroindustrial (en línea). 35 p. Consultado 10 jun 2020. <http://www.fao.org/3/ar364s.pdf>

Murillo, Á., Vega, L., Rodríguez, D., & Yumisaca, F. (2023). Manual del Cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Ecuador. Iniap.gob.ec. <https://doi.org/978-9942-22-575-7>.

Niño, N. E., Espinosa B., L., Gil, R., Menza, G., & Jiménez, J. A. (2011). Enfermedades de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en Cota (Cundinamarca) y control del mildew veloso (*Peronospora farinosa*, Byford). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 3(2), 161–174. <https://doi.org/10.17584/rcch.2009v3i2.1210>

Mondino, M. C., Balaban, D., & Vicente, D. (2017). Evaluación agronómica de cultivares de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) con destino industrial en el Cinturón Hortícola de Rosario.

- Cátedra de Sistemas de Cultivos Intensivos – Horticultura.
https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/12925/AM49_001.pdf?sequence=2
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1977). *Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos* (Vol. 45). <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>
- Paz, R. M., & Valencia, L. M. (2014). *Estudio de factibilidad para el lanzamiento comercial de espinaca en polvo con potencialidad de exportación a EEUU, 2014* [Universidad Católica de Santa María]. <https://core.ac.uk/download/pdf/198132559.pdf>
- Serrano, Z. (1976). *Cultivo de espinaca* (Vol. 6). https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1976_06.pdf
- Jayo, J. (2018). Niveles de guano de isla y dosis de microorganismos eficaces en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho [[Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]]. In *Respositorio UNSCH*. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/574>
- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA (CHILE)*, 24(1), 49–61. <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v24n1/art09.pdf>
- Laura, M. (2016). Influencia de la materia orgánica del suelo en el escuestro de carbono. biochar, una estrategia potencial. In *Universidad de Zaragoza*. <https://zaguan.unizar.es/record/112622/files/TAZ-TFG-2022-641.pdf>
- Porta, J., López-Acevedo, M., & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. (M. M.-P. Libros (ed.); 3ª Edición).
- Pedraza, P. L., & Escobar, E. T. (2023). Aplicación de biol y biosol en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de invernadero en Acobamba, Huancavelica. Unh.edu.pe; [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. https://repositorio.unh.edu.pe/items/00c0fa45-d4bb-4d25-a40e-54ad41c60601?utm_source=chatgpt.com
- Ribeiro, M. (2012). Relation and change over time of CN-ratios throughout Swedish peatlands and in seven fertility classes. In *Swedish University of Agricultural Sciences Department*

of Soil and Environment Relation.
https://stud.epsilon.slu.se/4364/1/ribeiro_cabral_m_120625.pdf

Romaniuk, R., Giuffré, L., & Romero, R. (2010). *Efecto del agregado de vermicompost sobre propiedades físicas, químicas y biológicas de un Hapludol típico de La Pampa Deprimida.* 30(2), 85–93. <https://core.ac.uk/download/pdf/144234008.pdf>

Sadeghian, S. (2010). La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros. In *La materia orgánica: componente esencial en la sostenibilidad de los agroecosistemas cafeteros.* Cenicafé. <https://doi.org/10.38141/cenbook-0018>

Shunfeng, G., Haigang, X., Mengmeng, J., & Yuanmao, J. (2013). Characteristics of soil organic carbon, total nitrogen, and C/N ratio in chinese apple orchards. *Open Journal of Soil Science*, 03(05), 213–217. <https://doi.org/10.4236/ojss.2013.35025>

Tineo, A. (1994). Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.* https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1029/Crianza_y_manejo_de_lombrices_de_tierra.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ticona, A. W. (2017). Uso de residuos de quinua (*Chenopodium quinoa* W) en la productividad y rentabilidad de cuyes (*Cavia porcellus* L). (2020). [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Altiplano]. 1library.co. <https://1library.co/document/zx5m10vq-residuos-quinua-chenopodium-quinua-productividad-rentabilidad-cavia-porcellus.html>

Tintayo, R. E. E. (2020). Aplicación de diferentes dosis de bioestimulante trihormonal en el rendimiento de cuatro híbridos de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6395/T010_72948747_T.pdf?utm_source=chatgpt.com

Torres, M. del R., Fernández, F., Barriga, I. de los A., & Ramírez, F. (2006). Dinámica de las bacterias anaeróbicas en las fases terminales de la mineralización de la materia orgánica en el sedimento de los ecosistemas Carretas-Pereyra y Chantuto-Panzacola. *Hidrobiológica*, 16(2), 183–196. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972006000200008

ANEXOS

Anexo 1. Costo de producción de los tratamientos

Tratamiento 1 (T1) = Thor F1 + 0 tha^{-1} de Broza de Quinua

Ítem	ACTIVIDADES: T1	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				11,709.00
					11,709.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				300.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preapacion de atados	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				2,966.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	0	0.30	-
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wettex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	20	120.00	2,400.00
1.5.6	Semillas Panthera	kg	0	100.00	-
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,459.63
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
2.2	Análisis de broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.3	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.4	Gastos administrativos 5% CD			5%	585.45
2.5	Imprevistos 2% CD			2%	234.18
	COSTOS TOTALES				13,168.63

Tratamiento 2 (T2) = Thor F1 + 5 tha^{-1} de Broza de Quinua

Ítem	ACTIVIDADES: T2	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				13,359.00
					13,359.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				450.00
1.2.1	Incorporación de broza de quinua	Jornal	3	50.00	150.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preapación de atados	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				4,466.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	5000	0.30	1,500.00
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wettex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	20	120.00	2,400.00
1.5.6	Semillas Panthera	kg	0	100.00	-
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,575.13
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
2.2	Análisis de broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.3	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.4	Gastos administrativos 5% CD			5%	667.95
2.5	Imprevistos 2% CD			2%	267.18
	COSTOS TOTALES				14,934.13

Tratamiento 3 (T3) = Thor F1 + 10 tha^{-1} de Broza de Quinua

Ítem	ACTIVIDADES: T3	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				15,009.00
					15,009.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				600.00
1.2.1	Incorporacion de broza de quinua	Jornal	6	50.00	300.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preapacion de atados	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				5,966.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	10000	0.30	3,000.00
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wettex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	20	120.00	2,400.00
1.5.6	Semillas Panthera	kg	0	100.00	-
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,690.63
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
2.2	Análisis de broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.3	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.4	Gastos administrativos 5% CD			5%	750.45
2.5	Imprevistos 2% CD			2%	300.18
	COSTOS TOTALES				16,699.63

Tratamiento 4 (T4) = Thor F1 + 15 tha^{-1} de Broza de Quinua

Ítem	ACTIVIDADES: T4	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				16,659.00
					16,659.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				750.00
1.2.1	Incorporacion de broza de quinua	Jornal	9	50.00	450.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preapacion de atados	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				7,466.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	15000	0.30	4,500.00
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wettex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	20	120.00	2,400.00
1.5.6	Semillas Panthera	kg	0	100.00	-
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,806.13
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
2.2	Análisis del broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.3	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.4	Gastos administrativos 5% CD			5%	832.95
2.5	Imprevistos 2% CD			2%	333.18
	COSTOS TOTALES				18,465.13

Tratamiento 5 (T5) = Panthera + 0 tha^{-1} de Broza de Quinoa

Ítem	ACTIVIDADES: T5	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				11,309.00
					11,309.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				300.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preapacion de atados	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				2,566.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	0	0.50	-
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wettex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	0	120.00	-
1.5.6	Semillas Panthera	kg	20	100.00	2,000.00
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,431.63
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
2.2	Análisis de broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.3	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.4	Gastos administrativos 5% CD			5%	565.45
2.5	Imprevistos 2% CD			2%	226.18
	COSTOS TOTALES				12,740.63

Tratamiento 6 (T6) = Panthera + 5 tha^{-1} de Broza de Quinua

Ítem	ACTIVIDADES: T6	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				12,959.00
					12,959.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				450.00
1.2.1	Incorporacion de broza de quinua	Jornal	3	50.00	150.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preapacion de atados	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				4,066.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	5000	0.30	1,500.00
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wettex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	0	120.00	-
1.5.6	Semillas Panthera	kg	20	100.00	2,000.00
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,547.13
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
	Análisis de broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.2	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.3	Gastos administrativos 5% CD			5%	647.95
2.4	Imprevistos 2% CD			2%	259.18
	COSTOS TOTALES				14,506.13

Tratamiento 7 (T7) = Panthera + 10 tha^{-1} de Broza de Quinua

Ítem	ACTIVIDADES: T7	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				14,609.00
					14,609.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				600.00
1.2.1	Incorporacion de broza de quinua	Jornal	6	50.00	300.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preapacion de atados	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				5,566.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	10000	0.30	3,000.00
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wettex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	0	120.00	-
1.5.6	Semillas Panthera	kg	20	100.00	2,000.00
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,662.63
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
2.2	Análisis de broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.3	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.4	Gastos administrativos 5% CD			5%	730.45
2.5	Imprevistos 2% CD			2%	292.18
	COSTOS TOTALES				16,271.63

Tratamiento 8 (T8) = Panthera + 15 tha^{-1} de Broza de Quinua

Ítem	ACTIVIDADES: T8	Unidad de medida	Cantidad	Costo Unitario (S/.)	Sub Total por Actividad (S/.)
1	COSTOS DIRECTOS				16,259.00
					16,259.00
1.1	PREPARACIÓN DEL TERENO				745.00
1.1.1	Limpieza del terreno	Jornal	0.5	50.00	25.00
1.1.2	Aradura mecanizada	HM	4	70.00	280.00
1.1.3	Rastra mecanizada	HM	2	70.00	140.00
1.1.4	Surcado	Jornal	6	50.00	300.00
1.2	PROCESO SIEMBRA DIRECTA				750.00
1.2.1	Incorporacion de broza de quinua	Jornal	9	50.00	450.00
1.2.2	Siembra a chorro continuo	Jornal	6	50.00	300.00
1.3	LABORES CULTURALES				1,600.00
1.3.1	Control de arvenses (1ra y 2da)	Jornal	12	50.00	600.00
1.3.2	Riego por goteo por campaña (global)	Jornal	3	50.00	150.00
1.3.3	Control fitosanitario (1ro, 2do)	Jornal	4	50.00	200.00
1.3.4	Raleo	Jornal	5	50.00	250.00
1.3.5	Fertilización	Jornal	2	50.00	100.00
1.3.6	Escarda	Jornal	6	50.00	300.00
1.4	COSECHA				500.00
1.4.1	Corte de planta	Jornal	4	50.00	200.00
1.4.2	Selección de plantas	Jornal	6	50.00	300.00
1.4.3	Preparacion de atado	Jornal	6	50.00	300.00
1.5	INSUMOS				7,066.50
1.5.1	Broza de quinua	kg	15000	0.30	4,500.00
1.5.2	Fungicidas	L	5	45.00	225.00
1.5.3	Insecticidas	kg	2	35.00	70.00
1.5.4	Wetex (coadyuvante)	L	0.5	35.00	17.50
1.5.5	Semillas Thor	kg	0	120.00	-
1.5.6	Semillas Panthera	kg	20	100.00	2,000.00
1.5.7	20-20-20 NPK	kg	100	2.54	254.00
1.6	MATERIALES Y EQUIPOS				5,597.50
1.6.1	Mantas	und	10	2.50	25.00
1.6.2	Costales	und	6	2.50	15.00
1.6.3	Pitas	und	5	1.50	7.50
1.6.4	Mochila fumigadora	und	1	350.00	350.00
1.6.5	Implementos de riego	global	1	5,000.00	5,000.00
1.6.6	Azadones	unid	5	40.00	200.00
2	COSTOS INDIRECTOS				1,778.13
2.1	Análisis del suelo	und	1	70.00	70.00
2.2	Análisis de broza de quinua	und	1	70.00	70.00
2.3	Alquilar de terreno	und	1	500.00	500.00
2.4	Gastos administrativos 5% CD			5%	812.95
2.5	Imprevistos 2% CD			2%	325.18
COSTOS TOTALES					18,037.13

Anexo 2. Datos de campo por tratamientos de espinaca con niveles de broza de quinua

trt	bloq	Variedad	Nivel broza	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Número de hojas (und.)	Longitud de limbo (cm)	Ancho limbo (cm)	Longitud de la planta (cm)
T1	i	v1	n0	13.069	11.20	12.00	7.82	13.76
T1	ii	v1	n0	13.228	11.20	14.24	7.42	13.54
T1	iii	v1	n0	11.411	11.20	14.28	4.96	11.68
T2	i	v1	n1	17.372	10.80	12.56	8.88	15.40
T2	ii	v1	n1	21.069	12.80	14.06	9.78	16.20
T2	iii	v1	n1	20.273	12.40	12.62	8.00	14.70
T3	i	v1	n2	19.508	10.60	13.00	9.10	16.40
T3	ii	v1	n2	21.994	12.60	14.50	10.00	17.20
T3	iii	v1	n2	21.611	13.60	12.98	7.50	15.70
T4	i	v1	n3	22.472	10.20	13.58	9.70	16.68
T4	ii	v1	n3	21.866	12.20	15.08	10.14	17.48
T4	iii	v1	n3	20.113	13.20	12.58	7.64	15.98
T5	i	v2	n0	14.184	11.80	12.54	9.76	12.54
T5	ii	v2	n0	20.464	11.20	14.04	9.60	13.34
T5	iii	v2	n0	19.723	11.00	11.54	7.10	11.84
T6	i	v2	n1	23.301	12.40	13.72	9.94	13.64
T6	ii	v2	n1	21.229	14.40	15.22	10.84	14.44
T6	iii	v2	n1	21.181	13.40	13.02	8.34	12.94
T7	i	v2	n2	22.536	12.20	14.38	10.32	14.58
T7	ii	v2	n2	21.930	14.20	15.88	11.22	15.38
T7	iii	v2	n2	20.368	15.20	14.48	8.72	13.88
T8	i	v2	n3	27.891	12.20	14.60	11.08	15.70
T8	ii	v2	n3	23.492	13.80	14.40	11.98	16.50
T8	iii	v2	n3	21.946	14.80	12.88	10.10	15.00

Anexo 3. Análisis de suelos de la parcela experimental



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
N° 10275-23/SU/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Heydi Noemí Aguilar
 Propietario / Productor : Heydi Noemí Aguilar
 Dirección del cliente : Asoc. Los Mecánicos Mz I-1 Lote 3 A - Ayacucho
 Solicitado por : I
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 01 muestra
 Producto declarado : Suelo Agrícola
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico transparente
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Tambillo - Huamanga - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 06-10-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-10-06
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliarens - LABSAF Canaan
 Fecha(s) de análisis : 2023-10-09 al 2023-10-12
 Cotización del servicio : 096-23-CA
 Fecha de emisión : 2023-10-13

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1440-CA-23					
Matriz Analizada	Suelo					
Fecha de Muestreo	06/10/2023(*)					
Hora de Inicio de Muestreo (h)	10:00 (*)					
Condición de la muestra	Conservada					
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	--					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.4			
Conductividad Eléctrica	mS/m	1.0	8.3			
Materia Orgánica (**)	%	0.2	1.9			
Nitrógeno (**)	%	--	0.10			
Fósforo disponible (**)	mg/kg	--	33.76			
Potasio disponible (**)	mg/kg	--	151.76			
Carbonato de calcio (**)	%	--	--			
Acidez Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--			
Aluminio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	--	--			
Textura (**)						
Arena	%	--	54			
Limo	%	--	34			
Arcilla	%	--	12			
Clase Textural	---	--	Franco Arenoso			
Bases Intercambiables (**)						
Calcio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.20	3.86			
Magnesio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	3.26			
Potasio Intercambiable(**)	cmol (+)/Kg	0.10	2.58			
Sodio Intercambiable (**)	cmol (+)/Kg	0.10	2.54			
CIC (**)	cmol (+)/Kg	--	12.25			

Anexo 4. Análisis de broza de semillas de quinua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
 LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996
 Ayacucho – Perú

“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Región : Ayacucho HR: 0013
 Provincia : Huamanga
 Distrito : Ayacucho
 Localidad : Pampa del Arco (NIPUH) – Programa de Pastos
 Proyecto : “TESIS”
 Solicitante : Sr. Eder Molina Yucra
 Muestra : Broza de semillas de quinua

ANALISIS FISICO - QUIMICO

Muestra	Nitrógeno N-total (%)	Fósforo P ₂ O ₅ (%)	Potasio K ₂ O (%)	Calcio CaO (%)	Magnesio MgO (%)	Azufre SO ₄ ⁼ (%)
01	2.25	0.62	1.45	1.10	0.75	0.14
	pH	Materia Orgánica (%)	C.E (mS/cm)			
01	6.5	45	8			

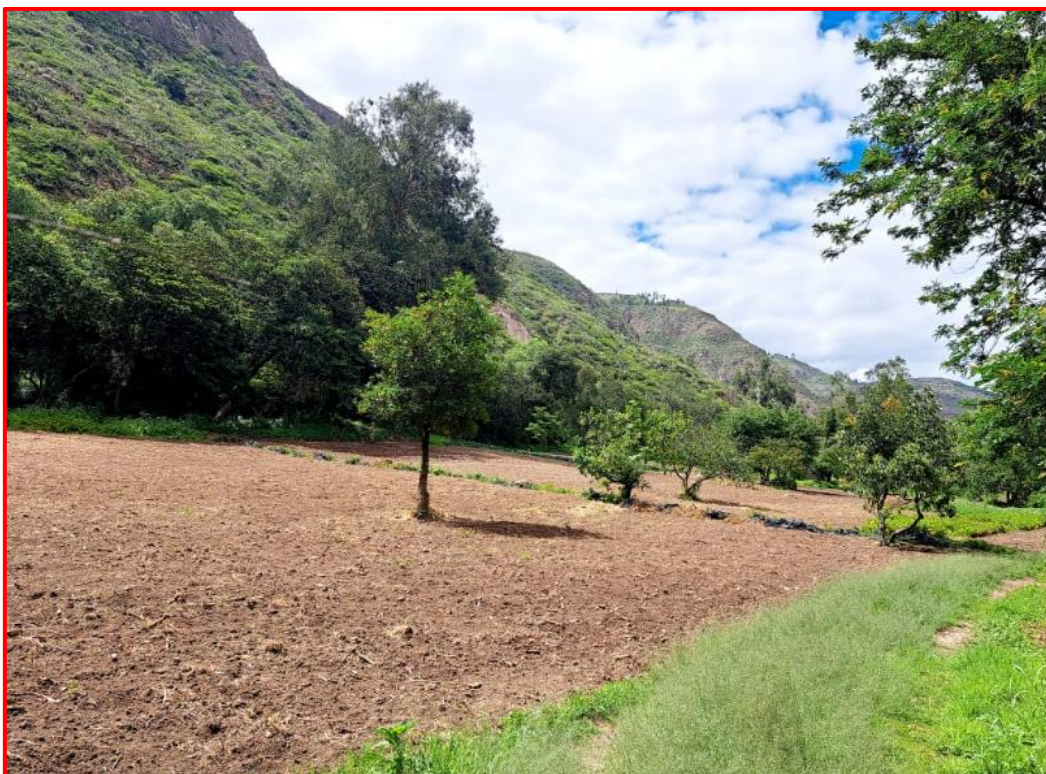
Ayacucho, 15 de Diciembre del 2024.

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
 PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
 RESPONSABLE

Juan B. Girón Molina
 Juan B. Girón Molina
 C.I.P. 77120

Anexo 5. Panel fotografió del trabajo

Fotografía 1. Arado y mullido del suelo con anticipación



Fotografía 2. Demarcación y preparación de suecos para la siembra



Fotografía 3. Proceso de siembra del cultivo de espinaca



Fotografía 4. Plántulas de espinaca en pleno desarrollo



Fotografía 5. Primer aporque al cultivo de espinaca



Fotografía 6. Cultivo de espinaca aptos para su primera cosecha



Fotografía 7. Proceso de cosecha del cultivo de espinaca



Fotografía 7. Proceso de evaluación de variables estipuladas



**UNSCH**INSTITUTO DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. EDER MOLINA YUCRA****R.D. N° 205-2025-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los cinco días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, siendo las diez horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa, Ing. Edgar Tenorio Mancilla como asesor, M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo y el Ing. Eduardo Robles García; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.), Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho - 2024**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo, presentado por el Bachiller **EDER MOLINA YUCRA**.

El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa	15	14	15	15
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	16	16	16	16
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	14	14	15	14
Ing. Eduardo Robles García	15	14	14	14
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Lurquín Marino Zambrano Ochoa
Presidente


.....
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Asesor


.....
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
Jurado


.....
Ing. Eduardo Robles García
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.D. N° 226-2025-UNSCH-FCA-D, de fecha 19 de agosto de 2025; hace constar que el trabajo titulado;

Niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea L.*) Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho - 2024

Autor : Eder Molina Yucra


Asesor : Edgar Tenorio Mancilla

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de Diecisiete por ciento (17 %) de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

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

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2732825253

Ayacucho, 21 de agosto de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias

Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de Investigación y Tesis FCA

Niveles de broza de semillas de
quinua en el rendimiento de
dos variedades de espinaca
(*Spinacea oleracea* L.) Santiago
de Huatatas, 2637 msnm,
Ayacucho - 2024

por Eder Molina Yucra

Fecha de entrega: 21-ago-2025 06:00a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2732825253

Nombre del archivo: TESIS_EDER_MOLINA_YUCRA_2_re_corregido_final.docx (33.29M)

Total de palabras: 16553

Total de caracteres: 88976

Niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento de dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho - 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
3	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	2%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%

9	www.reibci.org Fuente de Internet	<1 %
10	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
11	www.scielo.org.mx Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to Colegio Champagnat Trabajo del estudiante	<1 %
13	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	zdocs.mx Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %
17	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Exclure bibliografia

Activo

**NIVELES DE BROZA DE SEMILLAS DE QUINUA EN EL RENDIMIENTO DE
DOS VARIEDADES DE ESPINACA (*Spinacea oleracea L.*), SANTIAGO DE
HUATATAS, 2637 MSNM, AYACUCHO - 2025**

Eder Molina Yucra¹

eder.molina.01@unsch.edu.pe

Edgar Tenorio Mancilla²

edgar.tenorio@unsch.edu.pe

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistema de Producción Agrícola

RESUMEN

El estudio se desarrolló en el ámbito de la comunidad de Santiago de Huatatas, distrito de Tambillo, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, con el objetivo de determinar el efecto de cuatro niveles de broza de quinua (0, 5, 10 y 15 t ha⁻¹) sobre cinco variables agronómicas cuantitativas y la rentabilidad de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea L.*), Thor F1 y Panthera. Se empleó un diseño de bloques completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2Vx4N, con ocho tratamientos y tres repeticiones, totalizando 24 unidades experimentales. Los resultados evidenciaron que la variedad Thor F1 alcanzó la mayor altura promedio de planta (16,71 cm), mientras que Panthera presentó el mayor ancho promedio de limbo foliar (11,05 cm), el mayor número promedio de hojas (13,05 hojas planta⁻¹) y el mayor rendimiento promedio (21,52 t ha⁻¹). En términos de rentabilidad, los tratamientos T7 (Panthera con 10 t ha⁻¹ de broza) y T8 (Panthera con 15 t ha⁻¹ de broza) registraron los índices beneficio/costos más altos (2,61 y 2,66, respectivamente), lo que se traduce en un retorno económico de S/. 1,61 y S/. 1,66 por cada sol invertido.

Palabras clave: *Spinacia oleracea L.*, broza, variedades, rendimiento.

**LEVELS OF QUINOA SEED LITTER ON THE YIELD OF TWO SPINACH
VARIETIES (*Spinacea oleracea L.*), SANTIAGO DE HUATATAS, 2637 METERS
ABOVE SEA LEVEL, AYACUCHO - 2025**

ABSTRACT

The study was carried out in the community of Santiago de Huatatas, district of Tambillo, province of Huamanga, department of Ayacucho, with the objective of determining the effect of four levels of quinoa brushwood (0, 5, 10 and 15 t ha⁻¹) on five quantitative agronomic variables and the profitability of two varieties of spinach (*Spinacia oleracea L.*), Thor F1 and Panthera. A randomized complete block design (RCBD) with a 2Vx4N factorial arrangement was used, with eight treatments and three replications, totaling 24 experimental units. The results showed that the Thor F1 variety reached the highest average plant height (16.71 cm), while Panthera presented the greatest average leaf blade width (11.05 cm), the highest average number of leaves (13.05 leaves per plant⁻¹) and the highest average yield (21.52 t ha⁻¹). In terms of profitability, treatments T7 (Panthera with 10 t ha⁻¹ of brushwood) and T8 (Panthera with 15 t ha⁻¹ of brushwood) recorded the highest benefit/cost ratios (2.61 and 2.66, respectively), which translates into an economic return of S/. 1.61 and S/. 1.66 for each sol invested

Keywords: *Spinacia oleracea L.*, brushwood, varieties, yield.

I. INTRODUCCIÓN

La espinaca (*Spinacia oleracea L.*) constituye un cultivo de alta demanda debido a su notable valor nutricional, su corto ciclo fenológico y su versatilidad en la gastronomía. Sin embargo, su productividad puede verse comprometida por la competencia por recursos esenciales, como agua, radiación fotosintéticamente activa y nutrientes, especialmente en presencia de residuos vegetales como la broza de semillas de quinua. En este contexto, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar el impacto de diferentes niveles de broza de quinua sobre el rendimiento agronómico de dos variedades de espinaca, bajo condiciones agroecológicas en el ámbito de la comunidad de Santiago de Huatatas. Este enfoque busca esclarecer el efecto de dichos residuos en el crecimiento y

la productividad del cultivo en ambientes de elevada altitud, contribuyendo así a generar información útil para el manejo agronómico en sistemas productivos andinos (Fonseca & Calderón, 2021).

Desde la antigüedad, los fertilizantes sintéticos se han utilizado con mayor frecuencia en la producción de hortalizas; Hoy en día, el 85% de toda la producción agrícola mundial utiliza estos productos de manera inapropiada para obtener alto rendimiento en la producción. El uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos en el suelo genera efectos negativos como acidificación, salinización, pérdida de biodiversidad y provoca la degradación del suelo con el tiempo. (Asela et al., 2014). En este contexto, las iniciativas gubernamentales deberían orientarse no solo a garantizar la producción de alimentos, sino también a promover el uso de alternativas como materia orgánica que sustituyan, parcialmente, a los fertilizantes sintéticos (Avilés, 2022).

La materia orgánica mejora las propiedades del suelo y constituye una práctica fundamental para la conservación y mejoramiento del suelo, al estar directamente relacionada con la fertilidad, la estabilidad estructural y la actividad biológica del suelo. Al incorporar materia orgánica al suelo desempeña un papel fundamental que aporta nutrientes esenciales para los cultivos, favorece la formación de agregados estables y una buena estructura granular; los suelos así son más porosos y tienden a permanecer abiertos para absorber el agua de lluvia, mejorando la infiltración y evitando daños por escorrentía (Tineo, 1994).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2014), la producción nacional de espinaca alcanzó 25 460, 28 643, 29 855, 31 327 y 29 399 toneladas métricas en años consecutivos, evidenciando una tendencia general creciente asociada al incremento poblacional y a la mayor demanda de este cultivo. En la región de Ayacucho, la espinaca goza de un alto valor económico y cultural, sustentado tanto en su versatilidad culinaria como en sus propiedades nutricionales, en un contexto agroecológico caracterizado por diversos nichos favorables para su desarrollo. No obstante, la maximización de los rendimientos se ve limitada por la escasa información sobre el efecto y las dosis óptimas de materia orgánica en las diferentes variedades cultivadas.

La presente investigación se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por las Naciones Unidas, orientados a fomentar sistemas de producción de alimentos

ambientalmente responsables. Su finalidad principal es disminuir la dependencia del uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos, promoviendo la incorporación de materia orgánica como alternativa viable para suplir, de manera parcial, los requerimientos nutricionales del cultivo. Asimismo, los resultados generados se proyectan como un aporte relevante para el desarrollo de investigaciones posteriores por parte de estudiantes y académicos, y como una herramienta de referencia práctica para los productores hortícolas.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la influencia de los niveles de broza de semillas de quinua en el rendimiento de dos variedades de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).
2. Evaluar la influencia de las variedades en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).
3. Evaluar la influencia de broza de semillas de quinua y variedades en el beneficio económico de espinaca (*Spinacia oleracea* L.).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El estudio de la investigación se realizó en el ámbito de la comunidad de Santiago de Huatatas, distrito de Tambillo, provincia de Huamanga, región de Ayacucho; con coordenadas geográficas Latitud Sur: 13° 09' 31'', Longitud Oeste: 74° 11' 36'' y a una Altitud de 2637 msnm.

Análisis físico y químico del suelo

Previa a la instalación del cultivo, se hizo el análisis de suelo en el laboratorio de análisis de suelos, aguas y foliares "LABSAF" de la estación experimental agraria Canaán – INIA. El muestreo de suelo consistió en extraer un kilogramo de muestra de suelo del terreno de una profundidad de 20 cm que previamente homogenizada e identificada fue enviada al laboratorio para los análisis correspondientes. Los resultados del análisis del suelo, muestran un suelo ligeramente alcalino (7.4) con un contenido bajo de materia orgánica (1.9 %), muy pobre en nitrógeno total (0.1 %), alto de fósforo disponible (33.76 ppm) y

medio potasio disponible (151.76 ppm). La clase textural del suelo resultó franco Arenoso. Estos resultados evidencian que el área de cultivo utilizada en el experimento presentó una baja fertilidad, lo que respalda la necesidad de aplicar diferentes niveles de broza de semillas de quinua con el fin de obtener resultados favorables en la producción de espinaca.

Análisis químico de broza de semillas de quinua

Del mismo modo, para conocer la riqueza de broza de semillas de quinua se efectuó el análisis químico de una muestra que se remitió al Laboratorio de Suelos y análisis foliar del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de La Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Los resultados del análisis de broza de semillas de quinua, muestran un pH (7.4) con un contenido de materia orgánica (45.20 %), en nitrógeno total (2.25 %), de fósforo disponible (0.62 %) y medio potasio disponible (1.45 %).

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue el Diseño Bloques Completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial de 2Vx4N (2 variedades de espinaca y 4 niveles de broza de quinua). El diseño estuvo formado por 8 tratamientos y 3 repeticiones; resultando 24 unidades experimentales.

El modelo aditivo lineal utilizado fue $Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha_{(ij)} + \epsilon_{ijk}$

Dónde:

Y_{ijk} = Observación de la i-ésima variedad de espinaca en el j-ésimo nivel de broza de quinua y en el k-ésimo bloque.

μ = Media general.

β_k = Efecto de k-ésimo bloque

τ_i = Efecto principal de la i-ésima variedad de espinaca.

α_j = Efecto principal de la j-ésimo nivel de broza de quinua.

$\tau\alpha_{(ij)}$ = Efecto de la interacción de la i-ésima variedad de espinaca en el j-ésimo nivel de broza de quinua.

ϵ_{ijk} = Error experimental.

Tratamientos

Los tratamientos resultaron de la combinación de 2 factores, correspondientes a dos variedades de espinaca (ThorF1 y Phantera) y cuatro niveles de broza de quinua (0 t ha⁻¹, 5 t ha⁻¹, 10 t ha⁻¹ y 15 t ha⁻¹); estos niveles de broza de quinua fueron incorporados al suelo en chorro continuo dos semanas antes de la siembra, con el fin de favorecer su descomposición inicial y la liberación de nutrientes. La descripción detallada de los tratamientos se presenta en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

Descripción de los tratamientos

Tratamientos (T)	Codificación	Descripción
T1	v1xn0	Híbrido Thor F1 + Broza (0.0 t ha ⁻¹)
T2	v1xn1	Híbrido Thor F1+ Broza (5.0 t ha ⁻¹)
T3	v1xn2	Híbrido Thor F1+ Broza (10.0 t ha ⁻¹)
T4	v1xn3	Híbrido Thor F1+ Broza (15.0 t ha ⁻¹)
T5	v2xn0	Híbrido Panthera + Broza (0.0 t ha ⁻¹)
T6	v2xn1	Híbrido Panthera + Broza (5.0 t ha ⁻¹)
T7	v2xn2	Híbrido Panthera + Broza (10.0 t ha ⁻¹)
T8	v2xn3	Híbrido Panthera + Broza (15.0 t ha ⁻¹)

Evaluación de los factores de productividad

Altura de la planta (cm). Se evaluó días antes de la cosecha del cultivo, midiendo desde el cuello hasta el ápice de la hoja más alta, luego fueron expresadas en centímetros. En total se evaluó 5 plantas por cada repetición para cada tratamiento.

Número de hojas de la planta (und). Se evaluó días antes de la cosecha del cultivo, contabilizando el número total de la hoja sientas de 5 plantas por tratamiento.

Ancho del limbo de la hoja (cm). Se evaluó días antes de la cosecha de la hoja, el ancho de 5 hojas más grandes de cada 5 plantas por tratamiento para lo cual se tomaron las medidas desde del cuello de la planta hasta el ápice de la hoja con la ayuda de una regla milimetrada, luego se sacó el promedio para cada unidad experimental y se expresó en centímetros.

Longitud de limbo de la hoja (cm). Se evaluó días antes de la cosecha, la longitud de limbo de 5 hojas más grandes de 5 plantas por tratamiento, se tomó las medidas a partir de la base del limbo de la hoja hasta el ápice con la ayuda de una regla milimetrada, luego se sacó el promedio para cada unidad experimental y se expresó en centímetros.

Rendimiento ($t\ ha^{-1}$). Se realizó la evaluación durante la cosecha, registrando el peso verde en cada unidad experimental. La recolección se llevó a cabo cortando las plantas desde el cuello. Posteriormente se pesaron en una balanza digital y el peso se expresó en gramos y forman atados. Finalmente, se correlacionó el peso en función de una hectárea ($t\ ha^{-1}$).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de la planta

En la Tabla 3.1 se presenta el análisis de varianza de la altura promedio de las plantas de espinaca, donde se observa una alta significancia estadística (p -valor $< 0.01^{**}$) en las fuentes de variación: variedades, niveles de broza y su interacción. Esto indica que tanto las variedades como los niveles de broza tuvieron un efecto diferenciado en la altura de las plantas. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 1.71%, lo que refleja precisión y confiabilidad en los resultados. Estos hallazgos permiten realizar un análisis de comparación de medias en función de los efectos simples. En el análisis de varianza de las regresiones, en la variedad Thor F1 el modelo lineal y cuadrático resultaron significativos, es decir, el comportamiento de altura de la planta se ajusta a estos modelos. En la variedad Panthera, se ajusta al modelo lineal únicamente.

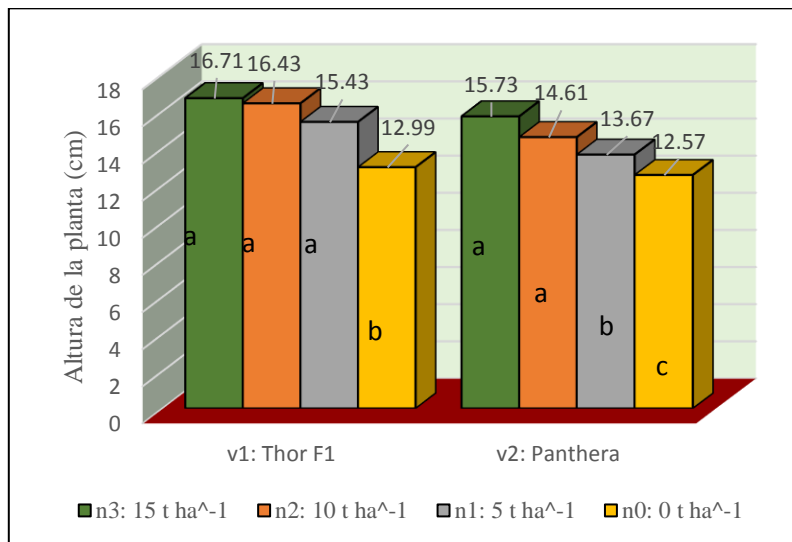
Tabla 3.1

Análisis de varianza de altura promedio de la planta de espinaca bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	9.600	4.800	74.667	<0.0001 **
Variedad (V)	1	9.300	9.300	144.667	<0.0001 **
Nivel de Broza (B)	3	40.040	13.347	207.615	<0.0001 **
Interacción (V*B)	3	2.020	0.673	10.474	<0.0007 **
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	22.180	22.180	345.022	<0.0007 **
R. cuadrático	1	3.499	3.499	54.429	<0.0007 **
R. Cúbico	1	0.078	0.078	1.213	0.2891 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	16.286	16.286	253.338	<0.0007 **
R. cuadrático	1	0.0004	0.0004	0.006	0.9454 ns
R. Cúbico	1	0.017	0.017	0.264	0.6110 ns
Error	14	0.900	0.064		
Total	23	61.860			
C. V (%)	1.71				

Figura 3.1

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de la altura promedio de la planta de espinaca, en función de los efectos simples de variedades y niveles de broza de quinua.



En la Figura 3.1 se muestra la comparación de las medias de altura promedio de las plantas de espinaca, donde se observa un incremento progresivo a medida que aumentan los niveles de broza de quinua en ambas variedades híbridas (Thor F1 y Panthera). En la variedad Thor F1, la aplicación de 15, 10 y 5 t ha⁻¹ de broza de quinua resultó en alturas similares de las plantas de espinaca, con valores de 16.71, 16.43 y 15.43 cm, respectivamente. De manera similar, en la variedad Panthera, la aplicación de 15 y 10 t ha⁻¹ de broza produjo alturas de 15.73 y 14.61 cm, respectivamente. En general, la aplicación de 15 t ha⁻¹ de broza en la variedad Thor F1 mostró el mayor efecto, alcanzando una altura de 16.71 cm, lo que superó al testigo en 3.72 cm, equivalente a un incremento del 22.26%. Donaire (2019) indica que la broza de quinua, compuesta por hojas, tallos y otros residuos vegetales, posee un alto contenido de nutrientes esenciales que pueden mejorar la fertilidad del suelo y, en consecuencia, favorecer el desarrollo de cultivos como la espinaca. Dado que la quinua absorbe y acumula macronutrientes, como potasio, fósforo y nitrógeno; y micronutrientes indispensables para su crecimiento. Es razonable suponer que la incorporación de estos residuos al suelo podría enriquecerlo y potenciar la productividad del cultivo. De manera complementaria, Choque (2010) demostró que la aplicación de dosis progresivas de broza de quinua combinada con compost favorece el crecimiento y la elongación de las plantas, concluyendo que dichas enmiendas orgánicas constituyen alternativas viables para el manejo eficiente de nutrientes.

Ancho de limbo de la hoja

En la Tabla 3.2 se presenta el análisis de varianza del ancho promedio del limbo foliar de la espinaca, donde se observa una alta significancia estadística (p -valor $< 0.01^{**}$) en las fuentes de variación: variedades, niveles de broza y su interacción. Esto indica que tanto las variedades como los niveles de broza influyeron de manera diferenciada en la respuesta del ancho del limbo. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 4.21%, lo que refleja precisión y confiabilidad en los resultados. Estos hallazgos permiten realizar un análisis de comparación de medias en función de los efectos simples.

En el análisis de varianza de las regresiones, en la variedad Thor F1 el modelo lineal y cuadrático resultaron significativos, es decir, el comportamiento de limbo de la hoja se ajusta a estos modelos. En la variedad Panthera, se ajusta al modelo lineal únicamente.

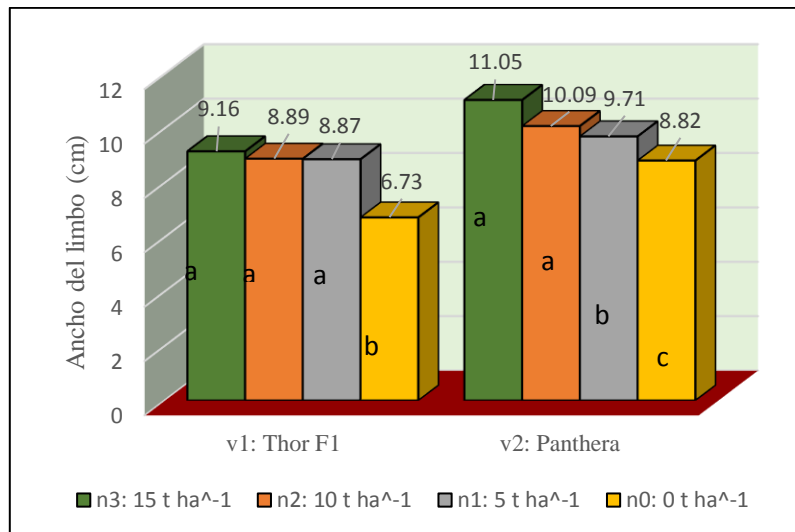
Tabla 3.2

Análisis de varianza de ancho de limbo de la hoja de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	23.694	11.847	79.434	<0.0001 **
Variedad (V)	1	13.590	13.590	91.121	<0.0001 **
Nivel de Broza (B)	3	17.572	5.857	39.273	<0.0001 **
Interacción (V*B)	3	1.559	0.520	3.484	0.0446*
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	7.906	7.906	53.010	<0.0001 **
R. cuadrático	1	2.259	2.259	15.147	0.0020 **
R. Cúbico	1	0.928	0.928	6.222	0.0017 **
Variedad Panthera					
R. lineal	1	2.825	2.825	18.942	0.0001 **
R. cuadrático	1	0.252	0.252	1.690	0.1326 ns
R. Cúbico	1	0.005	0.005	0.034	0.8245 ns
Error	14	2.088	0.149		
Total	23	58.503			
C. V (%)		4.21			

Figura 3.2

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de la variedad y niveles de broza de quinua en ancho de limbo de la hoja.



En la Figura 3.2 se muestra la comparación de las medias del ancho del limbo de la hoja, donde se observa un incremento progresivo a medida que aumentan los niveles de broza de quinua en ambas variedades híbridas (Thor F1 y Panthera). En la variedad Thor F1, la aplicación de 15, 10 y 5 t ha⁻¹ de broza de quinua resultó en valores similares en el ancho del limbo de la hoja, con resultados de 9.16, 8.89 y 8.87 cm, respectivamente. De manera similar, en la variedad Panthera, la aplicación de 15 y 10 t ha⁻¹ de broza produjo anchos de 11.05 y 10.09 cm, respectivamente. En general, la aplicación de 15 t ha⁻¹ de broza en la variedad Panthera resultó en el mayor ancho del limbo, con 11.05 cm, superando al testigo en 2.23 cm, lo que equivale a un incremento del 20.18%

Los resultados obtenidos indican que la adición de broza de quinua aumenta significativamente el ancho del limbo foliar en las variedades híbridas de espinaca Thor F1 y Panthera. Este efecto fue particularmente destacado en Panthera, donde la dosis de 15 t ha⁻¹ provocó un incremento del 20,18 % respecto al testigo. Estos hallazgos coinciden con los observados por Pedraza y Escobar (2023), quienes documentaron que los residuos orgánicos estimulan el desarrollo vegetal; por ejemplo, el compostaje de dichos residuos mejora tanto la productividad de los cultivos como las propiedades fisicoquímicas del suelo. Del mismo modo, la aplicación de biofertilizantes y biosoles ha demostrado aportar beneficios significativos en la producción de espinaca en condiciones de invernadero.

Longitud de limbo de la hoja

En la Tabla 3.3 se presenta análisis de varianza de la longitud promedio de limbo de la hoja de espinaca, donde se aprecia no significativo (p -valor > 0.05) para todas las fuentes de variación, variedades, niveles de broza y la interacción. Esto significa que, tanto las variedades y niveles de broza no tuvieron efecto diferenciado en la respuesta de la longitud de limbo. Se encontró coeficiente de variabilidad de 4.82%, lo que significa precisión y confiabilidad de los resultados. Debido a que no se encontró ninguna significancia estadística, no se realizará análisis de comparación de medias.

En el análisis de varianza de las regresiones, en la variedad Thor F1 no se encontraron modelos significativos; mientras, en la variedad Panthera los modelos lineal y cuadrático resultaron significativos.

Tabla 3.3

Análisis de varianza de la longitud de limbo de la hoja de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	12.330	6.165	14.219	0.0004**
Variedad (V)	1	1.140	1.140	2.629	0.1281ns
Nivel de Broza (B)	3	3.920	1.307	3.014	0.0655ns
Interacción (V*B)	3	4.150	1.383	3.191	0.0567ns
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	0.193	0.193	0.445	0.5160 ns
R. cuadrático	1	0.347	0.347	0.800	0.3864 ns
R. Cúbico	1	1.150	1.150	2.652	0.5659 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	3.295	3.295	7.600	0.0155 *
R. cuadrático	1	3.741	3.741	8.628	0.0108 *
R. Cúbico	1	0.350	0.350	0.807	0.3846 ns
Error	14	6.070	0.434		
Total	23	27.610			
C. V (%)	4.82				

Número de hojas

En la Tabla 3.4 se presenta análisis de varianza de número de hojas promedio de espinaca, donde se aprecia significancia estadística ($p\text{-valor} < 0.01^{**}$) para las fuentes de variación, variedades y niveles de broza, excepto en la interacción. Esto significa que, tanto las variedades y niveles de broza tuvieron efecto positivo de manera independiente en la respuesta. Se encontró coeficiente de variabilidad de 6.54%, lo que significa precisión y confiabilidad de los resultados. Este resultado nos permite realizar comparación de medias a función de los efectos principales.

En el análisis de varianza de las regresiones, no se encontraron modelos significativos en la variedad Thor F1. En cambio, en la variedad Panthera, los modelos lineales y cuadráticos resultaron significativos.

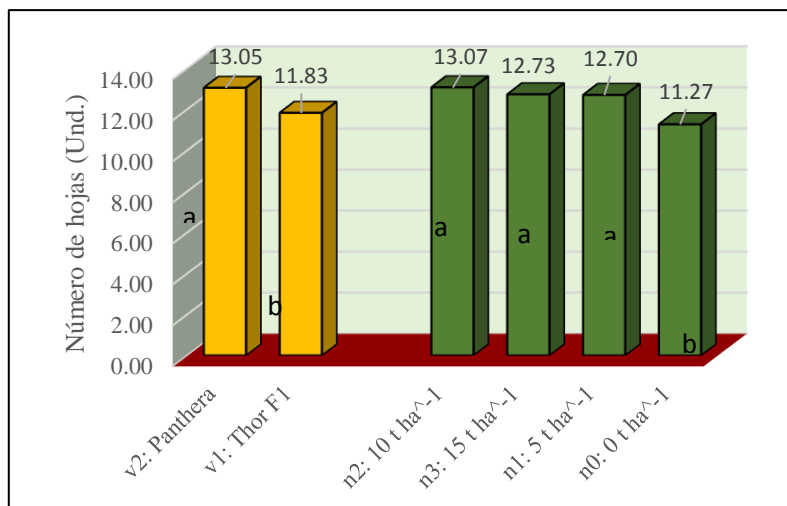
Tabla 3.4

Análisis de varianza de número de hojas de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	12.760	6.380	9.646	0.0023**
Variedad (V)	1	8.880	8.880	13.425	0.0026**
Nivel de Broza (B)	3	11.540	3.847	5.816	0.0085**
Interacción (V*B)	3	2.430	0.810	1.225	0.3374 ns
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	0.771	0.771	1.166	0.2987 ns
R. cuadrático	1	1.080	1.080	1.633	0.2222ns
R. Cúbico	1	0.003	0.003	0.005	0.9503 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	7.921	7.921	11.976	0.0038**
R. cuadrático	1	4.083	4.083	6.173	0.0263*
R. Cúbico	1	0.113	0.113	0.171	0.6861ns
Error	14	9.260	0.661		
Total	23	44.870			
C. V (%)	6.54				

Figura 3.3

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del efecto principal de la variedad y niveles de broza de quinua en número de hojas de espinaca



En la Figura 3.3 se muestra la prueba de Tukey para los efectos principales en el número de hojas de espinaca. Según los resultados, la variedad Panthera fue estadísticamente superior, con un promedio de 13.05 hojas, superando a la variedad Thor en 1.22 hojas, lo que representa una ventaja del 9.35%. La aplicación de 10 t ha⁻¹ de broza de quinua resultó en el mayor número de hojas, con un promedio de 13.07, superando al testigo en un 13.77%. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas con respecto a los niveles de 15 y 5 t ha⁻¹.

Estos hallazgos están en consonancia con estudios previos sobre rendimiento y características agronómicas de espinaca. Por ejemplo, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2018), en colaboración con el CONICET de Argentina, documentó diferencias significativas en el número de hojas y otros atributos entre varias variedades de espinaca. De manera similar, Maququhua (2018) demostró que la aplicación de bioestimulantes y fertilizantes orgánicos mejora indicadores como el número de hojas y el rendimiento total del cultivo, aunque señala la carencia de investigaciones específicas centradas en el uso de broza de quinua en espinaca.

Rendimiento por hectárea

En la Tabla 3.5 se presenta el análisis de varianza del rendimiento por hectárea de espinaca, donde se observa una significancia estadística (p-valor < 0.01**) tanto para la variedad y niveles de broza de quinua. Esto indica que, al menos una de las variedades y niveles de broza difieren del resto. Se obtuvo un coeficiente de variabilidad del 10.26%, lo que refleja precisión y confiabilidad en los resultados. Este resultado permite realizar una comparación de medias en función de los efectos principales de las variedades y niveles de broza sobre el rendimiento. Tanto en la variedad Thor F1 y Panthera, los modelos de regresión lineales fueron altamente significativas, lo que indica que el comportamiento en cada nivel de broza los rendimientos fueron crecientes.

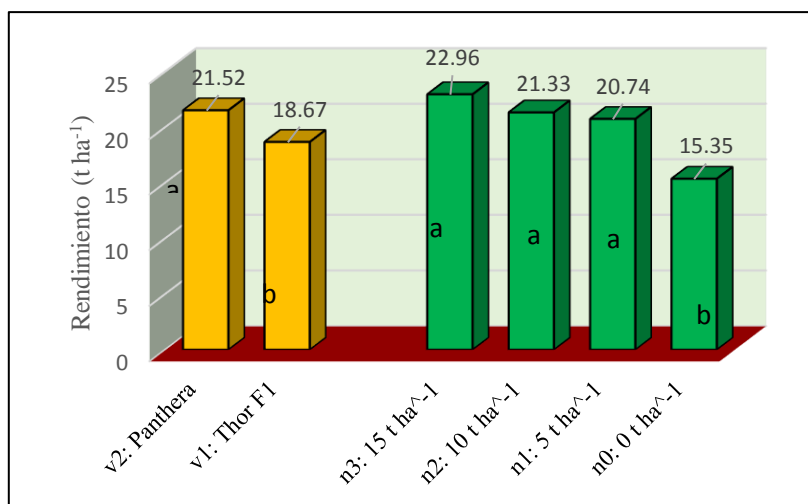
Tabla 3.5

Análisis de varianza de rendimiento de espinaca, bajo el efecto de variedades y niveles de broza de quinua.

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	2	4.710	2.355	0.554	0.2517 ns
Variedad (V)	1	48.910	48.910	11.512	<0.0001**
Nivel de broza (N)	3	196.290	65.430	15.400	<0.0001**
Interacción (V*N)	3	19.110	6.370	1.499	0.7319 ns
Variedad Thor F1					
R. lineal	1	119.340	119.340	28.089	0.0001**
R. cuadrático	1	32.210	32.210	7.581	0.0155*
R. Cúbico	1	3.060	3.060	0.720	0.4107 ns
Variedad Panthera					
R. lineal	1	52.340	52.340	12.319	0.0035 **
R. cuadrático	1	0.680	0.680	0.160	0.6948 ns
R. Cúbico	1	7.760	7.760	1.826	0.1979 ns
Error	14	59.480	4.249		
Total	23	328.500			
C. V (%)		10.26			

Figura 3.4

Prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) del efecto principal de variedades en rendimiento de espinaca por hectárea.



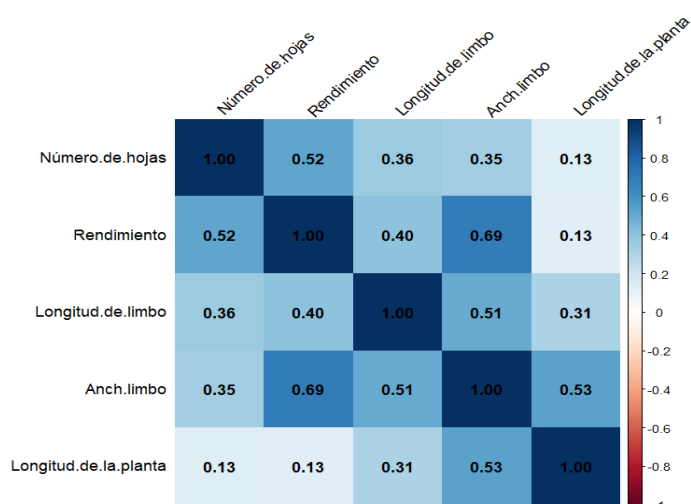
En la Figura 3.4 se presenta el análisis de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para el rendimiento de espinaca en función del efecto de las variedades y los niveles de broza de quinua. La variedad Panthera registró un rendimiento promedio de 21,52 t ha⁻¹, superando de forma estadísticamente significativa a la variedad Thor F1, que alcanzó 18,67 t ha⁻¹. Esta diferencia representa una ventaja absoluta de 2,85 t ha⁻¹, equivalente a un incremento relativo del 13,24 %. En cuanto al efecto de los niveles de broza, las dosis de 5, 10 y 15 t ha⁻¹ presentaron rendimientos estadísticamente similares, con valores de 20,74; 21,33 y 22,96 t ha⁻¹, respectivamente; no obstante, estos tres niveles se diferenciaron significativamente del tratamiento testigo. La selección de variedades con alto potencial genético y buena adaptabilidad a las prácticas agronómicas constituye un factor determinante para maximizar el rendimiento del cultivo. Por ejemplo, Python F1 destaca por su vigor y tolerancia a condiciones adversas, lo que se traduce en altos rendimientos, mientras que Región F1 se caracteriza por su rápido desarrollo y elevada productividad, con cosechas reportadas entre 16 y 22 t ha⁻¹ (Perzabal & Ramos et al., 2018). Mondino et al. (2017) indicaron que, en Argentina, los cultivos de espinaca establecidos a campo abierto presentan rendimientos de entre 15 y 20 t ha⁻¹, dependiendo del manejo y las condiciones climáticas. En este sentido, los valores obtenidos para la variedad Panthera superaron dichos rangos, probablemente debido a las prácticas agronómicas implementadas y a condiciones ambientales favorables. De manera complementaria, Jayo (2018) evidenció que la aplicación de fertilizantes orgánicos, como guano de isla y bioinoculantes, incrementa significativamente el rendimiento de la espinaca.

Correlación de las variables

En la Figura 3.5 se aprecia los coeficientes de correlación de las variables evaluadas en este trabajo de investigación. Existe una relación alta entre longitud de limbo de la hoja y Ancho del limbo de la hoja (0.53); Rendimiento y Ancho del limbo de la hoja (0.69); rendimiento y número de hojas (0.52). Estos indican una relación directa positiva entre estas variables. Por ejemplo, a mayor número de hojas, se incrementa el rendimiento por hectárea, y viceversa. Los coeficientes negativos indican una relación inversa, es decir, cuando una variable incrementa su respuesta, el otros disminuyen. En este trabajo no se presentó coeficientes negativos.

Figura 3.5

Correlación Pearson (r) de las variables de respuesta evaluadas en cultivo de espinaca con niveles de broza.



Análisis de rentabilidad económico

Costo de producción

En la Tabla 3.6 se muestran los costos de producción para cada tratamiento. Se observa que el costo de producción más alto corresponde al tratamiento T4 (Thor F1 + Broza 15.0 t ha⁻¹), con un valor de 18,465.13 soles. Por otro lado, el costo de producción más bajo se registró en el tratamiento T5 (Panthera + Broza 0.0 t ha⁻¹), con un valor de 12,740.63 soles.

Tabla 3.6

Costos de producción según los tratamientos.

Tratamientos	Costos directos (S/.)	Costos indirectos (S/.)	Costo de producción (S/.)
T1: Thor F1 + Broza (0.0 t ha ⁻¹)	11,709.99	1,459.00	13,168.63
T2: Thor F1+ Broza (5.0 t ha ⁻¹)	13,359.00	1,575.13	14,934.13
T3: Thor F1+ Broza (10.0 t ha ⁻¹)	15,009.00	1,690.63	16,699.63
T4: Thor F1+ Broza (15.0 t ha ⁻¹)	16,659.00	1,806.13	18,465.13
T5: Panthera + Broza (0.0 t ha ⁻¹)	11,309.00	1,431.63	12,740.63
T6: Panthera + Broza (5.0 t ha ⁻¹)	12,959.00	1,547.13	14,506.13
T7: Panthera + Broza (10.0 t ha ⁻¹)	14,609.00	1,662.63	16,271.63
T8: Panthera + Broza (15.0 t ha ⁻¹)	16,259.00	1,778.13	18,037.13

Rentabilidad económica

En la Tabla 3.7 se muestra los indicadores económicos de rentabilidad, B/C (beneficio costo) y porcentaje de rentabilidad. Se evaluó la influencia de la broza de semillas de quinua y las variedades en el beneficio económico de la espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo las condiciones de Santiago de Huatatas. Según el valor Beneficio/Costo (B/C) estimado, los tratamientos con los valores más altos fueron T7 (Panthera + Broza 10.0 t ha⁻¹) y T8 (Panthera + Broza 15.0 t ha⁻¹), con 2.61 y 2.66, respectivamente. Esto significa que, en estos tratamientos se obtuvo un retorno de 1.61 y 1.66 soles por cada sol invertido, respectivamente; de esta manera deducimos que fueron más rentables a comparación del resto de los tratamientos. En porcentaje de rentabilidad evaluado, también los mismos tratamientos mencionados fueron con valores más altos, 110.30 y 119.72 % para los T7 y T8, respectivamente. Estos muestran ganancias de 110.30 y 119.72 % por encima de lo invertido.

Tabla 3.7

Rentabilidad económica financiera porcentaje de rentabilidad y B/C

Tratamientos	Costo de prod. (S/.)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	N° atados / ha	Precio por kg			índice de rentabilidad (%)	B/C
				(S/.)	alor de venta (S/	Utilidad neta(S/.)		
				Chacra	Chacra	Chacra	Chacra	
T1	13,168.63	12.57	42,349.00	0.4	16,939.60	3,770.97	-71.36	1.07
T2	14,934.13	19.57	65,940.00	0.5	32,970.00	18,035.87	20.77	1.84
T3	16,699.63	21.04	70,881.00	0.7	49,616.70	32,917.07	97.11	2.48
T4	18,465.13	21.48	72,384.00	0.7	50,668.80	32,203.67	74.40	2.29
T5	12,740.13	18.12	61,063.00	0.4	24,425.20	11,685.07	-8.28	1.60
T6	14,506.13	21.90	73,798.00	0.5	36,899.00	22,392.87	54.37	2.12
T7	16,271.13	21.61	72,814.00	0.7	50,969.80	34,698.67	113.25	2.61
T8	18,037.13	24.44	82,354.00	0.7	57,647.80	39,610.67	119.61	2.66

Todos los tratamientos evaluados registraron índices de rentabilidad positivos, lo cual coincide con los hallazgos de Jayo (2018), quienes demostraron la viabilidad económica del cultivo de espinaca bajo distintos manejos agronómicos. Por su parte, Ticona (2017) ha resaltado el potencial de los subproductos de la quinua como enmiendas orgánicas en sistemas agrícolas integrados, aunque advierte que su eficacia específica en la producción de espinaca aún requiere validación adicional.

En este estudio, la variedad de espinaca ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento, tal como lo demostraron las comparaciones de medias. Estos resultados coinciden con Fernández (2023), quien halló que la variedad Viroflay presentó una rentabilidad superior en comparación con Quinto, atribuyendo este beneficio principalmente al desarrollo óptimo del limbo foliar. De forma análoga, Livia et al. (2024) observaron respuestas similares en las variedades Imperial Green y Viroflay tras la aplicación de enmiendas orgánicas y reguladores de crecimiento, lo que refuerza la relevancia de la interacción entre la genética varietal y el manejo agronómico en la determinación del rendimiento.

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2021), los precios de la espinaca mostraron variaciones estacionales a lo largo del año, alcanzando su valor máximo en febrero (S/ 1,45 kg⁻¹) y su punto más bajo en octubre (S/ 1,04 kg⁻¹), lo que dio lugar a un precio promedio nacional anual de S/ 1,30 kg⁻¹.

IV. CONCLUSIONES

1. La aplicación de broza de quinua incrementó significativamente la productividad de espinaca: Con 15 t ha⁻¹ de broza de quinua se obtuvo 22,96 t ha⁻¹ de espinaca, el incremento es de 49,6 % (7,61 t ha⁻¹ más que el testigo); con 10 t ha⁻¹ de broza de quinua se obtuvo 21,33 t ha⁻¹ de espinaca, 5.98 t ha⁻¹ más que el testigo (38.9% de incremento) y con 5 t ha⁻¹ de broza de quinua 20,74 t ha⁻¹ de espinaca (35,1 %; 5.39 t ha⁻¹ más que el testigo).
2. La variedad Panthera obtuvo 21,52 t ha⁻¹ de espinaca, 15 % más (2.85 t ha⁻¹) a diferencia de Thor F1 que obtuvo 18,67 t ha⁻¹ de espinaca, ventaja atribuible a su mayor ancho foliar (11,05 cm) y a un número superior de hojas por planta (13,05).
3. En el análisis de rentabilidad económico, acorde al valor Beneficio/Costo (B/C) estimado, los tratamientos más rentables fueron T7 (Panthera + Broza 10.0 t ha⁻¹) y T8 (Panthera + Broza 15.0 t ha⁻¹), con 2.61 y 2.66, respectivamente. Esto significa que en estos tratamientos se obtuvo un retorno de 1.61 y 1.66 soles por cada sol invertido, respectivamente.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Arias, L., Espinosa, L., Fuentes, L., Garzón, C., Niño, N., Jiménez, J., ... & Gil, R. (2010). *El cultivo de la espinaca y su manejo fitosanitario en Colombia*. Editorial Tadeo Lozano. <https://acortar.link/rprwaA>
- Asela, D., Del Puerto Rodríguez, M., Susana, D., Tamayo, S., Daniel, L., & Palacio Estrada, E. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372–387. <http://scielo.sld.cu/pdf/hie/v52n3/hig10314.pdf>
- Choque, C. D. (2010). Aplicación de cantidades de compost elaborado a partir de estiércol de llama y broza para la producción de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Topohoco - La Paz. [Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/9820/T-1453.pdf?sequence=1>
- Donaire, E. R. (2019). Estudio de germinación del cultivo agroecológico Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Hondo de Elche (Alicante). [Tesis de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/5407/1/TFM%20Donaire%20Egu%C3%A1Dvar%2C%20Rosmery.pdf>
- Fonseca, D. K., & Calderón, C. R. (2021). Efecto del producto biofertilizante (*Glomus* sp) en el desarrollo y producción de un cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea*) en Zipaquirá, Cundinamarca. *Revista Ciencias Agropecuarias*, 7(2), 45–58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8658129>
- Fernández, W. (2023). Evaluación de diferentes marcos de plantación en dos variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) en el Centro Experimental Cota Cota. APTHAPI, 95. http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?pid=S2519-93822023000100003&script=sci_arttext&tlng=es
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2014). Producción de hortalizas según departamento, 2014.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1253/cap12/cap12018.xls

- Maququerhua, L. M. V. (2018). Efecto del abonamiento y fertilización en el cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo condiciones de fitotoldo en K'ayra- Cusco. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco]. https://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12918/4409/253T20190421_TC.pdf?sequence=1
- Maythed Perzabal-Ramos, Engelberto Sandoval-Castro, Ramón Díaz-Ruíz, Huerta-de, A., Figueroa-Brito, R., & Bahena-Juárez, F. (2018). Respuesta de espinaca y de *Spodoptera exigua* a fertilización orgánica y mineral. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(4), 723–735. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i4.1390>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Bolletín estadística mensual: El Agro en cifras*. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/informes-publicaciones/1763886-boletin-estadistico-mensual-el-agro-en-cifras-2021>
- Jayo, J. (2018). Niveles de guano de isla y dosis de microorganismos eficaces en el rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) Canaán, 2750 msnm - Ayacucho [[Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]]. In Repositorio UNSCH. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/574>
- Pedraza, P. L., & Escobar, E. T. (2023). Aplicación de biol y biosol en la producción de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en condiciones de invernadero en Acobamba, Huancavelica. Unh.edu.pe; [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. https://repositorio.unh.edu.pe/items/00c0fa45-d4bb-4d25-a40e-54ad41c60601?utm_source=chatgpt.com
- Tineo, A. (1994). Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1029/Crianza_y_manejo_de_lombrices_de_tierra.pdf?sequence=1&isAllowed=y