



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

Tema:

EFICIENCIA QUÍMICA A LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE
NITRÓGENO, EN DOS ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), EN
LAGUACOTO.

**Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingenieros Agrónomos
Otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias
Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía**

Autores:

José Antonio Briones Macias

Carlos Alberto Lasso Ushca

Tutor:

Ing. David Rodrigo Silva García Mg.

Guaranda – Ecuador

2025

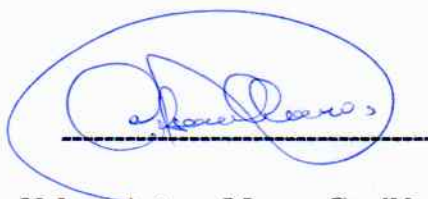
EFICIENCIA QUÍMICA A LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE NITRÓGENO, EN DOS ACCESIONES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), EN LAGUACOTO.

REVISADO Y APROBADO POR:




Ing. David Rodrigo Silva García Mg.

TUTOR



Ing. Nelson Arturo Monar Gavilánez MSc.

DOCENTE LECTOR



Dr. Hugo Fabián Vásquez Coloma PhD.

DOCENTE LECTOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, José Antonio Briones Macias, con CI 2000151163 y Carlos Alberto Lasso Ushca con CI 0202702445 declaramos que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



José Antonio Briones Macias
Autor
CI: 2000151163



Carlos Alberto Lasso Ushca
Autor
CI: 0202702445



Ing. David Rodrigo Silva García Mg.
Tutor
CI: 0201600327





DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N° 20250201004P00874


DECLARACIÓN JURAMENTADA


OTORGAN:

CARLOS ALBERTO LASSO USHCA Y
JOSE ANTONIO BRIONES MACIAS.
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIA

P.A.

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy miércoles a los diecisiete días del mes de septiembre del año dos mil veinticinco, ante mi DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA, comparecen con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, el señor CARLOS ALBERTO LASSO USHCA Y JOSE ANTONIO BRIONES MACIAS, ambos por sus propios y personales derechos, en calidad de OTORGANTES. Los comparecientes declaran ser de nacionalidad ecuatoriana, mayores de edad, de estado civil solteros, de ocupación ambos estudiante, domiciliados el primero en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, con número celular cero nueve nueve nueve dos cero tres cero siete uno y con correo electrónico calasso@mailes.ueb.edu.ec; y, domiciliado el segundo en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, cantón Guaranda, con número celular cero nueve seis siete uno siete dos uno seis seis y con correo electrónico jobriones@mailes.ueb.edu.ec, ambos hábiles en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quienes de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a los cuales obtengo las certificaciones biométricas del Registro Civil. Los comparecientes me autorizan de conformidad con el artículo setenta y cinco de la Ley Orgánica de Gestión de la Identidad y Datos Civiles, a la obtención e impresión del Registro Personal Único cuyo custodio es la Dirección General de Registro Civil, Identificación y Cedulación, que incorporo a la presente escritura. Además, me facultan de conformidad con el artículo sesenta y seis, numeral diecinueve de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con el artículo ocho, de la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales, a declarar y dar un tratamiento legítimo a sus datos personales en el presente instrumento público y además a petición expresa de los comparecientes adjunto sus documentos personales como son cédulas de ciudadanía y certificados de votación, mismos que agregó a esta escritura como habilitantes. Advertidos los comparecientes por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinados que fueron en forma aislada y separada de que comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, bien instruidos por mí de la obligación que tienen de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertidos sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicitan que recepte su declaración juramentada: Nosotros: CARLOS ALBERTO LASSO USHCA Y JOSE ANTONIO BRIONES MACIAS, declaramos bajo juramento que los criterios e ideas emitidos en el presente proyecto de investigación, es de nuestra absoluta autoría, titulado: EFICIENCIA QUÍMICA A LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE NITRÓGENO, EN DOS ACCESIONES DE QUINUA(*Chenopodium quinoa* Willd), EN LAGUACOTO". Autorizamos a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o parte de lo que contiene la obra, con fines estrictamente académicos o de investigación expuestos en el mismo. En el proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y Medio Ambiente. - Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que les fue a los comparecientes íntegramente por mí la Notaria, aquellos se afirman y ratifican en la aceptación de su total contenido y firman junto conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy Fe. -----


SR. CARLOS ALBERTO LASSO USHCA.
C.C. 0202702445


SR. JOSE ANTONIO BRIONES MACIAS.
C.C. 2000151163



DOCTORA MSc. GINA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA



José Briones_Carlos Lasso_Proyecto de quinua.pdf

 David Silva

 David Silva

 Universidad Estatal de Bolívar

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:500432013

Fecha de entrega

18 sep 2025, 11:08 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

18 sep 2025, 11:13 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

José Briones_Carlos Lasso_Proyecto de quinua.pdf

Tamaño del archivo

2.8 MB

97 páginas

21.283 palabras

114.708 caracteres


Ing. David Silva Garcia Mg.
TUTOR




4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Ing. David Silva Garcia Mg.
TUTOR

DEDICATORIA

El presente proyecto se la dedico primeramente a Dios por guiarme, darme fuerza, salud y vida para seguir hacia adelante. A Ti, Señor, gracias por acompañarme en cada paso, cada logro y cada momento de esta travesía. Sin tu guía divina, sin tu luz en los momentos de oscuridad y sin tu presencia constante en mi vida, este camino no habría sido posible y por mostrarme que con fe todo se puede lograr.

A mis abuelos, aunque ya no están físicamente en esta tierra, viven en lo más profundo de mi corazón. A ustedes, que desde el cielo me cuidan, me inspiran y me llenan de fuerza con su recuerdo. Gracias por todo lo que me dieron en vida y por seguir acompañándome desde la eternidad.

A mis amados padres, Gabriela Ushca y Manuel Lasso, les dedico este logro con todo mi corazón, porque sin ustedes nada de esto habría sido posible. Mamá, gracias por tu amor inmenso y tu fe constante en mí. En tus ojos siempre encontré consuelo, y en tus palabras, el valor para seguir adelante. Tus sacrificios, muchos de ellos en silencio, han sido el cimiento sobre el que he construido mis sueños. Papá, gracias por tu ejemplo de lucha, tu entrega incansable y tus consejos llenos de sabiduría. Me enseñaste que nada se consigue sin esfuerzo, que los valores pesan más que los logros.

A mis hermanos y hermanas, quienes han sido mis compañer@s de vida gracias por estar presentes en cada etapa, por brindarme alegría, comprensión y un apoyo que nunca ha faltado. Cada palabra de aliento, cada gesto de cariño y cada momento compartido ha sido parte esencial de esta historia que hoy escribo con orgullo.

Finalmente, a Dayana Bayas mi compañera incansable, mi amor, mi paz en medio del caos. Gracias por acompañarme con tu paciencia con ternura en los momentos más difíciles. Tu amor ha sido mi fuerza y tu apoyo incondicional, una de las razones por las que hoy puedo sonreír con orgullo, porque estuviste ahí cuando más lo necesitaba, dándome razones para no rendirme.

Carlos Lasso

DEDICATORIA

La culminación del proyecto de investigación lo dedico principalmente al todo poderoso Dios por darme la vida, fuerzas y ser mi guía en los momentos que sentía rendirme, siempre ha estado cuidándome para alcanzar esta meta.

A mi madre Dolores Macias especialmente quien a lo largo de mi vida me ha brindado su apoyo y amor incondicionalmente, ha velado por mi educación y bienestar a pesar de la distancia es atenta a que cumpla mis metas de vida y estudios superando cada uno de los obstáculos juntos.

A mis hermanos y hermana por apoyarme y darme ánimos para seguir luchando por mis metas sin dudar de mis capacidades de seguir adelante.

A mi pareja y amigos por el apoyo incondicional, por los consejos y ser una familia para mí.

José Briones

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento más profundo a Dios Todopoderoso, fuente de fortaleza y sabiduría, por guiarme a lo largo de este camino académico y de vida. Su presencia constante me permitió mantener la fe en los momentos de incertidumbre, y nos concedió la perseverancia necesaria para culminar con éxito esta etapa.

A la Universidad Estatal de Bolívar, institución que nos acogió y formó, extendemos nuestra más sincera gratitud. En sus aulas no solo adquirimos conocimientos técnicos y científicos, sino también valores humanos y éticos que nos acompañarán en mi vida profesional. Al Programa de Semillas de la UEB por el soporte técnico, insumos, materiales y equipos puestos a disposición para el presente trabajo.

Nuestro reconocimiento especial al Ing. David Silva, tutor de este trabajo de investigación, quien con gran dedicación, paciencia y exigencia supo guiarnos en cada etapa. Su orientación académica, sus acertadas observaciones y su constante acompañamiento fueron fundamentales para que este trabajo alcanzara el rigor y la calidad que requiere una investigación científica. Más allá de lo académico, agradecemos su ejemplo de disciplina, responsabilidad y compromiso, virtudes que se convierten en una fuente de inspiración para nuestra vida profesional.

De igual manera, expresamos nuestra más sincera gratitud al Ing. Nervo Vargas y a la Ing. Rocío Curichumbi, quienes con sus conocimientos y experiencias aportaron valiosas sugerencias y recomendaciones que enriquecieron de manera significativa el desarrollo de esta investigación. Un agradecimiento muy especial a los señores Marco Ayme, Emilio Pilco y Raúl Gaibor, quienes con su esfuerzo, disposición y sabiduría práctica hicieron posible el desarrollo de las actividades de campo.

Finalmente, a todos nuestros amigos, quienes nos brindaron apoyo incondicional durante esta etapa de formación, les agradezco profundamente.

Briones & Lasso

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pag
CAPÍTULO I.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA.....	3
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Origen	6
2.2. Clasificación taxonómica.....	6
2.3. Descripción morfológica de la planta	7
2.3.1. Raíz.....	7
2.3.2. Tallo.....	7
2.3.3. Hojas	7
2.3.4. Inflorescencia.....	7
2.3.5. Flores	8
2.3.6. Fruto	8
2.3.7. Semilla	8
2.4. Fenología	9
2.5. Requerimientos edafoclimáticos	9
2.5.1. Clima	9
2.5.2. Altitud.....	9
2.5.3. Pluviosidad	9

2.5.4.	Heliofanía	9
2.5.5.	Suelo	10
2.5.6.	Requerimientos Hídricos.....	10
2.6.	Manejo integrado del cultivo	10
2.6.1.	Preparación del suelo	10
2.6.2.	Trazado de surcos.....	10
2.6.3.	Densidad de siembra	10
2.6.4.	Siembra	11
2.7.	Principales plagas y enfermedades	11
2.7.1.	Plagas.....	11
2.7.2.	Enfermedades	13
2.8.	Fertilización.....	14
2.9.	Raleo.....	14
2.10.	Manejo integrado de las malezas.....	15
2.11.	Cosecha	16
2.12.	Trilla	16
2.13.	Relación Beneficio/Costo (RB/C).....	16
2.14.	Nitrógeno	17
2.14.1.	Origen.....	17
2.14.2.	Ciclo del nitrógeno en el suelo.....	17
2.14.3.	Fases del ciclo de nitrógeno	18
2.14.4.	Formas del Nitrógeno.....	19
2.14.5.	Pérdidas de nitrógeno	21
2.14.6.	Formas de ser absorbido por la planta.....	22
2.15.	La producción agrícola y el nitrógeno.....	23
2.16.	Nitrógeno removido por el cultivo	23

2.17.	Análisis de suelo	24
2.18.	Variedad INIAP - Pata de Venado (Taruka Chaki).....	24
2.19.	Línea ECU 6717	25
2.20.	Información nutricional de la Quinoa	27
CAPITULO III		28
3.	MARCO METODOLÓGICO	28
3.1.	Ubicación de la investigación.....	28
•	Localización de la investigación.	28
•	Situación geográfica y edafoclimática.....	28
•	Zona de vida. (zonificación ecológica).....	28
3.2.	Metodología	29
3.2.1	Material en estudio.....	29
3.2.2	Factores en estudio.....	29
3.2.3	Tratamientos.....	29
3.2.4	Tipo de diseño experimental o estadístico.....	30
3.2.5	Manejo de la investigación.....	30
•	Preparación del terreno	30
•	Trazado de parcelas	30
•	Siembra.....	30
•	Fertilización	30
•	Raleo.....	31
•	Control de enfermedades	31
•	Control de plagas	31
•	Control de malezas	31
•	Aporque	32
•	Cosecha.....	32

• Trilla	32
• Aventado.....	32
• Secado.....	32
• Almacenamiento	32
3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuesta).....	33
• Porcentaje de emergencia (PE).....	33
• Determinación de la incidencia de mildiú (<i>Peronospora farinosa</i>) (IM)....	33
• Determinación de la severidad de mildiú (<i>Peronospora farinosa</i>) (SM)....	33
• Altura de planta (AP).....	33
• Días a la cosecha (DC)	33
• Longitud de la panoja (LP).....	34
• Diámetro de la panoja (DP)	34
• Acame de tallo (AT)	34
• Peso de cien granos (PCG)	34
• Tamaño del grano (TG)	34
• Peso en kilogramos por parcela (PKP)	35
• Rendimiento por hectárea (RH).....	35
CAPITULO IV.....	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. Interpretación de resultados.....	36
5.2. Comprobación de la hipótesis	63
CAPITULO V	64
5.1. CONCLUSIONES.	64
5.2. RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Nº	Detalle	Pag
1	Resultado del análisis de varianza para porcentaje de emergencia (PE)	36
2	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA* FB en el porcentaje de emergencia (PE)	36
3	Resultados del análisis de varianza para incidencia de Mildiu (Peronospora farinosa) (IM)	38
4	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA* FB en la incidencia de Mildiu (Peronospora farinosa) (IM)	38
5	Resultados del análisis de varianza de la variable severidad de Mildiu (Peronospora farinosa) (SM)	40
6	Resultados de la prueba de Tukey para la interacción del FA* FB en la severidad de Mildiu (Peronospora farinosa) (SM)	40
7	Resultados del análisis de varianza para altura de la planta (AP)	42
8	Resultados de la prueba de Tukey para la interacción del FA* FB en la altura de la planta (AP)	43
9	Resultados del análisis de varianza para días a la cosecha (DC)	44
10	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA* FB en días a la cosecha (DC)	45
11	Resultados del análisis de varianza para longitud de panoja (LP)	46
12	Resultados del análisis de varianza para diámetro de panoja (DP)	47
13	Resultados del Análisis de varianza para acame de tallo (AT)	47
14	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA* FB en el acame de tallo (AT)	48
15	Resultados del análisis de varianza para peso de grano grueso (PGG) 49	49
16	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA* FB en el peso de grano grueso (PGG)	50
17	Resultados del análisis de varianza para peso de grano pequeño (PGP)	51
18	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de	52

	FA* FB en el peso de grano pequeño (PGP)	
19	Resultado índice de extracción de grano grueso (IEGG)	53
20	Resultados de la prueba de Tukey para la interacción de FA*FB en el índice de extracción de grano grueso (IEGG)	54
21	Resultados del análisis de varianza para peso de cien granos (PCG)	55
22	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA* FB en el peso de cien granos (PCG)	56
23	Resultados del análisis de varianza para peso de campo por parcela (PCP)	57
24	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA* FB en el peso de campo por parcela (PCP)	58
25	Resultados del análisis de varianza para rendimiento por hectárea R kg/ha	59
26	Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA* FB en el rendimiento por hectárea R kg/ha	59
27	Análisis económico de beneficio/ costo	61
28	Análisis de correlación lineal	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Detalle	Pag
1	Resultados de la respuesta de porcentaje de emergencia en A*B	37
2	Resultados de la respuesta incidencia de Mildiu (IM) en A*B (accesiones *niveles de fertilización nitrogenada)	39
3	Resultados de la respuesta severidad de mildiu (SM) en A*B (accesiones*niveles de fertilización nitrogenada)	41
4	Resultados de la respuesta altura de la planta (AP) en FA* FB (accesiones*niveles de fertilización nitrogenada)	43
5	Resultados de la respuesta de días a la cosecha (DC) en FA* FB (accesiones* niveles de fertilización nitrogenada)	45
6	Resultados de la respuesta acame de tallo (AT) en FA* FB (accesiones* niveles de fertilización)	48
7	Resultados de la respuesta peso de grano grueso (PGG) en FA* FB (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada)	50
8	Resultados de la respuesta de peso de grano pequeño (PGP) en FA* FB (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada)	52
9	Resultados de la respuesta índice de extracción de grano grueso en A*B (accesiones *niveles de fertilización nitrogenada)	54
10	Resultados de la de la respuesta peso de cien granos (PCG) de FA* FB en el peso de cien granos (PCG)	56
11	Resultados de la respuesta de peso de campo por parcela (PCP) en FA* FB (accesiones* niveles de fertilización nitrogenada.....	58
12	Resultados de la respuesta rendimiento por hectárea R kg/ha en FA* FB (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada)	60

ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	Detalle
1.	Mapa de la Investigación.
2.	Croquis del ensayo.
3.	Base de datos.
4.	Fotografías de la implementación seguimiento y evaluación del cultivo de quinua.
5.	Glosario de términos.

RESUMEN

El estudio sobre el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) variedad Pata de venado y la línea ECU 67-17 busca mejorar la producción mediante la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno, considerando su importancia en las regiones Andinas. La baja productividad del cultivo causada por la falta de tecnologías adecuadas en su fertilización y el desgaste del suelo hace necesario identificar las dosis de nitrógeno adecuadas para la obtención de buenos rendimiento y la relación Beneficio-Costo. La investigación se realizó en la granja experimental Laguacoto III, provincia de Bolívar, utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) en arreglo factorial 2 x 4 con 3 repeticiones, se evaluaron variables como el porcentaje de emergencia, incidencia de mildiu, severidad de mildiu, altura de la planta, días a la cosecha, longitud de la panoja, diámetro de la panoja, acame de tallo, peso de cien granos, tamaño del grano, peso en kilogramos por parcela, rendimiento por hectárea. Los resultados indicaron que el tratamiento T8 con 120 kg N/ha obtuvo el mayor rendimiento con 3013.71 kg/ha y la mejor relación beneficio/costo (B/C) de 2.36, lo que lo convierte en la opción más rentable. En contraste el tratamiento T2 (40 kg N/ha) el cual presentó el menor rendimiento de 1427.28 kg/ha y una baja respuesta económica (B/C de 0.10). Se concluye que el uso de fertilizante nitrogenado impacta significativamente en la producción de quinua, recomendando un buen manejo cultural del cultivo desde el momento de la siembra con una buena densidad y tapado, un raleo y un buen control de malezas para evitar la propagación de plagas y enfermedades y una mayor competencia de nutrientes durante el desarrollo del cultivo.

Palabra clave: quinua, dosis de nitrógeno, nutriente, rendimiento

SUMMARY

The study on the cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) variety Pata de venado and line ECU 67-17 seeks to improve production by applying four doses of nitrogen, considering its importance in the Andean regions. The low productivity of the crop caused by the lack of adequate fertilization technologies and soil depletion makes it necessary to identify the appropriate nitrogen doses to obtain good yields and a favorable cost-benefit ratio. The research was conducted at the Laguacoto III experimental farm in Bolívar province, using a completely randomized block design (CRBD) in a 2 x 4 factorial arrangement with three replicates. Variables such as emergence percentage, incidence of mildew, severity of mildew, plant height, harvest days, panicle length, panicle diameter, stem lodging, hundred-grain weight, grain size, weight in kilograms per plot, and yield per hectare were evaluated. The results indicated that treatment T8 with 120 kg N/ha obtained the highest yield with 3013.71 kg/ha and the best benefit/cost (B/C) ratio of 2.36, making it the most profitable option. In contrast, treatment T2 (40 kg N/ha) had the lowest yield of 1427.28 kg/ha and low profitability (B/C of 0.10). It is concluded that the use of nitrogen fertilizer has a significant impact on quinoa production, recommending good cultural management of the crop from the moment of sowing with good density and covering, thinning, and good weed control to prevent the spread of pests and diseases and greater competition for nutrients during crop development.

Keywords: quinoa, nitrogen dose, nutrient, yield

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido un cultivo fundamental en las culturas andinas y actualmente es reconocida por su gran valor nutricional y adaptabilidad a diversas condiciones climáticas. Pertenece a la familia Amaranaceae y subfamilia Chenopodioideae, y es conocida por su resistencia a factores abióticos adversos como sequías, heladas y alta salinidad, lo cual permite su cultivo desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. La domesticación de este cultivo se remonta a 3000-5000 a.C, con hallazgos arqueológicos en Chile y Perú que confirman su relevancia en las antiguas civilizaciones de la región. (Agroperú, 2024)

Actualmente, Perú se posiciona como el principal productor y exportador de quinua a nivel mundial, con una producción anual estimada en 70000 tm en 2023, aunque afectada por sequías en algunas zonas del país, Bolivia sigue siendo el segundo mayor productor y exportador global, con estimaciones de producción cercanas a las 60000 tm, La producción de quinua en Ecuador es menor comparada con Perú y Bolivia, con cifras que han alcanzado aproximadamente 2000 tm en 2022. (Hernández, 2024)

En Ecuador, la quinua se cultiva principalmente en provincias andinas como Chimborazo, Imbabura, Pichincha y Carchi, que ofrecen condiciones de altitud y clima adecuadas para su desarrollo. En 2018, el área total dedicada al cultivo de quinua en el país fue de aproximadamente 7148 ha, lo cual resultó en una producción de 12707 tm. (Primicias, 2023)

En la provincia de Bolívar las parroquias productoras más activas se concentran en Salinas, Guanujo, Chillanes y otras aledañas, en 2023 se cultivaron 4741 ha de quinua en Bolívar, con una producción aproximada de 4484 tm. (EcoAzul, 2023)

La aplicación balanceada de fertilizantes, adaptada a las necesidades específicas de la quinua en cada fase de su desarrollo, puede ayudar a mejorar la eficiencia en el uso de nitrógeno. Además, la práctica de fertilización de liberación controlada o de

liberación lenta de nitrógeno puede ser clave para reducir las pérdidas por lixiviación y volatilización, lo que permite una mejor sincronización entre la disponibilidad de nitrógeno y las demandas de la planta. (Bahrami et al., 2022)

Las dosis recomendadas de nitrógeno para la quinua varían según las condiciones agroecológicas, pero generalmente se estima que entre 60 y 100 kg de nitrógeno por hectárea son suficientes para obtener un rendimiento óptimo sin provocar efectos adversos, como el agotamiento del suelo o la contaminación del medio ambiente. (Deng et al., 2024)

El uso adecuado de nitrógeno tiene un impacto directo en la productividad de la quinua, ya que este elemento es responsable de la síntesis de proteínas y otros compuestos esenciales en las plantas, en este sentido, el estudio de la eficiencia química de la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno es fundamental para determinar la cantidad óptima de este nutriente que maximice el rendimiento sin comprometer la sostenibilidad del cultivo. (Jorge et al., 2021)

En este trabajo se estudiará el nitrógeno (N), ya que es un elemento importante para la quinua, y es uno de los mayores nutrientes que en los cultivos limita los rendimientos. El nitrógeno incrementa el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, el número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento. Una importante cantidad del nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína y realizar el papel de reserva en las semillas, manteniendo las mismas vivas sin ser plantadas. (Vitra, 2020)

1.2. PROBLEMA

La provincia de Bolívar se caracteriza por su diversidad climática y por tener suelos con pocos nutrientes, especialmente en las zonas de páramo y montaña donde se cultiva quinua. La quinua tiene un gran potencial en la región por su capacidad de adaptarse a diferentes alturas.

Uno de los principales problemas es el uso ineficiente de nitrógeno, agricultores aplican fertilizantes sin saber exactamente cuál es el porcentaje de nitrógeno necesita el cultivo ni cuanto existe en el suelo, esto lleva a aplicar demasiado o muy poco fertilizante, lo que afecta tanto rendimiento, medio ambiente, falta de información sobre la dosificación correcta, junto con la variabilidad de los suelos, provoca un uso ineficiente en fertilizantes, generando bajos rendimientos y contaminando cuerpos de agua cercanos con nitratos. Mencionemos que la falta de capacitación técnica sobre el manejo adecuado de nitrógeno y otras prácticas agrícolas sostenibles también es un factor importante., pequeños agricultores no tienen acceso a asesoría técnica ni herramientas para un correcto análisis del suelo, lo que conlleva a usar métodos tradicionales sin seguir recomendaciones.

Además, el clima variable, con sequías seguidas de lluvias intensas, afecta la eficiencia del nitrógeno. El exceso de agua puede arrastrar los nutrientes hacia capas más profundas del suelo, fuera del alcance de las raíces de la quinua. Esto, combinado con un manejo deficiente del riego agrava el problema. La cantidad de nitrógeno disponible no siempre se ajusta a las necesidades del cultivo, lo que disminuye la productividad y reduce la rentabilidad de los agricultores.

El desafío es encontrar la dosis adecuada de nitrógeno para maximizar el rendimiento de la quinua esto requiere un buen conocimiento de como interactúa el nitrógeno, agua y condiciones agroclimáticas, desarrollando estrategias para aplicar el fertilizante de forma precisa y adecuada.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Determinar la eficiencia química a la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno, en dos accesiones de quinua, en Laguacoto.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Valorar las principales características agronómica de las dos accesiones de quinua.
- Evaluar la eficiencia química de cuatro dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de dos accesiones de quinua.
- Determinar la relación Beneficio/Costo en la investigación de las tecnologías evaluadas.

1.4. HIPÓTESIS

H₀: La eficiencia química del nitrógeno en el cultivo de quinua, no depende de la accesión y la dosis de nitrógeno empleada.

H_a: La eficiencia química del nitrógeno en el cultivo de quinua, depende de la accesión y la dosis nitrógeno empleada.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Origen

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta originaria de los Andes centrales de Sudamérica, específicamente de las regiones actuales de Perú, Bolivia, Ecuador y el norte de Chile y Argentina. Se cultiva desde hace más de 5000 años, siendo una de las principales fuentes de alimento para las civilizaciones preincaicas y posteriores, como los Incas. Esta planta se adaptó a las duras condiciones de altitud, con suelos pobres y variaciones extremas de temperatura, lo que le permitió convertirse en un cultivo esencial para las comunidades andinas. La quinua fue considerada sagrada por los Incas, quienes la llamaban "la madre de los granos". Aunque su cultivo estuvo restringido principalmente a Sudamérica, en las últimas décadas, su producción y consumo han ganado popularidad a nivel mundial debido a sus propiedades nutricionales excepcionales, que incluyen altos niveles de proteína, fibra y minerales como el hierro y el magnesio. (Antipode , 2019)

2.2. Clasificación taxonómica

Reino Plantae

División Angiosperms

Clase Eudicotiledóneas

Orden Caryophyllales

Familia Amaranthaceae

Género *Chenopodium*

Especie *quinoa*

Fuente: (Miranda, 2007)

2.3. Descripción morfológica de la planta

2.3.1. Raíz

La raíz pivotante puede alcanzar una profundidad de 20 a 25 cm, lo que le permite acceder a nutrientes y agua en capas más profundas del suelo. Las raíces secundarias se extienden horizontalmente y aumentan la superficie de absorción, ayudando a la planta a resistir condiciones de sequía y estabilidad frente a vientos fuertes. (Bhargava, 2021)

2.3.2. Tallo

El tallo de la quinua es erecto, robusto y puede alcanzar entre 1 y 3 metros de altura. Su color generalmente es verde, aunque algunas variedades presentan tonalidades rojizas o moradas. El tallo principal es recto y puede ramificarse de manera moderada, dependiendo de la variedad y el entorno de cultivo. Su textura es carnosa y tiene una corteza que le otorga resistencia, aunque puede ser relativamente frágil en algunas especies. Además de servir de soporte para las hojas y las inflorescencias, el tallo es esencial en el transporte de agua y nutrientes desde las raíces hacia las partes aéreas de la planta, contribuyendo a su crecimiento y desarrollo. (Antipode , 2019)

2.3.3. Hojas

Las hojas de la quinua son alternas, de forma polimorfa (pueden variar en tamaño y forma dentro de la misma planta), y se caracterizan por ser anchas con márgenes enteros o ligeramente dentados. Tienen una coloración verde, aunque algunas variedades pueden presentar tonos rojizos, especialmente hacia el final de la temporada. Son de gran importancia para la fotosíntesis, ya que la planta depende de ellas para su desarrollo en suelos pobres o secos. (Luna, 2021)

2.3.4. Inflorescencia

La inflorescencia de la quinua es una panícula densa, con flores pequeñas y sin pétalos. Las flores se agrupan en racimos terminales, y pueden ser tanto masculinas

como hermafroditas, dependiendo de su posición en la planta. Esta estructura es clave para la producción de semillas, ya que las flores femeninas son las que se convierten en el grano comestible. (Pando & Gómez, 2021)

2.3.5. Flores

El fruto de la quinua es un utrículo, un tipo de aquenio, pequeño (alrededor de 2 mm de diámetro), con una cáscara membranosa. Este fruto contiene una sola semilla en su interior, que es la parte comestible de la planta. El desarrollo del fruto es crucial para la cosecha, ya que la calidad del grano influye directamente en el valor nutricional y comercial. (Pando & Gómez, 2021)

2.3.6. Fruto

El fruto de la quinua es un utrículo, un tipo de aquenio, pequeño (alrededor de 2 mm de diámetro), con una cáscara membranosa. Este fruto contiene una sola semilla en su interior, que es la parte comestible de la planta. El desarrollo del fruto es crucial para la cosecha, ya que la calidad del grano influye directamente en el valor nutricional El ciclo de desarrollo de la quinua comienza con la emergencia, que ocurre entre los 7 y 10 días después de la siembra, cuando la planta sale a la superficie. Posteriormente, aparece la primera hoja verdadera, seguida por la aparición de cuatro hojas verdaderas y luego seis, momento en que las hojas cotiledonales se tornan amarillas. Entre los 31 y 50 días y comercial. (Mirando, 2017)

2.3.7. Semilla

Las semillas de quinua son lenticulares, con una forma casi circular, y poseen una capa externa llamada perisperma, que contiene un alto valor proteico. Las semillas son ricas en aminoácidos esenciales y no contienen gluten, lo que las hace atractivas para diversas dietas. Al ser cosechadas, las semillas deben ser lavadas para eliminar la saponina, un compuesto amargo presente en su cáscara. (Mirando, 2017)

2.4. Fenología

La planta inicia su ramificación, con la caída de las hojas y el crecimiento de "ramitas". A partir de los 51 días, comienza el panojamiento, cuando las panojas emergen del ápice de la planta. La floración empieza entre los 100 y 120 días con la apertura de las primeras flores en la panoja, destacando las flores hermafroditas apicales. En el proceso de madurez, se distinguen las fases de grano lechoso y grano pastoso, con consistencia pastosa de color blanco. La madurez fisiológica se caracteriza por la coloración opaca de las panojas y la dureza del grano, mientras que la madurez de cosecha se logra cuando los granos sobresalen del perigonio, indicando que están listos para la trilla. (Acuña, 2019)

2.5. Requerimientos edafoclimáticos

2.5.1. Clima

El clima adecuado para el desarrollo de la quinua incluye temperaturas óptimas entre 8°C y 15°C, precipitaciones entre 400 y 1,000 mm durante su ciclo vegetativo, y buena luminosidad con al menos 6-7 horas de sol al día. La quinua prefiere climas templados y fríos, y puede adaptarse a una amplia gama de condiciones climáticas, desde climas secos y calurosos hasta fríos y secos. (Mena, 2013)

2.5.2. Altitud

La quinua se cultiva en altitudes que varían desde los 2500 a 3500 msnm, donde las condiciones de temperatura y radiación son óptimas. (Valarezo , 2023)

2.5.3. Pluviosidad

Requiere precipitaciones moderadas, de 500 mm a 700mm anuales, distribuidas principalmente durante el crecimiento vegetativo. (Hidalgo & Arteaga , 2019)

2.5.4. Heliofanía

La quinua necesita alta exposición solar, con al menos 8 horas de sol directo al día, lo cual es crucial para un buen rendimiento. (Hidalgo & Arteaga , 2019)

2.5.5. Suelo

Suelos drenados, ligeramente ácidos a neutros (pH entre 6 y 7), aunque también puede adaptarse a suelos salinos y poco fértiles. No tolera suelos con mal drenaje. (Carrasco & Olgúin, 2023)

2.5.6. Requerimientos Hídricos

Aunque la quinua es resistente a la sequía, necesita un riego adecuado durante la fase de crecimiento inicial, especialmente si las lluvias son escasas. Sin embargo, tolera períodos de sequedad una vez establecida. (Carrasco & Olgúin, 2023)

2.6. Manejo integrado del cultivo

2.6.1. Preparación del suelo

Para el cultivo de quinua, es crucial preparar un suelo bien aireado y libre de maleza. Se recomienda realizar una labranza profunda (de 10 a 15 cm de profundidad) para asegurar un buen drenaje, especialmente en suelos arcillosos o compactos. La incorporación de materia orgánica es importante para mejorar la estructura del suelo y aportar nutrientes. Además, se debe realizar una nivelación adecuada del terreno para evitar encharcamientos. (Zurita & Quiroz, 2020)

2.6.2. Trazado de surcos

El trazado de surcos debe hacerse con un espaciamiento adecuado para permitir el crecimiento de las plantas y facilitar el manejo del agua. Generalmente, los surcos se deben trazar con una distancia de entre 25 y 40 cm entre ellos, dependiendo de la variedad y las condiciones específicas del terreno. Esto permite una buena ventilación y acceso de la luz a las plantas. (Zurita & Quiroz, 2020)

2.6.3. Densidad de siembra

La densidad de siembra de la quinua varía según las condiciones agroecológicas y la variedad cultivada. Una densidad común es de 100 a 120 plantas por metro cuadrado, lo que facilita una distribución adecuada para el crecimiento y minimiza la competencia por nutrientes. La densidad también debe ajustarse según la

fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua, ya que en suelos más fértiles puede aumentarse la densidad sin comprometer el rendimiento. (Mirando, 2017)

2.6.4. Siembra

La siembra de la quinua se realiza generalmente en la época de la primavera, cuando las temperaturas son más estables. Las semillas deben ser sembradas a una profundidad de 1 a 3 cm, con una distancia entre plantas de unos 15 a 30 cm. Se recomienda sembrar en líneas o surcos, asegurando una adecuada cobertura y evitando la siembra directa en condiciones de alta humedad para prevenir enfermedades. Además, se pueden usar semillas tratadas para mejorar la germinación y proteger a las plantas jóvenes de patógenos. (Calla , 2021)

2.7. Principales plagas y enfermedades

2.7.1. Plagas

- **Gusano trozador o tierrero (*Agrotis ipsilon*)**

Este insecto es una polilla cuyas larvas se alimentan de las raíces y tallos de las plantas jóvenes, causando un debilitamiento significativo que puede resultar en la muerte de las plantas si la infestación es severa. Las larvas perforan el tallo y se desplazan bajo tierra, lo que dificulta su control.

Control biológico: El uso de enemigos naturales, como nematodos entomopatógenos (*Steinernema feltiae*), que atacan a las larvas, es una opción eficaz y ecológica.

Uso de insecticidas biológicos: Se pueden aplicar productos a base de *Bacillus thuringiensis*, un insecticida biológico que actúa sobre las larvas del gusano trozador sin afectar a otros organismos.

Monitoreo constante: Realizar monitoreos periódicos del cultivo para detectar signos tempranos de infestación, como hojas y tallos dañados, puede ayudar a aplicar tratamientos a tiempo. (Delgado & Goyzueta , 2021)

- **Minador de hoja (*Liriomyza braziliensis*)**

Es una plaga que afecta al cultivo de quinua, especialmente en las etapas de crecimiento vegetativo. Las larvas de este insecto perforan las hojas, creando túneles o galerías en el interior del tejido foliar. Esto no solo reduce la capacidad fotosintética de la planta, sino que también puede debilitarla, favoreciendo el ingreso de patógenos y reduciendo el rendimiento de la cosecha. La infestación puede ser grave si no se controlan a tiempo, pues las larvas se desarrollan rápidamente y afectan áreas extensas del cultivo.

Control biológico: Utilizar enemigos naturales como avispas parasitoides del género *Diglyphus* o *Psyllaephagus*, que atacan y parasitan las larvas del minador de hojas.

Insecticidas selectivos: Se recomienda el uso de insecticidas selectivos, como los que contienen Spinosad, que actúan sobre las larvas sin dañar a los polinizadores o a otros insectos benéficos. (Delgado & Goyzueta , 2021)

- **Pulgones (*Aphis gossypii*)**

Son insectos chupadores de savia que pueden afectar el cultivo de quinua. Estos pequeños insectos se agrupan en colonias en las partes tiernas de la planta, como hojas jóvenes y brotes, y succionar la savia. Este daño puede debilitarlas y reducir la fotosíntesis, lo que afecta el crecimiento y rendimiento del cultivo. Además, los pulgones son vectores de diversas enfermedades virales que pueden agravar aún más el problema.

Control biológico: La liberación de depredadores naturales, como las mariquitas (*Coccinella* spp.) y los ácaros depredadores (*Phytoseiulus persimilis*), que se alimentan de los pulgones, puede ser una estrategia eficaz y ecológica.

Insecticidas selectivos: Se pueden aplicar insecticidas biológicos, como los a base de *Azadiractina* o *Spinosad*, que son menos dañinos para los insectos benéficos.

Control cultural: Mantener el cultivo libre de malezas que sirvan de refugio o

alimento para los pulgones, y la rotación. (Santivañez & Cruces, 2019)

2.7.2. Enfermedades

- **Mildiú (*Peronospora variabilis*)**

Es una enfermedad fúngica que afecta al cultivo de quinua, especialmente en condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. Esta enfermedad se manifiesta a través de manchas amarillentas en las hojas, que se tornan necróticas y secas con el tiempo. En condiciones severas, el mildiú puede provocar la defoliación prematura y la reducción del rendimiento del cultivo debido al daño en la capacidad fotosintética de las plantas.

Control biológico: El uso de hongos antagonistas como *Trichoderma spp.* o bacterias como *Bacillus subtilis* puede ayudar a prevenir o reducir la propagación del mildiú al competir con el patógeno por el espacio y los recursos.

Uso de fungicidas: Se recomienda el uso de fungicidas sistémicos como los basados en *Mancozeb* o *Copper hydroxide* (hidróxido de cobre) para el tratamiento preventivo o curativo de la enfermedad. Estos deben aplicarse en intervalos regulares, especialmente durante las estaciones húmedas.

Manejo cultural: Mejorar la circulación de aire alrededor de las plantas mediante una adecuada disposición de surcos y eliminar las hojas afectadas para reducir la humedad en la zona de cultivo son prácticas efectivas para el control del mildiú (Aragon, 2019).

- **Mancha circular u “ojo de gallo” (*Cercospora sp*)**

Es una enfermedad fúngica que afecta al cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*), causando lesiones características en las hojas, que inicialmente aparecen como pequeñas manchas circulares de color marrón a negruzco, con un halo amarillo alrededor. Con el tiempo, las manchas se expanden, lo que puede llevar a la defoliación prematura y a una reducción en el rendimiento del cultivo.

El uso de productos biológicos, como cepas de *Trichoderma* o *Bacillus*, ha mostrado eficacia en el control de enfermedades fúngicas de plantas.

Uso de fungicidas: Aplicación de fungicidas específicos para el control de

Cercospora, tales como productos a base de mancozeb, clorotalonil o azoxistrobina. Las aplicaciones deben realizarse preventivamente y de acuerdo con las indicaciones del fabricante para evitar resistencia.

Control cultural: Alternar el cultivo de quinua con otras especies que no sean hospederas de *Cercospora* puede reducir la persistencia del hongo en el suelo. (Callohuari & Delgado, 2021)

2.8. Fertilización

La fertilización de la quinua es esencial para asegurar un buen rendimiento y calidad de los granos, ya que esta planta requiere nutrientes clave para su desarrollo óptimo. Diversos ensayos realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) en condiciones de riego y secano costero en Chile han demostrado una respuesta positiva del rendimiento de quinua a la aplicación de dosis crecientes de fertilizantes, distribuidos en tres parcialidades. Se recomienda aplicar 120 unidades de P_2O_5 /ha y 60 unidades de K_2O /ha al momento de la siembra, junto con 75 unidades de N/ha en las etapas de 4-5 hojas y 75 unidades de N/ha en 5-6 hojas. Estas dosis deben ajustarse según los resultados de un análisis químico del suelo. El nitrógeno (N) es especialmente importante, ya que incrementa el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta, lo cual influye directamente en el número de hojas, semillas por inflorescencia y el potencial de rendimiento del cultivo. Además, una cantidad significativa de nitrógeno se transfiere a los granos en la madurez, lo que contribuye al contenido de proteína. Las aplicaciones de N en las etapas de 4-5 hojas e inicio de ramificación (5-6 hojas) incrementan el rendimiento al favorecer un rápido crecimiento y acumulación de materia seca. La fertilización debe ser bien manejada, balanceada y basada en un análisis de suelo para maximizar el rendimiento. (Calvache & Valle, 2021)

2.9. Raleo

El raleo es una técnica agronómica que consiste en eliminar selectivamente plantas de un cultivo para reducir la densidad de siembra y mejorar el crecimiento de las plantas restantes. En la quinua, esta práctica es importante para evitar la

competencia excesiva por recursos como luz, agua y nutrientes, lo que favorece el desarrollo de las plantas seleccionadas. El raleo también ayuda a reducir la propagación de enfermedades y plagas al eliminar plantas débiles o enfermas. Además, optimiza el uso de recursos y mejora el rendimiento del cultivo, ya que las plantas restantes tienen un mejor acceso a los nutrientes, lo que puede incrementar el tamaño de las semillas. La densidad de plantas especificadas es suficiente para lograr buenas poblaciones por metro cuadrado. Si se realiza un aclareo, se recomienda mantener de 20 a 30 plantas por metro cuadrado (200.000 a 300.000 plantas por hectárea). Las plantas cosechadas pueden utilizarse como forraje y las hojas como verdura para la alimentación. El raleo se realiza generalmente cuando las plantas tienen entre 10 y 20 cm de altura, y se busca mantener una distancia de entre 20 y 30 cm entre ellas, dependiendo de la variedad y las condiciones locales. (Bitancor, 2021)

2.10. Manejo integrado de las malezas

El manejo integrado de malezas (MIM) es un enfoque que combina diversas prácticas para controlar las malezas de manera efectiva, manteniendo su población por debajo de los umbrales de daño técnico y económico para el cultivo, en este caso de la quinua. Un programa de manejo integrado abarca acciones que van desde el barbecho y preparación del suelo hasta la post cosecha, e involucra tres tipos principales de control: (a) control cultural, que incluye la rotación de cultivos, el uso de variedades competitivas, la siembra densa y la cobertura del suelo para reducir la presencia de malezas; (b) control mecánico, como el escardado y la labranza, que elimina las malezas físicamente; y (c) control químico, mediante el uso de herbicidas de manera selectiva y estratégica. Un aspecto clave en el MIM es el período crítico de control de malezas, que corresponde al intervalo en que el cultivo debe mantenerse libre de malezas para evitar pérdidas en el rendimiento. En el caso de la quinua, este período varía según la zona, pero se encuentra entre 0 y 16 días después de la emergencia del cultivo (DDE), con estudios como el de Díaz et al. (2018) señalando que este período puede extenderse hasta los 90 DDE en la región de la Araucanía, Chile. El éxito del control de malezas no solo depende del manejo en este período crítico, sino también de la implementación adecuada y

oportuna de las estrategias culturales, mecánicas y químicas, todas integradas en un plan de manejo anual de malezas que garantice el máximo rendimiento y la calidad comercial de la quinua. (Fontagro, 2021)

2.11. Cosecha

La cosecha de quinua se realiza una vez que el cultivo ha alcanzado la etapa de maduración, lo que se puede identificar cuando los granos pasan de un estado másoso a semiduro. Este cambio morfológico es un indicador clave para determinar el momento de cosecha. Además, se puede reconocer la madurez por el cambio de color en los tallos y las panojas, lo que señala el inicio de la senescencia del cultivo. En los sistemas de producción de medianos y pequeños agricultores, la cosecha se realiza principalmente de manera manual, utilizando una hoz para cortar los tallos. Posteriormente, se almacenan en gavillas o parvas durante un tiempo moderado, lo que permite que se reduzca la humedad y los granos estén listos para la trilla. (Nieto & Vimos , 2019)

2.12. Trilla

Es el proceso mediante el cual se separan los granos de las panojas después de la cosecha. Una vez cosechadas las plantas, se procede a golpear las panojas sobre una superficie dura, si la cantidad de plantas es pequeña, lo cual es típico en los sistemas de pequeña agricultura. Este proceso es manual y permite extraer los granos de manera efectiva. Sin embargo, cuando la cosecha es más grande, se emplean trilladoras estacionarias o combinadas, que son más eficientes y permiten manejar mayores volúmenes de grano. Este proceso debe realizarse con cuidado para evitar dañar los granos, ya que son frágiles y pueden perder calidad si se manejan incorrectamente. La trilla debe ser seguida de un proceso de limpieza para eliminar las impurezas y obtener el grano de quinua listo para el mercado o almacenamiento. (Growveg, 2022)

2.13. Relación Beneficio/Costo (RB/C)

La relación beneficio/costo (B/C) de la quinua es un indicador clave a la evaluación de rentabilidad de su producción en términos económicos. Este análisis compara los

ingresos generados por la venta de quinua con los costos involucrados en su producción, como insumos, mano de obra, maquinaria entre varios recursos. Una relación positiva de beneficio/costo indica que los beneficios superan los costos, lo que hace que la producción de quinua sea económicamente viable y atractiva para los agricultores. El análisis costo beneficio (C/B) metodología que permite evaluar de forma exhaustiva costos y beneficios de un proyecto con el objetivo de determinar si es socialmente deseable. Se cuantifican los costos y beneficios en unidades monetarias, El análisis de costo beneficio indica quién gana y quién pierde con la implementación de la investigación, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones sobre la viabilidad y sostenibilidad del cultivo en determinadas condiciones. En el caso de la quinua, el análisis de costo beneficio se puede utilizar para seleccionar proyectos alternativos de producción o analizar y decidir si la inversión en su cultivo es deseable desde el punto de vista social y económico. (Milton, 2019)

2.14. Nitrógeno

2.14.1. Origen

Bajo condiciones naturales, el N del suelo no proviene de la degradación de la roca madre. Mayormente el nitrógeno se encuentra en la atmósfera terrestre y es fijado al suelo a través de los distintos procesos, fundamentalmente de tipo biológico. (Miranda & Carlesso, 2021)

2.14.2. Ciclo del nitrógeno en el suelo

El ciclo del nitrógeno comienza con la fijación biológica del nitrógeno, un proceso en el que las bacterias fijadoras de nitrógeno que viven en los nódulos de las raíces de las leguminosas convierten el nitrógeno atmosférico en amonio (NH_4^+), que luego se convierte en nitrato (NO_3^-). Las plantas pueden absorber este nitrato del suelo y utilizarlo para sintetizar compuestos esenciales, como proteínas y aminoácidos. Por otro lado, las bacterias desnitrificantes convierten el exceso de nitrato en nitrógeno gaseoso, liberándolo nuevamente a la atmósfera. Además de este proceso biológico, el ciclo del nitrógeno también puede iniciarse por

fenómenos naturales, como los rayos, que generan un calor suficiente para romper los enlaces triples del nitrógeno atmosférico, liberando átomos de nitrógeno que se combinan con oxígeno para formar óxidos de nitrógeno. Estos compuestos se disuelven en la lluvia y se incorporan al suelo como ácido nítrico, el cual es absorbido por las plantas. Sin embargo, el exceso de nitrato en el suelo, ya sea por aplicación excesiva de fertilizantes o por lixiviación (cuando la lluvia o el riego disuelven los nutrientes y los arrastran hacia capas más profundas del suelo), puede contaminar las aguas subterráneas, afectando la calidad del agua. (Huanca & Mamani, 2019)

2.14.3. Fases del ciclo de nitrógeno

- **Fijación**

El nitrógeno atmosférico (N_2), que es inerte y no asimilable por la mayoría de los organismos, es fijado en formas utilizables (como amoníaco NH_3) por bacterias fijadoras de nitrógeno, tanto en el suelo como en las raíces de plantas leguminosas, como el género *Rhizobium*. Este proceso es facilitado por la acción de enzimas especializadas, como la nitrogenasa. (Delatorre & Bar, 2022)

- **Nitrificación o mineralización**

La nitrificación es un proceso bacteriano aeróbico en el que el amonio (NH_4^+) se convierte en nitratos (NO_3^-), la forma de nitrógeno más fácilmente absorbida por las plantas. Este proceso ocurre en dos etapas:

Nitrificación: El amoníaco (NH_3) es oxidado por bacterias Nitrisomonas a nitritos (NO_2^-)

Nitrificación: Los nitritos son luego convertidos a nitratos (NO_3^-) por bacterias.

Nitrobacter. Los nitratos son la principal forma de nitrógeno disponible para las plantas. (Delatorre & Bar, 2022).

- **Asimilación**

Las plantas absorben principalmente nitratos (NO_3^-) del suelo a través de sus raíces.

Estos nitratos son luego reducidos dentro de las plantas a formas amoniacales para ser incorporados en aminoácidos, proteínas y otros compuestos orgánicos esenciales para su crecimiento. (Carlesso & Borda, 2021)

- **Amonificación**

Tras la descomposición de materia orgánica (residuos de plantas, animales y microorganismos), el nitrógeno orgánico presente en estos materiales se convierte en amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+) mediante la acción de microorganismos descomponedores en un proceso llamado amonificación. El amonio liberado en el suelo puede ser utilizado directamente por las plantas o convertirse en otras formas. (Carlesso & Borda, 2021)

- **Desnitrificación**

En condiciones anaeróbicas (bajas concentraciones de oxígeno), algunos microorganismos convierten los nitratos (NO_3^-) nuevamente en nitrógeno gaseoso (N_2) o en óxidos de nitrógeno (NO , N_2O), liberándolos al ambiente en un proceso conocido como desnitrificación. Este proceso puede resultar en la pérdida de nitrógeno disponible en el suelo. (Bahrami & Bazile, 2022).

2.14.4. Formas del Nitrógeno

- **Nitrógeno atmosférico (N_2)**

El nitrógeno existe en su forma molecular, N_2 , que constituye aproximadamente el 78% de la atmósfera terrestre. Esta forma es inerte y no está disponible para la mayoría de los organismos. A través del proceso de fijación biológica del nitrógeno, ciertos microorganismos como las bacterias *Rhizobium* en las raíces de las leguminosas o bacterias libres en el suelo. (Zamora & Alvarado, 2021).

- **Amonio (NH_4^+)**

El amonio es una forma de nitrógeno que resulta de la amonificación, un proceso que ocurre cuando la materia orgánica, como restos de plantas y animales, se descompone por acción de microorganismos. El amonio también puede ser liberado

directamente por algunas bacterias nitrificantes. Este compuesto es utilizado por las plantas como fuente de nitrógeno, aunque su concentración debe mantenerse equilibrada, ya que puede ser tóxico en niveles elevados. (Caballero & Miranda, 2022)

- **Nitratos (NO_3^-)**

Los nitratos son la forma más común de nitrógeno disponible para las plantas, resultante de la nitrificación, un proceso en el que el amonio (NH_4^+) es convertido en nitratos (NO_3^-) por bacterias del género *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. Los nitratos son fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas y transportados dentro de ellas para ser incorporados en proteínas y otros compuestos esenciales. (Carlesso & Borda, 2021)

- **Nitritos (NO_2^-)**

Los nitritos son intermediarios en el proceso de nitrificación. Aunque no son utilizados directamente por las plantas, los nitritos se oxidan a nitratos por acción de bacterias como *Nitrobacter*. En exceso, los nitritos pueden ser perjudiciales para los organismos, ya que interfieren con la capacidad de las plantas y animales para transportar oxígeno. (Santivañez & Cruces, 2019)

- **Nitrógeno orgánico**

El nitrógeno orgánico es una forma compleja que está presente en la materia orgánica de los suelos, como proteínas, aminoácidos, y otras sustancias orgánicas. A través de la mineralización, los microorganismos descomponen este nitrógeno orgánico y lo convierten en amonio (NH_4^+) y, eventualmente, en nitratos (NO_3^-). (Mirando, 2017)

- **Óxidos de nitrógeno (NO_x)**

Los óxidos de nitrógeno incluyen compuestos como el óxido nitroso (N_2O), el óxido nítrico (NO) y otros, que pueden formarse de manera natural, por ejemplo, en el suelo por desnitrificación o a través de procesos industriales. El óxido nitroso es un

gas de efecto invernadero y contribuye al cambio climático, mientras que el óxido nítrico se disuelve en la lluvia, formando ácido nítrico, que también se incorpora al ciclo del nitrógeno. (Valarezo , 2023)

- **Nitrógeno gaseoso (N_2O)**

El óxido nitroso (N_2O) es un gas de nitrógeno producido principalmente por procesos de desnitrificación en suelos anaeróbicos, donde las bacterias desnitrificantes convierten los nitratos en gases de nitrógeno, que se liberan a la atmósfera. (Alvar & Vermi, 2021)

2.14.5. Pérdidas de nitrógeno

- **Volatilización de amoníaco**

La volatilización del amoníaco ocurre cuando el amonio (NH_4^+) o el amoníaco (NH_3) se liberan a la atmósfera desde el suelo o el estiércol aplicado. Esto es más común en suelos alcalinos o cuando los fertilizantes que contienen amonio se aplican de manera incorrecta o en condiciones de alta temperatura. El amoníaco liberado puede contribuir a la contaminación del aire y al ácido del suelo. (Bahrami & Bazile, 2022)

- **Desnitrificación**

La desnitrificación es un proceso microbiológico que ocurre en suelos saturados de agua o con baja concentración de oxígeno. En este proceso, las bacterias desnitrificantes convierten los nitratos (NO_3^-) en nitrógeno gaseoso (N_2) o en óxidos de nitrógeno (NO , N_2O), los cuales son liberados a la atmósfera. El óxido nitroso (N_2O) es un gas de efecto invernadero y contribuye al cambio climático. La desnitrificación es más pronunciada en suelos con alta humedad y bajas condiciones aeróbicas. (Growveg, 2022)

- **Lixiviación**

La lixiviación es el proceso en el cual los nitratos (NO_3^-) se disuelven en el agua de lluvia o riego y se transportan hacia capas más profundas del suelo, pudiendo

alcanzar las aguas subterráneas. Esta pérdida de nitrato puede resultar en la contaminación del agua, lo que afecta la calidad del agua potable y puede llevar a la eutrofización de cuerpos de agua, un proceso que causa un crecimiento excesivo de algas. (Milton, 2019).

- **Escorrentía superficial**

La escorrentía superficial se refiere al agua que fluye sobre la superficie del suelo durante lluvias intensas o riego, transportando nutrientes como el nitrato hacia cuerpos de agua cercanos. Esta forma de pérdida contribuye a la contaminación de ríos, lagos y embalses con nitrógeno, afectando negativamente los ecosistemas acuáticos. (Carlesso & Borda, 2021)

2.14.6. Formas de ser absorbido por la planta

- **Forma nítrica**

La absorción de nitratos es activa y requiere energía en forma de ATP, dado que se transportan a través de las membranas celulares por transportadores de nitratos especializados. Las plantas, especialmente aquellas en su fase de crecimiento vegetativo, dependen en gran medida de los nitratos para sintetizar compuestos clave como proteínas y ácidos nucleicos. (Coraspe & Muraoka, 2019).

- **Forma amoniacal**

Una vez absorbido, el amonio se utiliza directamente para la síntesis de aminoácidos y proteínas dentro de las células vegetales. El amonio puede ser convertido en glutamina y otros compuestos nitrogenados mediante el proceso de asimilación del amonio, donde la planta utiliza enzimas como la glutamina sintetasa para incorporar el nitrógeno en moléculas orgánicas. Aunque el amonio es eficaz para la planta, su concentración en el suelo debe ser controlada, ya que en niveles elevados puede ser tóxico para las raíces y otros tejidos de la planta. (Barbazán, 2019)

2.15. La producción agrícola y el nitrógeno

El nitrógeno es un nutriente esencial para la producción agrícola, ya que juega un papel clave en la formación de aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos necesarios para el crecimiento de las plantas. Su disponibilidad en el suelo es fundamental para mejorar el rendimiento de cultivos como el maíz, trigo, arroz y quinua, ya que favorece la fotosíntesis, el crecimiento vegetativo y la producción de granos. Sin embargo, su uso inadecuado puede causar pérdidas de nitrógeno por lixiviación, desnitrificación y volatilización, lo que reduce la eficiencia del fertilizante y contribuye a la contaminación del agua y al cambio climático. Para mejorar la sostenibilidad, se recomienda aplicar fertilizantes de manera controlada, utilizar cultivos de cobertura que fijan nitrógeno en el suelo, y adoptar tecnologías de precisión en la fertilización, con el fin de optimizar el uso del nitrógeno y minimizar sus impactos ambientales. Las prácticas de manejo integrado del nitrógeno (INM) son fundamentales para alcanzar una producción agrícola sostenible y garantizar el uso eficiente del nitrógeno, evitando impactos negativos como la eutrofización y la contaminación de aguas subterráneas. (Cimmyt, 2020)

2.16. Nitrógeno removido por el cultivo

La eficiencia fisiológica del uso de nitrógeno (N) por las plantas depende de las características específicas de cada especie y de la disponibilidad de N en el suelo. Aunque este valor puede variar ampliamente, en el caso del maíz, se estima una media de 40 kg de grano producido por cada kilogramo de N absorbido en la planta. Los modelos de balance de N utilizan el inverso de esta eficiencia como coeficiente de requerimiento, resultando en aproximadamente 20 a 25 kg de N por tonelada de grano de maíz. Por su parte, la eficiencia agronómica mide los kilogramos de grano obtenidos por cada kilogramo de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la eficiencia fisiológica del cultivar o híbrido, la proporción de N absorbido por la planta y las pérdidas de N durante el ciclo del cultivo. Así, la eficiencia agronómica puede variar entre un máximo equivalente a la eficiencia fisiológica y un mínimo de cero, en función de factores limitantes como la disponibilidad de agua o el incremento en las pérdidas de N. (González , 2019)

2.17. Análisis de suelo

El análisis de suelos es una herramienta fundamental para diagnosticar problemas nutricionales y definir recomendaciones de fertilización. Este análisis se basa en la relación entre los niveles de nutrientes y la respuesta del cultivo, identificando un “nivel crítico” a partir del cual se estima la cantidad de un nutriente que la planta necesita para un crecimiento adecuado. Si el nivel de un nutriente en el suelo está por debajo o por encima de este umbral, el desarrollo del cultivo puede verse afectado, ya sea de forma negativa o positiva, según la cantidad presente. Además de evaluar la suficiencia o deficiencia de nutrientes, el análisis de suelos permite identificar condiciones adversas, como la acidez, salinidad o toxicidad de ciertos elementos, que podrían perjudicar a los cultivos. (Molina, 2021)

El análisis también ayuda a medir la fertilidad del suelo, un factor clave para la productividad. Sin embargo, la fertilidad por sí sola no garantiza la producción, ya que factores físicos como el drenaje deficiente, escasa profundidad, presencia de piedras superficiales y déficit de humedad pueden limitar la producción incluso en suelos fértiles. En este sentido, el análisis de suelo permite no solo establecer un programa de fertilización adecuado, sino también monitorear regularmente los cambios en la fertilidad y potencial productivo del suelo, en función de sus características químicas y físicas. (Delatorre & Bar, 2022)

2.18. Variedad INIAP - Pata de Venado (Taruka Chaki)

Fue desarrollada en Ecuador por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) como una opción productiva con buenas adaptaciones a las condiciones agroclimáticas de las zonas andinas. Esta variedad destaca por su buena resistencia a enfermedades y tolerancia a suelos de baja fertilidad, además de ser adecuada para altitudes entre 2,500 y 3,800 metros sobre el nivel del mar. Su grano es de tamaño mediano, con alto contenido de proteínas y minerales, lo cual la hace altamente nutritiva. INIAP - Pata de Venado ha sido reconocida como una opción para mejorar la productividad y calidad de la quinua en Ecuador, respondiendo a la demanda de productores y consumidores. (Colcha, 2021)

Ficha Técnica: Variedad de Quinua INIAP - Pata de Venado (Taruka Chaki)

Característica	Descripción
Nombre Común	Pata de Venado (Taruka Chaki)
Nombre Científico	<i>Chenopodium quinoa</i>
Desarrollador	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Ecuador
Adaptación Geográfica	Zonas Andinas de Ecuador, entre 2,500 y 3,800 metros sobre el nivel del mar
Ciclo de Cultivo	4 a 5 meses
Resistencia a Enfermedades	Moderadamente resistente a mildiú (<i>Peronospora variabilis</i>)
Tolerancia a Suelos Pobres	Buena tolerancia a suelos de baja fertilidad
Características del Grano	Tamaño mediano, color claro, alto contenido de proteínas y minerales
Producción Promedio	1,200 - 1,800 kg/ha bajo condiciones óptimas
Densidad de Siembra Recomendada	10-15 kg/ha, en surcos a 0.8 metros de distancia
Condiciones Climáticas	Clima frío, con temperaturas óptimas entre 10 y 18 °C
Altura de la Planta	1.2 - 1.5 metros
Usos	Consumo humano, especialmente en la elaboración de productos nutritivos y enriquecidos con proteínas

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Variedades mejoradas de quinua para el Ecuador: INIAP Pata de Venado. Quito, Ecuador.

2.19.Línea ECU 6717

Es una línea de quinua desarrollada y estudiada en Ecuador como parte de los esfuerzos de mejora genética de este cultivo en el país. Esta línea ha sido evaluada principalmente por su rendimiento y adaptación en diversas condiciones

agroclimáticas de las zonas andinas, lo que la hace adecuada para su siembra en altitudes altas, típicas de las regiones de cultivo de quinua en Ecuador. (Hinojosa & Carpio, 2021)

Ficha Técnica: Línea de Quinua ECU 6717

Característica	Descripción
Nombre Común	ECU 6717
Nombre Científico	<i>Chenopodium quinoa</i>
Desarrollador	Programa de Mejoramiento de Quinua en Ecuador
Adaptación Geográfica	Altitudes andinas de Ecuador, generalmente entre 2,500 y 3,800 metros sobre el nivel del mar
Ciclo de Cultivo	160 - 180 días desde la siembra hasta la cosecha
Resistencia a Enfermedades	Evaluada para resistencia a mildiú (<i>Peronospora variabilis</i>) y otras enfermedades comunes de la quinua
Tolerancia a Suelos Pobres	Adaptada para crecer en suelos de mediana a baja fertilidad
Características del Grano	Tamaño medio, con buena calidad nutritiva y aceptable contenido de proteínas
Producción Promedio	1,500 - 2,000 kg/ha en condiciones óptimas
Densidad de Siembra Recomendada	10-15 kg/ha, en surcos a 0.8 metros de distancia
Condiciones Climáticas	Clima frío, ideal entre 10 y 18 °C
Altura de la Planta	1.3 - 1.6 metros
Usos	Consumo humano, especialmente en productos nutricionales y de alto contenido proteico

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y programas de investigación en quinua en Ecuador. Evaluación de líneas de quinua adaptadas a

las zonas andinas del Ecuador: Línea ECU 6717.

2.20. Información nutricional de la Quinua

NUTRIENTE	UNIDAD	VALOR POR 100 G
Agua	g	13,28
Energía	Kcal	368
Energía	KJ	1539
Proteína	g	14,12
Lípidos Totales (grasa)	g	6,07
Carbohidratos por diferencia	g	64,16
Fibra total dietaría	g	7,00
Almidón	g	52,22
Fierro, Fe	mg	4,57
Magnesio, Mg	mg	197,00
Fósforo, P	mg	457,00
Potasio, K	mg	563,00
Sodio, Na	mg	5,00
Zinc, Zn	mg	3,10
Cobre, cu	mg	0,59
Manganeso, Mn	mg	2033,00

Fuente: (Riquelme, 2018).

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación.

- **Localización de la investigación.**

La investigación, se realizó en la Granja Experimental Campus Laguacoto III, de la Universidad Estatal de Bolívar, parroquia Veintimilla, cantón Guaranda, provincia Bolívar, km 1.5 en la vía Guaranda a San Simón.

- **Situación geográfica y edafoclimática.**

Altitud	2630 msnm
Latitud	01 °36' 52" S
Longitud	78°59'54" W
Temperatura máxima	21°C
Temperatura mínima	7.0 °C
Temperatura media anual	14.4°C
Precipitación promedio anual	680 mm
Heliofanía promedio anual	900/h/1/año
Humedad relativa promedio	70%
Velocidad promedio del Viento	6m/s
Tipo de suelo	Franco arcillosos
pH	7.1

Fuente: (Velasco, 2024)

- **Zona de vida. (zonificación ecológica).**

De acuerdo a las zonas de vida de Holdridge (1979), la localidad se encuentra dentro del bosque seco Montano Bajo (bsMB).

3.2. Metodología

3.2.1 Material en estudio.

- Accesiones de quinua
- Fertilizante nitrogenado

3.2.2 Factores en estudio.

FA: Accesiones de quinua.

A1: INIAP - Pata de Venado;

A2: Línea ECU 6717.

FB: Dosis de nitrógeno.

B1: 10 kg de N/ha

B2: 40 kg de N/ha

B3: 80 kg de N/ha

B4: 120 kg de N/ha

3.2.3 Tratamientos.

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a1b1	PV+10 kg de N/ha
T2	a1b2	PV+40 kg de N/ha
T3	a1b3	PV+80 kg de N/ha
T4	a1b4	PV+120 kg de N/ha
T5	a2b1	ECU+10 kg de N/ha
T6	a2b2	ECU+40 kg de N/ha
T7	a2b3	ECU+80 kg de N/ha
T8	a2b4	ECU+120 kg de N/ha

3.2.4 Tipo de diseño experimental o estadístico.

Se empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar, en arreglo factorial 2 x 4 con 3 repeticiones.

3.2.5 Manejo de la investigación.

- **Preparación del terreno**

Para la preparación del terreno, se realizó dos pases de rastra para establecer las condiciones adecuadas y asegurar una cama de siembra eficiente. La nivelación del suelo se efectuó con una moto azada, antes de proceder al surcado.

- **Trazado de parcelas**

Siguiendo el diseño experimental de Bloques Completos al Azar y su croquis, se utilizó una cinta métrica, estacas, cal y cuerdas para el trazado del experimento, que se organizó en tres bloques. Cada bloque o repetición se incluyó ocho unidades experimentales, con caminos entre ellas. Los bloques fueron dispuestos en sentido contrario a la pendiente, y cada unidad experimental ocupó un área de 20 m².

- **Siembra**

La siembra se realizó manualmente, con surcos de 5 cm de profundidad y una separación de 80 cm entre hileras, en los cuales se colocó 25 gramos de semilla por unidad experimental, equivalentes a una dosis de siembra de 12 kg/ha.

- **Fertilización**

Para la fertilización de base, se aplicó fertilizantes compuestos de fórmula 10-30-10 en una dosis de 100 kg/ha, el fertilizante fue aplicado en el fondo del surco en chorro continuo, cubierto con una capa de suelo para evitar el contacto directo con la semilla. La aplicación de nitrógeno en dosis de 40, 80 y 120 kg/ha se hizo con Urea. El 50% complementario fue aplicado a los 40 días después de la siembra y el 50% restante en la etapa de formación de la panoja. La Urea se aplicó en bandas laterales, cubriéndola con una capa de suelo y manteniendo una buena humedad.

T	Fuente de N (kg/ha)	Dosis/ha 10-30-10	Cant/par 10-30-10	Fuente N (2)	Dosis/ha UREA	Cant/par UREA
10	10-30-10	100 kg	200 g	Urea	0	0
40	10-30-10	100 kg	200 g	Urea	65 kg	130 g
80	10-30-10	100 kg	200 g	Urea	152 kg	304 g
120	10-30-10	100 kg	200 g	Urea	239 kg	478 g

- **Raleo**

Alrededor de los 30 días después de la siembra y antes de la fertilización con nitrógeno, fue realizado un raleo en cada unidad experimental, dejando una población de entre 20 y 25 plantas por metro lineal.

- **Control de enfermedades**

Para la prevención y control el mildiú (*Peronospora farinosa*), fue aplicado el fungicida CARIAL OPTI, con su composición (mandipropamid+ chorothalonil) a una dosis de 10 ml / 20 L de agua en las etapas vegetativa y al inicio de la reproductiva, es decir, a los 60 y 80 días posteriores a la siembra aproximadamente.

- **Control de plagas**

El control de insectos plaga, se efectuó, con la ayuda de una bomba a mochila de 20 L aplicando insecticida agrícola MEDAL GOLD con su composición (thiamethoxan + lambda cyhalothan) a una dosis de 30 ml por 20 L de agua, cubriendo toda la planta.

- **Control de malezas**

El control manual de malezas se efectuó con azadones durante las labores de

rascadillo y aporque. Durante la etapa de plántula, la quinua es especialmente vulnerable a la competencia con las malezas por luz, nutrientes y espacio.

- **Aporque**

Durante las labores de control de malezas y fertilización complementaria, se procedió a realizar el aporque, añadiendo tierra junto a los tallos de las plantas para reducir el riesgo de volcamiento en condiciones de viento en la zona de estudio.

- **Cosecha**

La cosecha se desarrolló manualmente, utilizando hoces para cortar las panojas en su fase de madurez fisiológica en cada unidad experimental. Las panojas recolectadas fueron colocadas en sacos con etiquetas para evitar pérdidas por desgrane.

- **Trilla**

Una vez secas, las plantas fueron sometidas al proceso de trilla, que se realizó de forma manual. En la trilla manual las plantas fueron golpean contra una superficie dura, como una lona o un suelo limpio, para desprender los granos. También se utilizó un bastón o palo para ayudar en este proceso.

- **Aventado**

Con ayuda de ventiladores de baja potencia y el viento, se separó las impurezas y residuos del grano de cada unidad experimental, cuidando de no perder el grano en el proceso.

- **Secado**

El secado adicional del grano se realizó en tendales en un ambiente fresco y seco hasta alcanzar un 13% de humedad.

- **Almacenamiento**

El producto limpio, seco y clasificado fue etiquetado y almacenado en un lugar

limpio y ventilado, en recipientes que lo protejan de plagas y de la humedad relativa.

3.2.6 Métodos de evaluación (variables respuesta).

- **Porcentaje de emergencia (PE)**

Se registró entre los días 8 y 15 después de la siembra, mediante observación directa, se estimó el porcentaje de plántulas emergidas en cada surco. A partir de estos valores, se calculó el porcentaje total de emergencia en el campo.

- **Determinación de la incidencia de mildiú (*Peronospora farinosa*) (IM).**

Se evaluó entre los 30 y 45 días después de la siembra, contando el número de plantas enfermas en cada parcela experimental, dividiéndolo entre el total de plantas, y multiplicando por 100. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas enfermas}}{N^{\circ} \text{ de plantas totales}} \times 100$$

- **Determinación de la severidad de mildiú (*Peronospora farinosa*) (SM).**

Dato evaluado de 10 plantas al azar de cada unidad experimental verificando la presencia de daño causado por la enfermedad mildiú expresando en porcentaje de tejido dañado de cada planta.

- **Altura de planta (AP)**

Se midió en centímetros con un flexómetro, desde la base del tallo hasta el ápice de la inflorescencia o panoja, en una muestra de 10 plantas seleccionadas al azar de cada unidad experimental en la etapa de madurez fisiológica, y se calculó un promedio.

- **Días a la cosecha (DC)**

Fue analizada mediante el componente del rendimiento se registró en días desde la siembra hasta el momento en que el grano alcance su madurez fisiológica, es decir, cuando tenga una humedad aproximada del 14-16%.

- **Longitud de la panoja (LP)**

Se midió con un flexómetro, en centímetros, desde la base de la ramificación hasta el ápice terminal. Se tomó una muestra de 10 plantas al azar en cada unidad experimental al momento de la cosecha, y se calculó el promedio.

- **Diámetro de la panoja (DP)**

Fue medida en centímetros con un flexómetro en la parte media de 10 panojas seleccionadas al azar en cada unidad experimental durante la cosecha, y se calculó un promedio.

- **Acame de tallo (AT)**

Para calcular el porcentaje de acame de tallo, se contó el número de plantas que presenten el tallo quebrado bajo la inserción de la panoja de cada unidad experimental en el momento de la cosecha y en función del número total de plantas por parcela, se determinó el AT, aplicando la siguiente ecuación:

$$AT = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas quebradas}}{N^{\circ} \text{ de plantas totales}} \times 100$$

- **Peso de cien granos (PCG)**

Después de los procesos de cosecha, trilla, aventado y secado al 13% de humedad, se seleccionó al azar 100 granos de cada tratamiento y repetición, y se pesó en una balanza de precisión, registrando el peso en gramos.

- **Tamaño del grano (TG)**

Usando una zaranda de 1.5 mm de diámetro, se separó los granos en dos categorías: granos de tamaño grande (igual o mayor a 1.5 mm) y granos pequeños (menores de 1.5 mm). Los resultados fueron expresados en porcentaje para cada categoría en función del peso total, aplicando la fórmula correspondiente.

$$TG(\%) = \frac{\text{Peso de granos por categoría (kg)}}{\text{Peso total de la muestra (kg)}} \times 100$$

- **Índice de extracción de grano grueso (IEGG).**

Se realizó utilizando una zaranda de 1.5 mm de diámetro, separando los granos más gruesos. Utilizando la siguiente formula.

$$IEGG(\%) = \frac{\text{Peso de grano grueso por categoria (kg)}}{\text{Peso total de la muestra (kg)}} \times 100$$

- **Peso en kilogramos por parcela (PKP)**

Tras la cosecha y el trillado del grano, las muestras de cada unidad experimental fueron limpiadas y pesadas en una balanza de reloj. El peso se expresó en kg por parcela. Antes de calcular el rendimiento de quinua en kg/ha, se midió el porcentaje de humedad del grano con un medidor portátil.

- **Rendimiento por hectárea (RH)**

El rendimiento en kg/ha ajustado al 13% de humedad se calculó aplicando la fórmula correspondiente.

$$R = PCP \times \frac{10000\text{m}^2 / \text{ha}}{\text{ANCm}^2 / 1} \times \frac{100 - \text{HC}}{100 - \text{HE}}$$

Donde:

R: Rendimiento en kg/ha, al 13% de humedad.

PCP = Peso de Campo por Parcela en kg.

ANC = Área Neta Cosechada en m².

HC = Humedad de Cosecha en porcentaje (%).

HE = Humedad Estándar (13 %).

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Interpretación de resultados

Tabla 1.

Resultado del análisis de varianza para porcentaje de emergencia (PE.)

F.V.	SC	GI	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	12884,63	9	1431,63	45,11	<0,0001	8,13
FA	12015,38	1	12015,38	378,58	<0,0001	
FB	111,46	3	37,15	1,17	0,3561	
R	706,33	2	353,17	11,13	0,0013	
FA*FB	51,46	3	17,15	0,54	0,6624	
Error	444,33	14	31,74			
Total	13328,96	23				

Según los resultados del análisis de varianza (Tabla 1) para el porcentaje de emergencia, se puede determinar que el factor A, en relación a las accesiones de quinua, fue altamente significativo, con un p-valor <0.01. por el contrario, la respuesta del factor B e interacción AxB fue no significativa, con un coeficiente de variación de 8.13%.

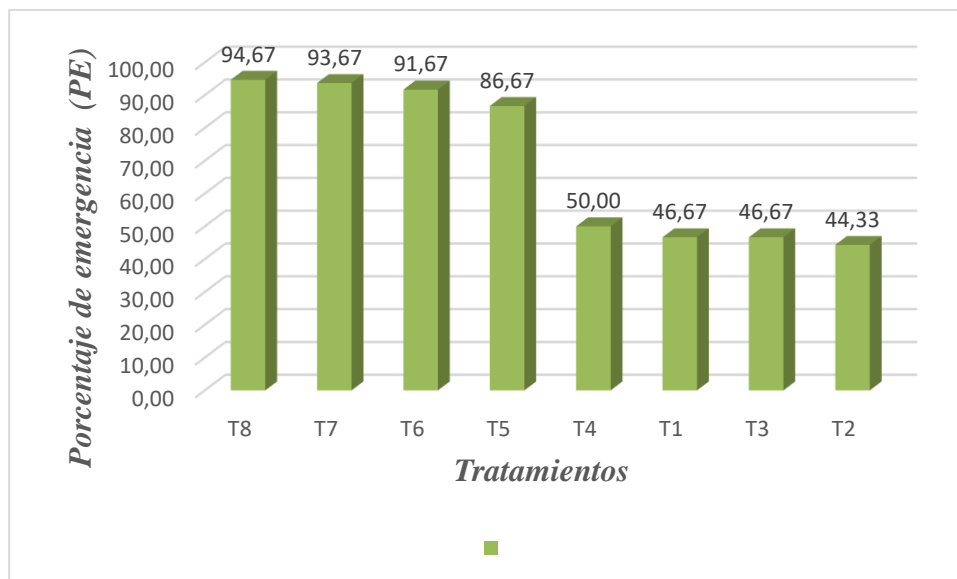
Tabla 2.

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA FB en el porcentaje de emergencia (PE).*

FA	FB	Medias	Rango
2	4	94,67	A
2	3	93,67	A
2	2	91,67	A
2	1	86,67	A
1	4	50,00	B
1	1	46,67	B
1	3	46,67	B
1	2	44,33	B

Figura 1.

*Resultados de la respuesta de porcentaje de emergencia en A*B (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada).*



Mediante el análisis de la prueba de Tukey al 5%, se establecen dos categorías de respuestas para los tratamientos en estudio, observando un promedio más sobresaliente en la línea ECU-6717 con 94.67 % de porcentaje de emergencia en el T8, mientras que los menores promedios en la variable en estudio se presentaron en la variedad INIAP- Pata de venado en el T2 con 44.33 % de emergencia en el campo. En la presente variable en estudio no se puede inferir que los niveles de fertilización y las accesiones en estudio tuvieron una interacción ya que en esta etapa de cultivo se incorporó 10 kg/ha de nitrógeno en todos los tratamientos, al momento de la siembra.

El parámetro porcentaje de emergencia está determinado por las características genéticas de cada accesión, otro factor muy importante es la viabilidad de la semilla para germinar, además de ello los factores agro- productivas de la zona en estudio como; la preparación del suelo, condiciones medioambientales, densidad de siembra, el tapado de la semilla y el control de plagas y enfermedades.

Tabla 3.

Resultados del análisis de varianza para incidencia de Mildiu (Peronospora farinosa) (IM).

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor	CV %
Modelo	2495,60	9	277,29	0,94	0,5248	23,19
FA	90,64	1	90,64	0,31	0,5889	
FB	1456,63	3	485,54	1,64	0,2254	
R	460,82	2	230,41	0,78	0,4783	
FA*FB	487,52	3	162,51	0,55	0,6572	
Error	4146,90	14	296,21			
Total	6642,50	23				

Según los resultados del análisis de varianza de incidencia de mildiu (*Peronospora farinosa*) se puede determinar que a nivel del factor A, factor B e interacción AxB fue no significativo en el presente parámetro de evaluación, lo que demuestra que las accesiones en estudio y sus diferentes niveles de fertilización nitrogenada tuvieron efecto similar ante la presencia de la enfermedad, con un coeficiente de variación de 23.19 %.

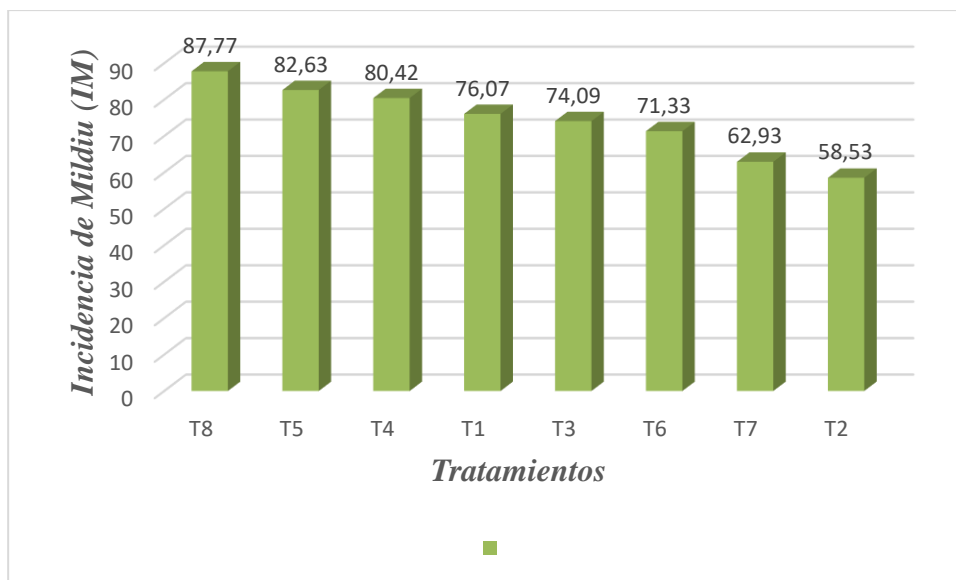
Tabla 4.

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA FB en la incidencia de Mildiu (Peronospora farinosa) (IM).*

FA	FB	Medias	Rango
2	4	87,77	A
2	1	82,63	A
1	4	80,42	A
1	1	76,07	A
1	3	74,09	A
2	2	71,33	A
2	3	62,93	A
1	2	58,53	A

Figura 2

Resultados de la respuesta incidencia de Mildiu (*Peronospora farinosa*) (IM) en A*B (accesiones *niveles de fertilización nitrogenada).



El resultado del análisis de la interacción de los factores AxB, demuestra que no existen rangos diferentes entre los tratamientos en estudio sin embargo es importante mencionar la respuesta numérica, ya que los valores son altos, presentando una mayor incidencia de Mildiu el T8 con 87.77%, mismo que corresponde a la línea ECU-6717 más 120 kg N/ha y mostrando una mejor resistencia el T2 con 58.53 % que corresponde a la variedad Pata de Venado más 40 kg N/ha.

Según el análisis de la interacción de los factores AxB se puede inferir que a mayor dosis de fertilización nitrogenada las plantas se vuelven más susceptibles al ataque de (*Peronospora farinosa*) como nos demuestra el T8 que corresponde a la Línea ECU- 6717 más 120 kg N/ha que en la presente investigación es el más afectado en la incidencia de la presente enfermedad. Además de ello que también depende de las características genéticas de cada accesión en estudio, determinado que el T4 que corresponde a la variedad Pata de Venado más 120 kg N/ha presento una mayor resistencia al ataque de Mildiu con relación al T8 que tiene la misma dosis de fertilización nitrogenada.

La incidencia de la enfermedad mildiú está relacionada directamente con la nutrición de la planta y una fuerte interacción genotipo ambiente. La incidencia de mildiú genera mayor defoliación, por tanto, se reduce la eficiencia de fotosíntesis y con plantas pequeñas, panojas más cortas en longitud y diámetro. (Velasco, 2024)

Tabla 5

Resultados del análisis de varianza en severidad de Mildiu (Peronospora farinosa) (SM).

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV
Modelo	1441,86	9	160,21	5,12	0,0034	21,92
FA	1292,13	1	1292,13	41,30	<0,0001	
FB	89,74	3	29,91	0,96	0,4405	
R	52,12	2	26,06	0,83	0,4552	
FA*FB	7,86	3	2,62	0,08	0,9678	
Error	438,04	14	31,29			
Total	1879,90	23				

Según los resultados del análisis de varianza de variable severidad de Mildiu se puede determinar que el factor A presento diferencias estadísticas altamente significativas mientras que en relación al factor B e interacción AxB fue no significativo. Lo que demuestra que las accesiones en estudio se comportaron de una manera diferente en la severidad de Mildiu, mientras que los niveles de fertilización y su interacción entre factores AxB no tuvieron una respuesta estadística de significancia, con un coeficiente de variación de 21.92 %

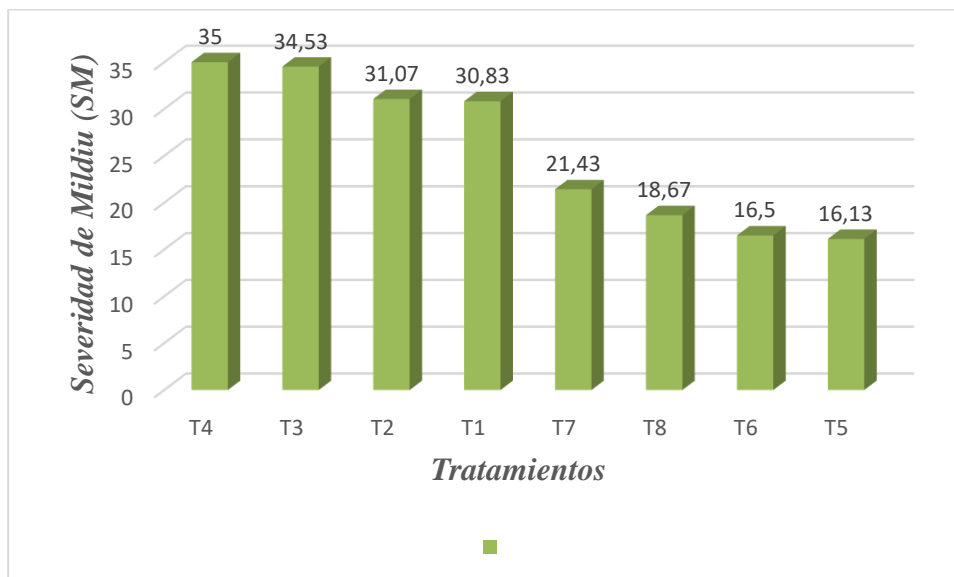
Tabla 6

Resultados de la prueba de Tukey para la interacción del FA FB en la severidad de Mildiu (Peronospora farinosa) (SM).*

FA	FB	Medias	Rangos
1	4	35,00	A
1	3	34,53	A B
1	2	31,07	A B C
1	1	30,83	A B C
2	3	21,43	A B C
2	4	18,67	B C
2	2	16,50	C
2	1	16,13	C

Figura 3

*Resultados de la respuesta severidad de mildiu (*Peronospora farinosa*) (SM) en A*B (accesiones*niveles de fertilización nitrogenada).*



El resultado de la prueba de Tukey en la interacción de los factores AxB demuestra diferentes rangos de respuesta entre los tratamientos en estudio, presentando una mayor susceptibilidad a la severidad de Mildiu el T4 con 35%, mismo que corresponde a la Variedad Pata de Venado más 120 kg N/ha y mostrando una mejor resistencia en el T5 con 16.13% de severidad que se identifica con Línea ECU-6717 más 10 kg N/ha.

Se puede inferir que a mayor dosis de fertilización nitrogenada las plantas se vuelven más susceptibles al ataque de enfermedades principalmente de (*Peronospora farinosa*) como nos demuestra el T4 en comparación al T5 que presentó una mayor resistencia a la severidad de la presente enfermedad.

Además, la severidad depende de las características genéticas de cada accesión en estudio y del manejo fitosanitario durante la etapa de desarrollo vegetativo del cultivo, determinado que al utilizar fungicidas a base de (Mandipropamid + Chlorothalonil en dosis de 500 ml/ha) ayuda a contrarrestar la enfermedad y poder tener una severidad controlada en el cultivo.

Según estudios similares, en general, la severidad de mildiu en quinua varía más por la variedad cultivada y las condiciones ambientales como la humedad, temperatura y altitud, que por los niveles de fertilización aplicados. Así, aunque niveles más altos de nitrógeno pueden favorecer un desarrollo vegetativo que podría influir indirectamente en la incidencia de enfermedades en otros cultivos, en quinua no se observa una relación directa fuerte entre niveles de fertilización y severidad del mildiu. (Iniap, 2018)

Tabla 7

Resultados del análisis de varianza para altura de la planta (AP).

F.V.	SC	GI	CM	F	P-valor	CV %
Modelo	39350,02	9	4372,22	38,55	<0,0001	6,84
FA	38304,06	1	38304,06	337,73	<0,0001	
FB	445,00	3	148,33	1,31	0,3110	
R	452,29	2	226,15	1,99	0,1730	
FA*FB	148,67	3	49,56	0,44	0,7300	
Error	1587,84	14	113,42			
Total	40937,86	23				

Según los resultados del análisis de varianza de la variable Altura de la planta se puede determinar que el factor A fue altamente significativo mientras que a nivel de factor B, e interacción AxB fue no significativo. Lo que demuestra que las accesiones en estudio se comportaron de una manera diferente en el presente parámetro de evaluación, mientras que los niveles de fertilización y su interacción entre factores AxB no tuvieron una influencia estadística sobre la altura de la planta, con un coeficiente de variación de 6.84%.

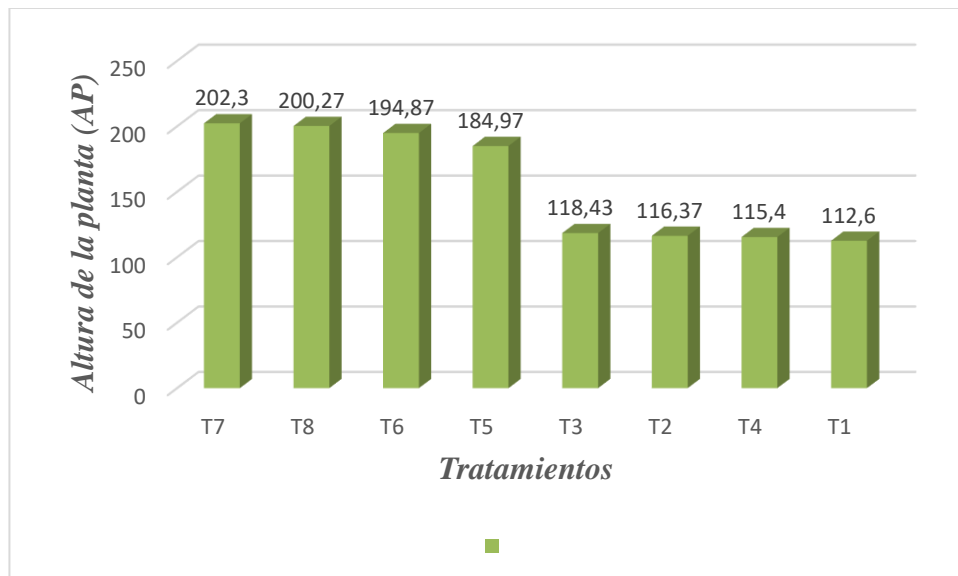
Tabla 8

Resultados de la prueba de Tukey para la interacción del FA FB en la altura de la planta (AP).*

FA	FB	Medias	Rangos
2	3	202,30	A
2	4	200,27	A
2	2	194,87	A
2	1	184,97	A
1	3	118,43	B
1	2	116,37	B
1	4	115,40	B
1	1	112,60	B

Figura 4

Resultados de la respuesta altura de la planta (AP) en FA FB (accesiones*niveles de fertilización nitrogenada).*



Mediante la prueba de Tukey al 5% se evidencia una respuesta diferente entre los rangos de los tratamientos en estudio demostrando un promedio más sobresaliente en T7 que corresponde a la línea ECU-6717 más 80 kg N/ha con 202.3 cm, mientras que los menores promedio en la variable en estudio se presentaron en la variedad INIAP- pata de venado más 10 kg N/ha con 112.6 cm de altura de planta.

La altura de la planta además de ser una característica genética de cada accesión también depende mucho de las condiciones climáticas y el manejo del cultivo durante su desarrollo. Infiriendo que el nitrógeno es un elemento muy esencial para el desarrollo de las plantas como nos demuestra los tratamientos T7 y T8 que tienen las dosis más elevadas de nitrógeno con 120 y 80 kg N/ha respectivamente en la presente evaluación, además que las características de la accesión en estudio como la línea ECU-6717 tiene características sobresalientes en la altura de la planta.

Niveles adecuados y progresivos de fertilización nitrogenada favorecen el aumento en altura de planta, especialmente en las fases finales del desarrollo de la quinua, lo cual está relacionado con un mejor rendimiento del cultivo. (Mercedes, 2019)

Tabla 9

Resultados del análisis de varianza para días a la cosecha (DC).

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV %
Modelo	3068,67	9	340,96	29,59	<0,0001	2,32
FA	2480,67	1	2480,67	215,26	<0,0001	
FB	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999	
R	588,00	2	294,00	25,51	<0,0001	
FA*FB	0,00	3	0,00	0,00	>0,9999	
Error	161,33	14	11,52			
Total	3230,00	23				

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza de días a la cosecha se puede determinar que la respuesta del factor A fue altamente significativa, mientras que a nivel de factor B e interacción AxB fue no significativa, lo que permite observar que las accesiones en estudio se comportaron de una manera diferente, con un coeficiente de variación de 2.32 %.

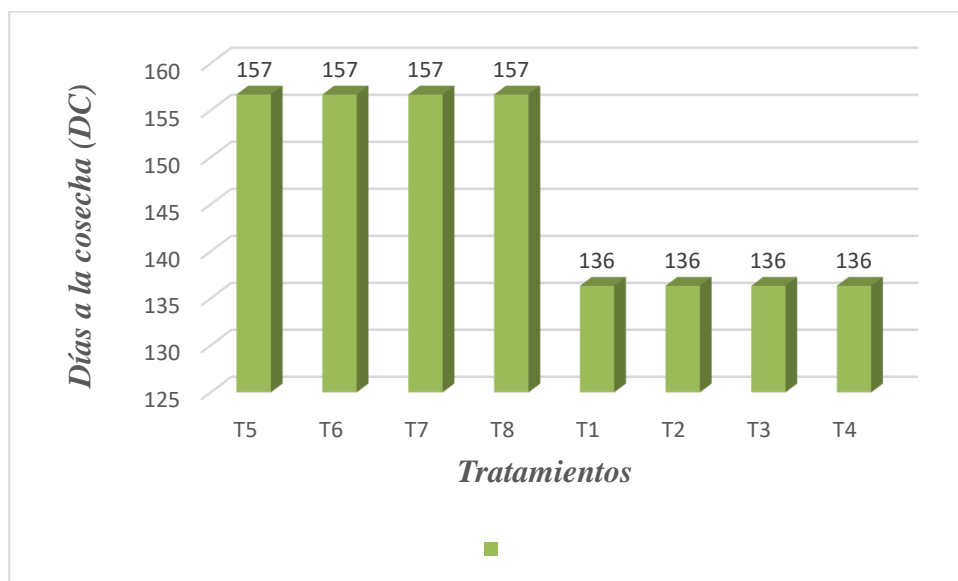
Tabla 10

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA FB en días a la cosecha (DC).*

FA	FB	Medias	Rangos
2	1	156,67	A
2	2	156,67	A
2	3	156,67	A
2	4	156,67	A
1	1	136,33	B
1	2	136,33	B
1	3	136,33	B
1	4	136,33	B

Figura 5

Resultados de la respuesta de días a la cosecha (DC) en FA FB (accesiones* niveles de fertilización nitrogenada).*



El análisis de Tukey al 5% demuestra una respuesta diferente entre los rangos de los tratamientos en estudio, según la accesión, obteniendo una mayor precocidad en los tratamientos T1, T2, T3, T4 que corresponde a la variedad pata de venado con 136 días a la cosecha, mientras que los tratamientos con mayor ciclo vegetativo fueron los T5, T6, T7, T8 que se identifican con la línea ECU-6717 con 157 días a la cosecha.

El parámetro días a la cosecha está determinado por las características genéticas de cada accesión y las condiciones agroclimáticas de la zona en estudio y no se ve influenciado por el nivel de fertilización que se lo incorpore durante el desarrollo del cultivo como nos demuestra el análisis (AxB) de interacción entre las accesiones en estudio y los diferentes niveles de fertilización.

En general, la quinua absorbe nutrientes de manera creciente a partir de los 20 días después de la siembra (dds) y de forma notable a partir de los 80 dds, etapa en la que se incrementa la acumulación de nitrógeno que es esencial para el desarrollo y madurez del cultivo. La fertilización nitrogenada contribuye a un mejor desarrollo vegetativo y mayor acumulación de materia seca, lo que puede influir en la duración del ciclo hasta la cosecha.(Mendoza, 2021)

Tabla 11

Resultados del análisis de varianza para longitud de panoja (LP).

F.V.	SC	GI	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	639,86	9	71,10	1,31	0,3146	9,32
FA	8,17	1	8,17	0,15	0,7041	
FB	213,33	3	71,11	1,31	0,3108	
R	209,96	2	104,98	1,93	0,1816	
FA*FB	208,40	3	69,47	1,28	0,3202	
Error	760,82	14	54,34			
Total	1400,67	23				

Los resultados del análisis de varianza de longitud de la panoja demuestran que no existen diferencias estadísticas en ninguno de los factores en estudio ni en la interacción de los mismos, con un coeficiente de variación de 9.32 %.

Se puede inferir que la longitud de la panoja es más un carácter varietal de cada accesión y no es influenciado significativamente del nivel de fertilización y el manejo agronómico durante las etapas de desarrollo del cultivo de quinua.

La longitud de la panoja en quinua puede variar típicamente entre 30 y 80 cm, dependiendo del genotipo, tipo de cultivo y condiciones del suelo, incluida la fertilidad nitrogenada. Estudios indican que la fertilización nitrogenada tiende a aumentar la longitud de la panoja, aunque en algunos casos las diferencias no

resultan significativas estadísticamente. (Nicolas et al., 2019)

Tabla 12

Resultados del análisis de varianza para diámetro de panoja (DP).

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	43,55	9	4,84	0,94	0,5205	20,37
FA	2,22	1	2,22	0,43	0,5214	
FB	3,67	3	1,22	0,24	0,8683	
R	6,76	2	3,38	0,66	0,5330	
FA*FB	30,90	3	10,30	2,01	0,1594	
Error	71,87	14	5,13			
Total	115,42	23				

Los resultados del análisis de varianza para diámetro de panoja, demuestran que no existen diferencias estadísticas en ninguno de los factores en estudio, ni en la interacción de los mismos, con un coeficiente de variación de 20.37%.

El diámetro de la panoja es una característica genotípica de cada accesión o variedad de quinua y no dependió del nivel de fertilización de nitrógeno empleado como elemento principal de la presente evaluación.

Tabla 13

Resultados del Análisis de varianza para acame de tallo (AT).

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	375,29	9	41,70	3,08	0,0292	92,99
FA	210,04	1	210,04	15,50	0,0015	
FB	11,46	3	3,82	0,28	0,8376	
R	142,33	2	71,17	5,25	0,0199	
FA*FB	11,46	3	3,82	0,28	0,8376	
Error	189,67	14	13,55			
Total	564,96	23				

Según los resultados del análisis de varianza de acame de tallo se puede establecer que el factor A fue altamente significativo, y en relación a factor B e interacción AxB fue no significativo, con un coeficiente de variación de 92.99 %.

En el presente parámetro de evaluación se obtuvo un coeficiente muy elevado con

92,99 % debido a que la variable acame de tallo esta fuera del control del investigador y más está determinado por las características genéticas de cada accesión en estudio y las condiciones climáticas que se presentan durante el desarrollo del cultivo principalmente la presencia de vientos, de hasta 40 km/hora.

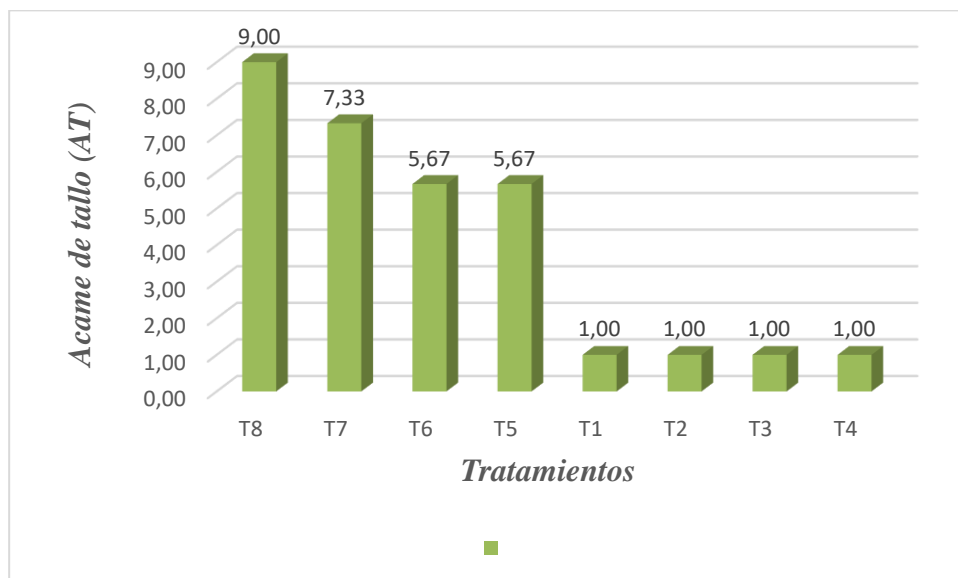
Tabla 14

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA FB en el acame de tallo (AT).*

FA	FB	Medias	Rangos
2	4	9,00	A
2	3	7,33	A
2	2	5,67	A
2	1	5,67	A
1	1	1,00	A
1	2	1,00	A
1	3	1,00	A
1	4	1,00	A

Figura 6

Resultados de la respuesta acame de tallo (AT) en FA FB (accesiones* niveles de fertilización).*



Según el análisis de Tukey al 5% demuestra una respuesta igual en los rangos entre los tratamientos en estudio demostrándonos un mayor porcentaje de acame en T8

que corresponde a la línea ECU-6717 más 120 kg de N/ha con 9.00 %, mientras que los menores promedio en la variable en estudio presento la variedad INIAP-Pata de venado más 10 kg N/ha en el T1 con 1.00 % de acame tallo. En la presente variable en estudio no se puede inferir que los niveles de fertilización y las accesiones en estudio tuvieron una interacción, sin embargo, es importante mencionar los resultados obtenidos para evidenciar la fortaleza del material genético frente a las condiciones climáticas adversas en relación a presencia de vientos con altas velocidades en la localidad.

Además, se pudo determinar que el acame de tallo está relacionado con la altura de la planta, infiriendo de esta manera que a mayor altura de la planta mayor es el porcentaje de acame, como nos demuestra el T8 que la accesión como es la línea ECU-6717 además de ser una característica genética propia de ella en la altura de la planta también insidido mucho la dosis de fertilización con 120 kg N/ha.

El aumento en la dosis de nitrógeno orgánico mejora parámetros morfológicos de la planta como el diámetro del tallo, lo que podría reducir la susceptibilidad al acame. Sin embargo, una fertilización excesiva puede también afectar negativamente el rendimiento si no se maneja adecuadamente. (Caballero et al., 2021)

Tabla 15

Resultados del análisis de varianza para peso de grano grueso (PGG).

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	57231579,1	9	6359064,35	33,82	<0,0001	25,37
FA	52916490,3	1	52916490,38	281,39	<0,0001	
FB	1930887,27	3	643629,09	3,42	0,0469	
R	514792,90	2	257396,45	1,37	0,2865	
FA*FB	1869408,57	3	623136,19	3,31	0,0512	
Error	2632752,72	14	188053,77			
Total	59864331,83	23				

Los resultados del análisis de varianza de peso de grano grueso evidencian que el factor A fue altamente significativo, su interacción AxB fue significativa y el factor B fue no significativo, con un coeficiente de variación de 25.37%.

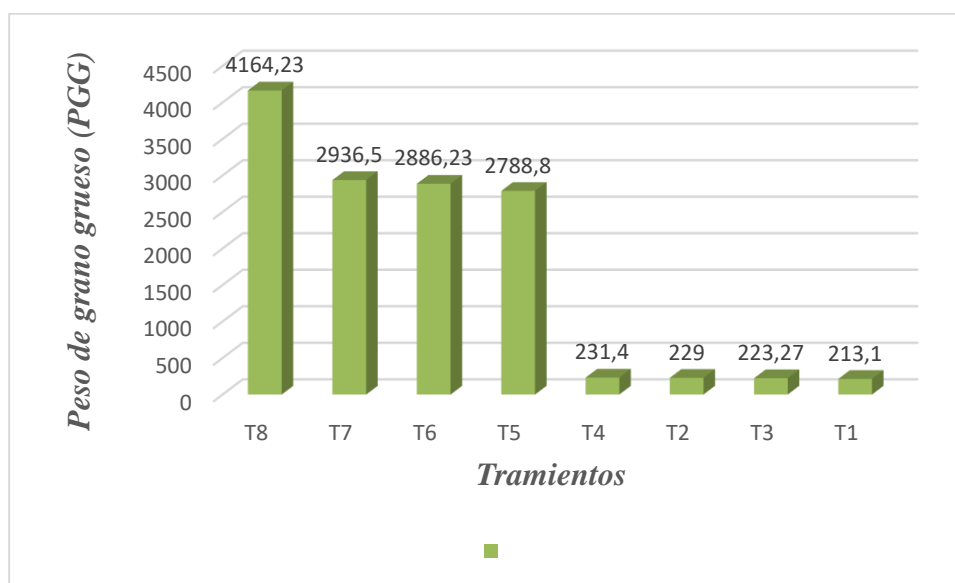
Tabla 16

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA FB en el peso de grano grueso (PGG)*

FA	FB	Medias	Rango
2	4	4164,23	A
2	3	2936,50	A B
2	2	2886,23	B
2	1	2788,80	B
1	4	231,40	C
1	2	229,00	C
1	3	223,27	C
1	1	213,10	C

Figura 7

Resultados de la respuesta peso de grano grueso (PGG) en FA FB (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada).*



El análisis de Tukey al 5% demuestra una respuesta diferente entre los tratamientos en estudio evidenciando un mayor promedio de grano grueso en el T8 que corresponde a la línea ECU-6717 más 120 kg de N/ha con 4164.24 g, mientras que los menores promedios en la variable en estudio presento la variedad INIAP- Pata de venado más 10 kg N/ha en el T1 con 213.10 g por parcela. En la presente variable se determinó que los niveles de fertilización y las accesiones en estudio tuvieron

una interacción significativa demostrándonos que el tamaño del grano no solo depende la accesión sino también del nivel de fertilización empleado.

Infiriendo en el análisis del peso de grano grueso que además de ser una característica genotípica de cada accesión en estudio, también intervino como uno de los elementos principales para tener buenas características de grano, el nivel de nitrógeno empleado como componente esencial y determinante en el calibre de grano.

El tamaño del grano con un calibre superior a 1.5 mm, puede ser una importante característica de competitividad en mercados que requieren un grano grande, y que además en el presente estudio, la línea ECU 6717 al ser de grano grande y blanco, podría ser parte importante de una cadena de valor que beneficie tanto a productores como consumidores.

El tamaño de grano grueso en el cultivo de quinua está influenciado por diversos factores, entre ellos la fertilización nitrogenada. La quinua con grano grueso se caracteriza por granos mayores a 2.2 mm de diámetro. En cuanto a la fertilización nitrogenada, se ha observado que niveles adecuados de nitrógeno pueden mejorar el peso de granos por panoja y el tamaño del grano. Por ejemplo, dosis moderadas de nitrógeno (como 150-250 unidades de N por hectárea) muestran mayor peso de granos y mejor desarrollo del cultivo. (Alcón & Flores, 2018)

Tabla 17

Resultados del análisis de varianza para peso de grano pequeño (PGP).

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	15714305,15	9	1746033,91	3,59	0,0162	25,70
FA	8820695,00	1	8820695,00	18,12	0,0008	
FB	3867382,63	3	1289127,54	2,65	0,0896	
R	1928244,79	2	964122,39	1,98	0,1748	
FA*FB	1097982,74	3	365994,25	0,75	0,5393	
Error	6815538,46	14	486824,18			
Total	22529843,61	23				

El resultado del análisis de varianza de peso de grano pequeño demuestra que el

factor A fue altamente significativo, mientras que el factor B y la interacción AxB fueron no significativo, con un coeficiente de variación de 25.70%.

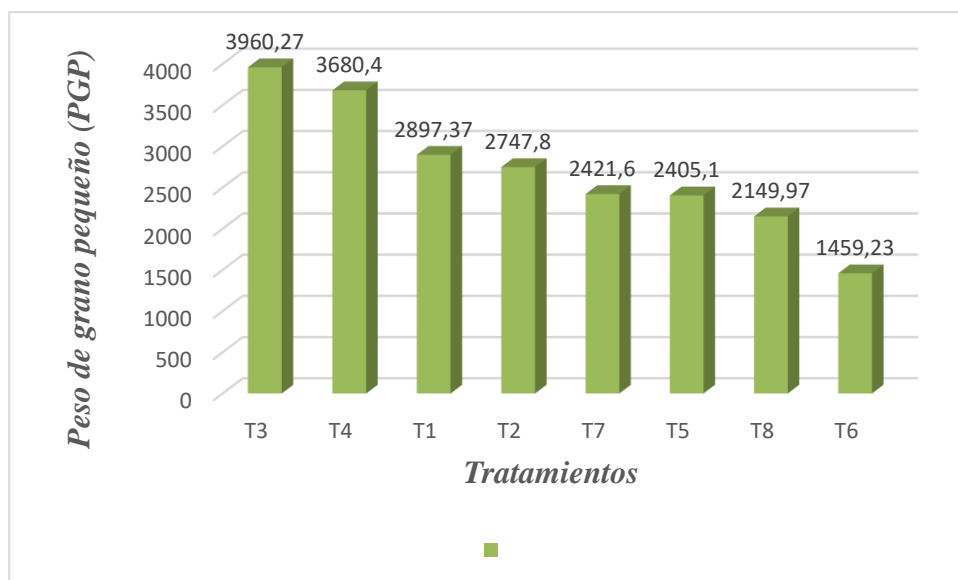
Tabla 18

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA FB en el peso de grano pequeño (PGP).*

FA	FB	Medias	Rango
1	3	3960,27	A
1	4	3680,40	A
1	1	2897,37	A B
1	2	2747,80	A B
2	3	2421,60	A B
2	1	2405,10	A B
2	4	2149,97	A B
2	2	1459,23	B

Figura 8

Resultados de la respuesta de peso de grano pequeño (PGP) en FA FB (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada).*



La respuesta de la prueba de Tukey al 5% genera tres diferentes estimaciones de rangos, evidenciando un mayor promedio de grano pequeño en el T3 que corresponde a la variedad INIAP pata de venado más 80 kg de N/ha con 3960.27 g,

mientras que los menores promedio en la variable en estudio presento la línea ECU-6717 más 40 kg N/ha en el T6 con 1459.23 g por parcela. En la presente variable se determinó que los niveles de fertilización y las accesiones en estudio tuvieron una interacción significativa demostrándonos que el tamaño del grano no solo depende la accesión sino también del nivel de fertilización principalmente.

Respecto al tamaño del grano, otros estudios indican que la longitud y diámetro de la panoja (que contiene los granos) tienden a aumentar con niveles crecientes de fertilización nitrogenada, aunque en algunos casos las diferencias no resultan estadísticamente significativas. En general, una buena fertilización nitrogenada favorece un mayor desarrollo de la panoja, lo que puede traducirse en granos mayores (Alcón & Flores, 2018).

Tabla 19

Resultado índice de extracción de grano grueso (IEGG).

F.V.	SC	GI	CM	F	P-valor	CV%
R	168,1	2	84,0			15,86
FA	16907,0	1	16907,0	618,69	0,0000	
FB	302,1	3	100,7	3,69	0,0381	
FA*FB	227,1	3	75,7	2,77	0,0806	
Error	382,6	14	27,3			
Total	17987,0	23				

Los resultados del análisis de varianza del índice de extracción de grano grueso evidencian que el factor A fue altamente significativo, mientras que el factor B fue significativo y su interacción AxB fue no significativo, con un coeficiente de variación de 15.86%.

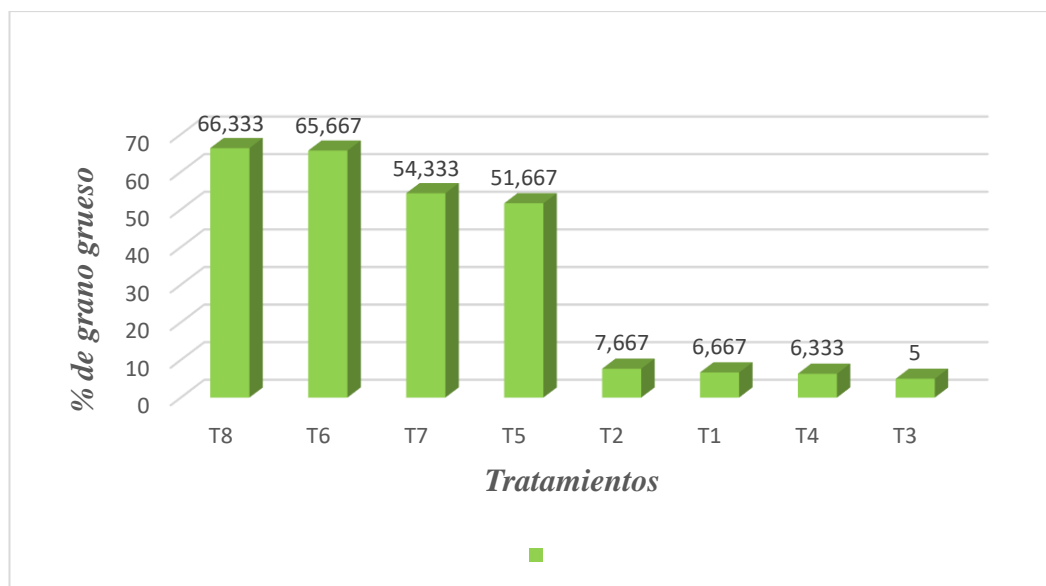
Tabla 20

*Resultados de la prueba de Tukey para la interacción de FA*FB en el índice de extracción de grano grueso (IEGG).*

FA	FB	Medias	Rango
2	4	66,333	A
2	2	65,667	A
2	3	54,333	A
2	1	51,667	A
1	2	7,667	B
1	1	6,667	B
1	4	6,333	B
1	3	5,000	B

Figura 9

*Resultados de la respuesta índice de extracción de grano grueso en A*B (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada).*



Los resultados del análisis de la interacción de los AxB, demuestra que existen rangos diferentes entre los tratamientos ya que los valores presentados en el porcentaje de grano grueso son muy elevados, presentando el mayor promedio el

T8 con 66.33%, mismo que corresponde a la línea ECU-6717 más 120 kg N/ha y el menor promedio el T5 con 5% de grano grueso que corresponde a la variedad Pata de venado más 80 kg N/ha.

Según el análisis de la interacción de los factores AxB se puede inferir que el porcentaje de tamaño de grano grueso depende mucho de las características genotípicas de cada accesión en estudio. Además, se necesitaría más estudios para determinar que puede depender del nivel de nitrógeno que como nos demuestra el T8 que se incorporó 120 kg N/ha siendo la dosis más elevada en la presente evaluación. Determinado que el T4 que corresponde a la variedad Pata de Venado más 120 kg N/ha presento un porcentaje inferior en el porcentaje de grano grueso.

La aplicación de nitrógeno en el cultivo de quinua influye positivamente en el porcentaje de grano grueso, ya que este nutriente aumenta el tamaño, peso y rendimiento del grano hasta un nivel óptimo. Dosis entre 80 y 225 kg/ha de nitrógeno favorecen una mayor acumulación de nitrógeno en la planta y los granos, incrementando la cantidad y calidad del grano grueso. En condiciones de bajas dosis o deficiencia de nitrógeno, se observa menor tamaño y peso de grano, además de síntomas como clorosis y crecimiento reducido. Por lo tanto, el nitrógeno es fundamental para optimizar la calidad y cantidad del grano grueso en quinua mediante fertilización adecuada. (Mendoza, 2021)

Tabla 21

Resultados del análisis de varianza para peso de cien granos (PCG).

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	0,11	9	0,01	13,38	<0,0001	8,54
FA	0,08	1	0,08	91,47	<0,0001	
FB	0,01	3	4,4E-03	4,98	0,0148	
R	0,01	2	3,8E-03	4,20	0,0373	
FA*FB	0,01	3	1,7E-03	1,87	0,1816	
Error	0,01	14	8,9E-04			
Total	0,12	23				

Según los resultados del análisis de varianza de peso de cien granos se puede determinar que el factor A presento una significancia estadística altamente

significativa, y a nivel de factor B una respuesta significativa; mientras que en su interacción AxB fue no significativa, con un coeficiente de variación de 8.54%

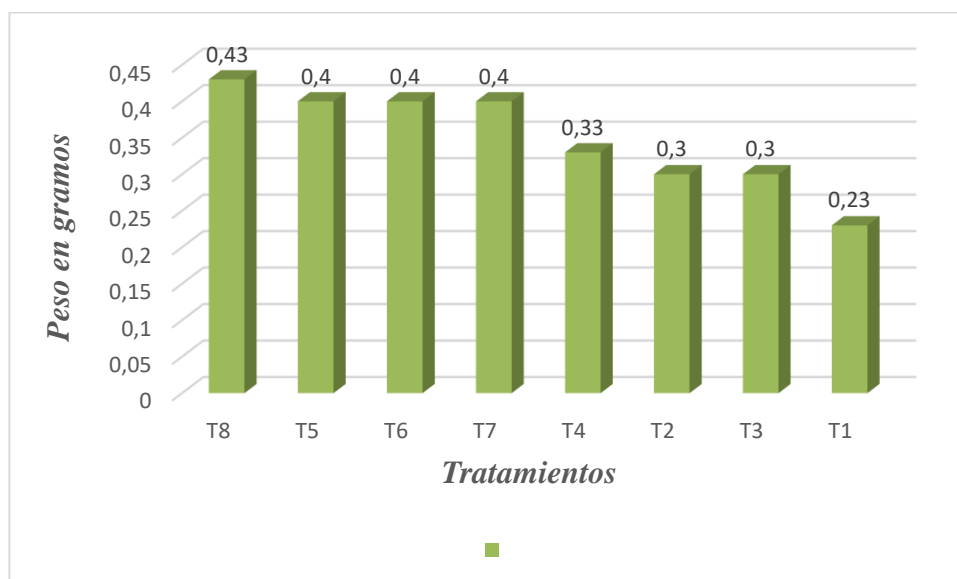
Tabla 22

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción de FA FB en el peso de cien granos (PCG).*

FA	FB	Medias	Rango	
2	4	0,43	A	
2	1	0,40	A	B
2	2	0,40	A	B
2	3	0,40	A	B
1	4	0,33	B C	
1	2	0,30	C D	
1	3	0,30	C D	
1	1	0,23	D	

Figura 10

Resultados de la de la respuesta peso de cien granos (PCG) de FA FB en el peso de cien granos (PCG).*



Según la prueba de Tukey al 5% para el peso de cien granos, demuestra una diferencia entre rangos para los tratamientos, obteniendo en mayor promedio de

peso en la línea ECU-6717 más 120 kg N/ha en T8 con 0.43 g mientras que los menores promedios se obtuvieron en la variedad INIAP Pata de Venado principalmente en el T1 con 10 kg N/ha con un promedio de 0.23 g.

El peso de cien granos, ayuda a determinar principalmente la calidad de grano de cada tratamiento, determinando que el nitrógeno si nos ayuda a mejorar la calidad del grano en dosis de 120 kg/ha. Obteniendo granos más gruesos y compactos con un buen peso y que son apetecibles en los mercados de nuestro medio.

El nitrógeno es un elemento fundamental para el crecimiento y desarrollo de la planta y tiene una relación directa con el llenado y tamaño del grano, así como las proteínas, sin embargo al presentarse pequeños periodos de estrés en el ciclo del cultivo, pueden haber generado un menor llenado del grano, actuando directamente sobre su densidad y peso.(Velasco, 2024)

Tabla 23

Resultados del análisis de varianza para peso de campo por parcela (PCP).

F.V.	SC	GI	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	24,87	9	2,76	4,16	0,0087	18,60
FA	16,83	1	16,83	25,34	0,0002	
FB	6,24	3	2,08	3,13	0,0594	
R	0,80	2	0,40	0,60	0,5627	
FA*FB	1,00	3	0,33	0,50	0,6878	
Error	9,30	14	0,66			
Total	34,17	23				

Según los resultados del análisis de varianza de peso de campo por parcela, se puede determinar que el factor A presento una respuesta estadística altamente significativa, factor B una respuesta significativa, mientras que a nivel de interacción AxB fue no significativa, con un coeficiente de variación de 18.60%.

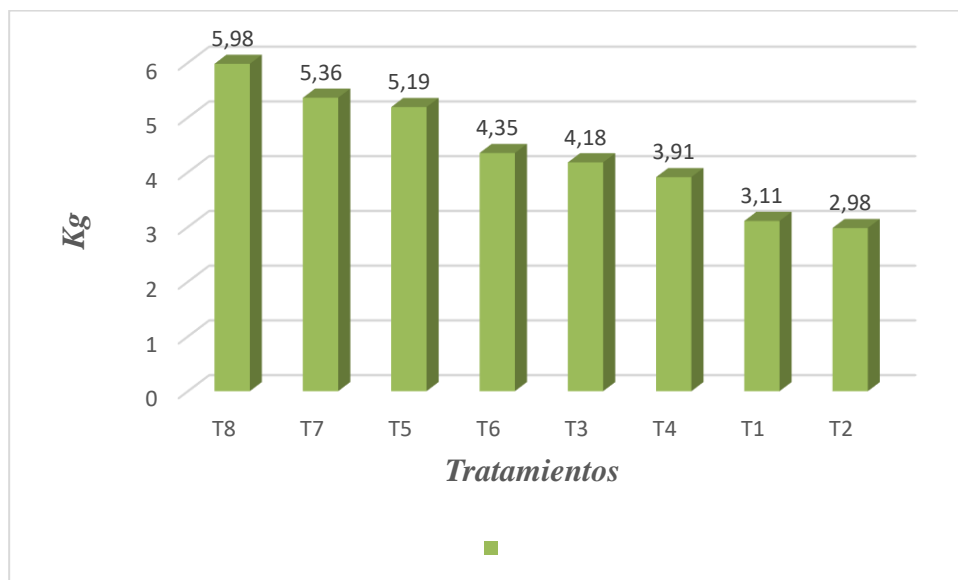
Tabla 24

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA FB en el peso de campo por parcela (PCP).*

FA	FB	Medias	Rango		
2	4	5,98	A		
2	3	5,36	A	B	
2	1	5,19	A	B	C
2	2	4,35	A	B	C
1	3	4,18	A	B	C
1	4	3,91	A	B	C
1	1	3,11		B	C
1	2	2,98			C

Figura 11

Resultados de la respuesta de peso de campo por parcela (PCP) en FA FB (accesiones* niveles de fertilización nitrogenada).*



De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de Tukey al 5% en el parámetro peso por parcela, demuestra que existió una interacción significativa entre los tratamientos en estudio, determinando un mayor resultado en la línea ECU-6717 principalmente el T8 con dosis de fertilización de 120 kg N/ha con un peso de

campo de 5.98 kg/ parcela y los menores resultado en el presente parámetro de evaluación se obtuvo en la variedad INIAP Pata de Venado en el T2 con una dosis de fertilización de 40 kg N/ha con un peso de 2.98 kg /parcela.

Tabla 25

Resultados del análisis de varianza para rendimiento por hectárea R kg/ha.

F.V.	SC	Gl	CM	F	P-valor	CV%
Modelo	6854432,12	9	761603,57	5,05	0,0037	18,02
FA	4803393,80	1	4803393,80	31,83	0,0001	
FB	1595874,19	3	531958,06	3,53	0,0432	
R	203777,42	2	101888,71	0,68	0,5249	
FA*FB	251386,71	3	83795,57	0,56	0,6530	
Error	2112513,04	14	150893,79			
Total	8966945,15	23				

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza del rendimiento por hectárea podemos determinar que el factor A presento una respuesta estadística altamente significativa, factor B una respuesta significativa mientras que a nivel de interacción AxB fue no significativo, con un coeficiente de variación de 18.02%.

Tabla 26

Resultados de la prueba de Tukey, para la interacción del FA FB en el rendimiento por hectárea R kg/ha.*

FA	FB	Medias	Rango
2	4	3013,71	A
2	3	2663,60	A B
2	1	2558,45	A B C
2	2	2175,02	A B C D
1	3	2021,91	A B C D
1	4	1891,84	B C D
1	1	1490,07	C D
1	2	1427,98	D

Figura 12

Resultados de la respuesta rendimiento por hectárea R kg/ha en FA FB (accesiones * niveles de fertilización nitrogenada).*



Según los resultados obtenidos del análisis en la prueba de Tukey al 5% en el parámetro rendimiento por hectárea, demuestra que existió una interacción entre los factores en estudio, determinando un mejor rendimiento en la línea ECU-6717 principalmente el T8 con dosis de fertilización de 120 kg N/ha con un volumen de 3013.71 kg/ ha y el menor resultado en el presente parámetro de evaluación se obtuvo en la variedad INIAP Pata de Venado, T2 con una dosis de fertilización de 40 kg N/ha con un rendimiento de 1427.98 kg /ha.

La presente investigación presentó mejores promedios de rendimiento en relación a las investigaciones anteriores reportados por (Velasco, 2024) con la variedad INIAP Pata de Venado, mismo que fue de 1200 kg/ha; evidenciando así que la zona agroecológica de Laguacoto presenta aptitud potencial para el cultivo de la quinua con los cuatro niveles de fertilización nitrogenada en la variedad Pata de Venado y la línea ECU-6717 y que el nitrógeno está actuando favorablemente en incremento de su rendimiento.

Tabla 27*Análisis económico de beneficio/ costo.*

	Tratamientos							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Costo Total	2803,6	2857,16	2910,72	2964,29	2803,6	2857,16	2910,72	2964,29
Rendimiento	1490,07	1427,98	2021,91	1891,84	2558,45	2175,02	2663,6	3013,71
Ingreso Bruto	3278,15	3141,55	4448,20	4162,048	8442,88	7177,57	8789,88	9945,24
Ingreso Neto	474,55	284,38	1537,47	1197,75	5639,28	4320,39	5879,15	6980,94
R I/C	1,17	1,10	1,53	1,40	3,01	2,51	3,02	3,36
R B/C	0,17	0,10	0,53	0,40	2,01	1,51	2,02	2,36

El análisis económico de la Relación Beneficio/Costo, indica como mejor alternativa tecnológica, al T8 que mantiene dentro de su estructura a la línea ECU-6717 más 120 kg de N/ha, presentando un ingreso neto de \$6980.94 por hectárea, y una relación de B/C positiva de 2.36 lo que significa que el productor por cada dólar invertido, podría obtener una ganancia neta de 1.36.

Se puede observar que la eficiencia económica, estuvo relacionada con la aplicación de dosis óptimas de nitrógeno, y además evidencio una relación con el tipo de accesión utilizada, en donde la línea ECU-6717 al tener mayores rendimientos en general, y características de grano grande y blanco, en donde se contó con un índice de extracción de grano grueso en el rango del 60%, comparada con Pata de Venado que apenas llega al 6% de grano grueso, también generó indicadores económicos positivos, teniendo en cuenta además que al momento de la cosecha, se contó con un precio de venta de quinua que en promedio se ubicó en USD 1,50 la libra para ECU-6717 y en USD 1,00 para Pata de Venado.

Tabla 28*Análisis de correlación lineal.*

Variables independientes componentes de rendimiento (x)	Coefficiente de correlación (r)	Coefficiente de regresión (b)	Coefficiente de determinación (r² %)
PE	0,7312	0,9574	53,47
SM	-0,5321	0,9574	-28,31
AP	0,7015	0,9777	49,21
DC	0,5121	0,5191	26,22
AT	0,5023	0,6529	25,23
PGG	0,7301	0,3700	53,30
PCG	0,7415	0,1229	54,98
IEGG	0,6484	0,4128	42,04

Coefficiente de correlación (r)

En la presente investigación se comprobó que existió una correlación positiva en las variables: Porcentaje de Emergencia (PE), Altura de la Planta (AP), Días a la Cosecha (DC), Acame de Tallo (AT), Peso de grano grueso (PGG), Peso de cien granos (PCG), Índice de extracción de grano grueso (IEGG) y una correlación negativa en la variable Severidad de Mildiu (SM), en relación a la variable dependiente rendimiento.

Coefficiente de regresión (b)

La presente investigación nos demostró que las variables que tuvieron una relación positiva de incremento unitario en base a cada variación de su componente independiente fueron: Porcentaje de Emergencia (PE), Altura de la Planta (AP), Días a la Cosecha (DC), Acame de Tallo (AT), Peso de grano grueso (PGG), Peso de cien granos (PCG), Índice de extracción de grano grueso (IEGG). Mientras que la variable que genero disminución por cada unidad en su aumento numérico fue la severidad de mildiu (SM).

Coefficiente de determinación (r² %)

El aumento mayoritario en el rendimiento, en un rango de 54.98%, estuvo determinado por el incremento en el peso de cien granos, mientras que la reducción

del 28.31% en el rendimiento general de cada tratamiento estuvo influenciado por una presencia alta de severidad de Mildiu en las plantas.

5.2. Comprobación de la hipótesis

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis estadísticos de los datos evaluados, mismos que presentan diferencias estadísticas en su mayoría de sus parámetros de evaluación, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna debido a que la eficiencia química del nitrógeno, reflejada en los componentes agronómicos y productivos del cultivo de quinua, depende de la accesión y de la dosis del fertilizante empelado.

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES.

- Las características agronómicas y productivas de las accesiones de quinua empleadas en la investigación, tuvieron respuestas muy diferentes, en donde la Línea ECU-6717 presenta atributos óptimos de desarrollo agronómico y productivo, demostrando su gran adaptación a las condiciones agro ecológicas de la zona de estudio, debiendo resaltar su calidad de grano con un 60% de calibre grueso superior a 1.5mm de diámetro.
- La aplicación de dosis de nitrógeno que generó la mayor respuesta agronómica en el cultivo de quinua en la zona de Laguacoto, en el periodo de siembra 2025, fue la de 120 kg de N/ha, con la cual se obtuvo un incremento en el rendimiento en el rango de 63% en relación al volumen obtenido con el tratamiento de menor respuesta que fue la adición de 40 kg de N/ha.
- La eficiencia química a la aplicación de las cuatro dosis de nitrógeno en las dos accesiones de quinua, estuvo directamente relacionada con la respuesta productiva, en donde el T8 con la línea ECU-6717 más la adición de una dosis de 120 kg de N/ha, fraccionada en tres aplicaciones (siembra, 56 dds y 90 dds), generó la mayor respuesta productiva y a la vez obtuvo los valores más altos en eficiencia económica, al evidenciar una relación beneficio costo de 1.36

5.2. RECOMENDACIONES.

- Según los resultados obtenidos en la presente investigación de los niveles de fertilización nitrogenada en las dos accesiones de quinua es recomendable utilizar semilla de la línea ECU-6717 con dosis de fertilización de 80 a 120 kg N/ha ya que permite tener buenas características agronómicas un mayor número de granos por panoja y un mayor calibre de grano, el mismo que puede encontrar un nicho mercado favorable.
- Realizar un buen manejo cultural del cultivo desde el momento de la siembra con buena densidad, tapado, raleo y buen control de malezas para evitar la propagación de plagas y enfermedades y una mayor competencia de nutrientes durante el desarrollo del cultivo.
- Sociabilizar los diferentes resultados obtenidos dentro de la presente investigación con entidades gubernamentales dedicadas al ámbito investigativo dentro del campo agronómico para que sean partícipes de la transferencia de tecnología que van en beneficio de nuestros productores de nuestra provincia.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, L. (22 de abril de 2019). "Niveles de fertilización química en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En partes común. Obtenido de: ERA ACOBAMBA" <https://apirepositorio.unh.e8/content>.
- Agroperú. (31 de mayo de 2024). Perú fue el principal exportador mundial de quinua en 2023. Obtenido de AGROPERÚ: <https://www.agroperu.pe/peru-fue-el-principal-exportador-mundial-de-quinua-en-2023>.
- Alcón, G., & Flores, A. (2018). Evaluation of the agronomic variables of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and grain quality with application of levels of sheep manure and urea. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5, 37–46.
- Alvar, J., & Vermi, L. (2021). Nitrogen, phosphorus and potassium mass balances in an irrigated quinoa field. *Agronomy*, 11(2). doi:10.4081/ija.2021.1788
- Antipode. (22 de junio de 2019). *¿Cuál es el origen de la quinua?* doi:10.1081/FRI-120018883.
- Aragon, N. (14 de febrero de 2019). Mildiu en Quinoa. Obtenido de plantwise: [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.129/De la Riva 2016 mildiu quinua.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.129/De%20la%20Riva%202016%20mildiu%20quinua.pdf)
- Bahrami Maria, e., Rezvan, T., Ali, R. S., & Didier, B. (5 de Agosto de 2022). *MDPI*. Obtenido de Regímenes de riego y dosis de nitrógeno como factores que contribuyen al rendimiento de la quinua para aumentar la eficiencia del agua y el nitrógeno: <https://doi.org/10.3390/plants11152048>.
- Bahrami, M., & Bazile, D. (2022). Irrigation Regimes and Nitrogen Rates as the Contributing Factors in Quinoa Yield to Increase Water and Nitrogen Efficiencies. (J. Moir, Ed.). *plants*, 11(15), 1–2. doi: <https://doi.org/10.3390/plants11152048>.
- Barbazán, P. (11 de febrero de 2019). Formas Químicas de Absorción del Nitrógeno. Obtenido de intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/formas-quimicas-de-absorcion-del-nitrogeno>
- Bhargava, A. &. (2021). Crecimiento y adaptación de la quinua en diferentes suelos. *Revista de Agricultura y Ciencias Agrícolas*.
- Bitancor, A. (22 de junio de 2021). Evaluación de cuatro fertilizantes en la

producción.de.quinoa.[https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Cultivos%20Andinos/Quinoa/Bibliografia%20Quinoa/1%20produccion/nea/investigacion%20y%20ensayos/Ensayos%20IPAF%20NOA/Comparativo%20de%20fertilizacion%20en%20Quinoa.pdf#:~:text=La%20quinoa%20\(Chenopodiu](https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/HomeAlimentos/Cultivos%20Andinos/Quinoa/Bibliografia%20Quinoa/1%20produccion/nea/investigacion%20y%20ensayos/Ensayos%20IPAF%20NOA/Comparativo%20de%20fertilizacion%20en%20Quinoa.pdf#:~:text=La%20quinoa%20(Chenopodiu).

Caballero, A., & Miranda, R. (15 de abril de 2022). Rendimiento y contenido de proteína de la quinua (*chenopodium quinoa willd*), en cinco fases fenológicas, bajo cuatro niveles de incorporación de estiércol. Obtenido de <file:///C:/Users/roxi1/Downloads/gchipanamendoza,Rendimiento>.

Calla, J. (14 de abril de 2021). Manejo agronómico del cultivo de la quinua. Obtenido de [agrobanco:https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038_cquinua.pdf](http://agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038_cquinua.pdf).

Callohuari, Y., & Delgado, P. (18 de marzo de 2021). Estrategias en el cultivo de la quinua para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina. Obtenido de [openknowledge:https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/518339ec-6cb9-4a3c-970f-82ca6d32328d/content](https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/518339ec-6cb9-4a3c-970f-82ca6d32328d/content).

Calvache, M., & Valle, L. (2021). Índice de cosecha con macro-nutrientes en grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). <https://doi.org/10.33996/revistaalf> a.v5i13.95.

Carlesso, R., & Borda, A. (22 de abril de 2021). Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) producida con estiércol y riego suplementario. Obtenido de [saber: http://saber.ve/o/view/4](http://saber.ve/o/view/4)

Carrasco, J., & Olguín, J. (24 de enero de 2023). Fertilización nitrogenada del cultivo de la quinua. Obtenido de [inia:https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/9f82f1a5-51df-4459-9631-76b827be46f0/content](https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/9f82f1a5-51df-4459-9631-76b827be46f0/content).

Cimmyt. (04 de mayo de 2020). La importancia del nitrógeno en los cultivos y cómo optimizar su aplicación. Obtenido de [cimmyt: https://idp.cimmyt.org/la-importancia-de-nitrogeno%20son%20uno,par%20cultivo%20de%20trigo](https://idp.cimmyt.org/la-importancia-de-nitrogeno%20son%20uno,par%20cultivo%20de%20trigo).

Colcha, A. (02 de enero de 2021). Caracterización espectral de la quinua (*Chenopodium quinoa*) de la provincia de Chimborazo mediante la técnica de espectro de campo. Obtenido de [dspace: http://dspace.espace.edu.ec/](http://dspace.espace.edu.ec/).

Coraspe, H., & Muraoka, T. (22 de mayo de 2019). Absorción de formas de

nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculosemilla. Obtenido. [https://homologve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000La%20forma%20preferencial%20de%20absorci%C3%B3n,d%C3%ADas%20\(formaci%C3%B3n%20de%20tub%C3%A9rculos\)](https://homologve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000La%20forma%20preferencial%20de%20absorci%C3%B3n,d%C3%ADas%20(formaci%C3%B3n%20de%20tub%C3%A9rculos)).

Delatorre, J., & Bar, Y. (22 de enero de 2022). Ensayo de fertilización con nitrógeno en quinua. Obtenido: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/0cfaa68580114c779f32a2ebe04958fa/content>.

Delgado, P., & Goyzueta, W. (28 de marzo de 2021). Manejo de plagas de la quinua. Obtenido de Boletín MIP: <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/2Manejo%20de%20plagas%20de%20la%20quinua%20agricultura%20org%203%.pdf>.

Deng Y, Z. Y. (2024 de Abril de 2024). *MDPI*. Obtenido de Efectos de diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados sobre la fenología, la fluorescencia fotosintética y el rendimiento de la quinua: <https://doi.org/10.3390/agronomy14050914>.

EcoAzul. (28 de agosto de 2023). Quinua en Ecuador: Del Superfood Andino a la Revolución. Obtenido de EcoAzul: <https://www.corporacoazul.org/quinua-en-ecuador-andino>.

Fontagro. (10 de agosto de 2021). Manejo sostenible del riego y la fertilización en quinua. Obtenido de fontagro: <https://www.fontagro.org/new/proyectos/manejoquinua/es>.

González, P. (05 de marzo de 2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf.

Growveg. (14 de septiembre de 2022). Guía de cultivo de quinua. Obtenido de growveg: <https://wwwcanada/hopto=sge#:~:text=Harvesting,o%20finish%20drying%20indoors>.

Hernández, G. (6 de Septiembre de 2024). Perú se consolida como el primer productor mundial y exportador de quinua, ¿a qué países exportamos? Obtenido de RPP: <https://rpp.pe/economia/economia/peru-se-consolida-como-el-primer-productor-mundial-y-exportador-de-quinua-noticia-582224>.

- Hidalgo , E., & Arteaga , V. (20 de marzo de 2019). Evaluación del efecto de la aplicación de dos abonos orgánicos y un fertilizante químico en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la zona de Canchaguano.Carchi.Obtenido.de.repositorio:<https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2679>.
- Hinojosa, L., & Carpio, C. (15 de febrero de 2021). Quinoa in Ecuador: Recent Advancesunder.<https://pdfs.semanticscholar.org/a920/b1d5ea917105d13ff52b02f22847de05f614.pdf>.
- Huanca, M., & Mamani, P. (03 de julio de 2019). Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) producida con estiércol.y.riego.suplementario.<http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revvenes/article/view/4567#:~:text=El%20rendimiento%20de%20un%20cultivo%20es%20una,determinar%20el%20rendimientode%20la%20quinua%20y%20>
- Iniap. (2018). Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. *Iniap*, 12, 10.
- Jorge Alvar Beltran, M. N. (2021). Balances de masa de nitrógeno, fósforo y potasio en un campo de quinua irrigado. *Revista Italiana De Agronomia*, 3.
- Luna, V. (2021). Revista de Ciencias Agrícolas. Valor nutricional y bioactivo de las hojas de quinua, 45 - 59.
- Marcelo, C., & Luciano, V. (Enero - Abril de 2021). Obtenido de Índice de cosecha con macro-nutrientes en grano de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*): <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13.95>.
- Mendoza, M. (2021). Universidad nacional de huanca velica. Caracterización Bromatológica, Microbiológica Y Sensorial Del Nectar De Tuna (*Opuntia Ficus Indica*) Edulcorado Con Stevia (*Stevia Rebaudiana Bertoni*), 76.
- Mena, I. M. (7 de Octubre de 2013). El cultivo de la quinuay el clima en el Ecuador. Recuperado el 2 de Diciembre de 2024, de Estudios e Investigaciones Meteorológicas<https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20cultivo%20de%20la%20quinua%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf?form=MG0AV3>.
- Milton, K. (22 de abril de 2019). Costos de produccion por hectarea (bs.) cultivo de quinua.Obtenido.de.observatorioagro:<https://observatorioagro.gob.bo/wp-content/uploads/2021/12/8.Costo-quinua-tradicional.pdf>.

- Miranda, R., & Carlesso, R. (22 de abril de 2021). Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) producida con estiércol y riego suplementario. <http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/revvenes/article/view/4567#:~:text=El%20rendimiento%20de%20un%20cultivo%20es%20una,determinar%20el%20rendimientode%20la%20quinua%20y%20la>.
- Mirando, R. (23 de mayo de 2017). Todo sobre la Quinua. Recuperado el 2 de Diciembre de 2024, de La Quinua: <https://laquinua.blogspot.com/2013/05/1a-raiz-de-la-quinua.html>.
- Nicolas, E., & Gutiérrez, C. (2019). Agronomic behavior of the quinoa crop (*Chenopodium quinoa willd* .) with the application of levels of camelid manure. 6, 41-49.
- Nieto, C., & Vimos, C. (20 de octubre de 2019). La quinua, cosecha y poscosecha, algunas experiencias <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/140#:~:text=La%20cosecha%20y%20trilla%20tradicional,de%20tipo%20estacionario%20de%20cosecha>.
- Pando, L., & Gómez, R. (Julio de 2021). Relación de la morfología de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Obtenido de Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Departamento Académico <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/9b4ea3996bdc6966abe/full?form=MG0AV3>.
- Primicias. (28 de julio de 2023). Ecuador tiene nuevas variedades de haba y quinua. Obtenido de Factor <https://www.revistafactordeexito.com/posts/24485/ecuador-tiene-nuevas-variedades-de-haba-y-quinua>.
- Riquelme, A. (11 de agosto de 2018). Nutricionistas promueven la Quínoa. Obtenido de Diariopuertovaras.cl: <https://nutricion.uc.cl/noticias/nutricionista>.
- Santivañez, T., & Cruces, L. (11 de septiembre de 2019). Quinua Manejo integrado de plagas. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/518339ec-6cb9-4a3c-970f-82ca6d32328d/content>.
- Valarezo, C. (24 de febrero de 2023). "Evaluación del crecimiento y rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) usando *Methylobacterium*

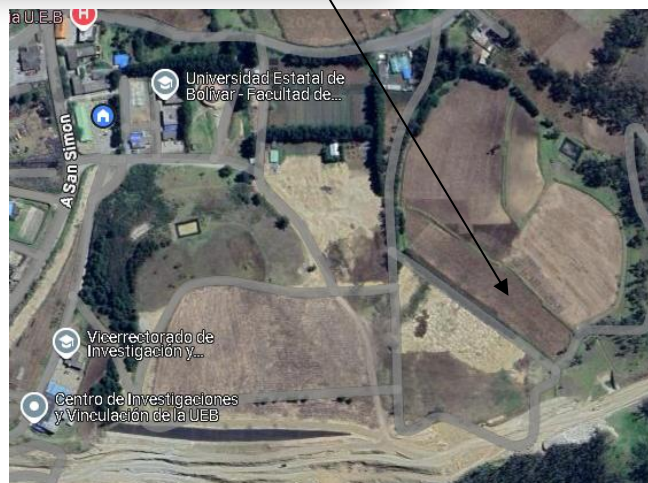
- symbioticum como fuente fijadora de nitrógeno en el sector la Argelia del cantón.Loja”.Obtenido.de.dspace:[https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27881/1/CarlosDavid ValarezoRamos.pdf](https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27881/1/CarlosDavid%20ValarezoRamos.pdf).
- Valle, M. C. (Enero - Abril de 2021). Reviste de Investigacion en Ciencias Agronomicas y Veterinarias . Obtenido de Índice de cosecha con macronutrientes.en.grano.de.quinoa.(*Chenopodium.quinoa*.Willd):<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i13>.
- Velasco, M. (2024). Universidad Estatal de Bolívar. Eficiencia a la aplicacion de dosis de nitrogeno de quinua (*Cenophodium quinoa Willd*) variedad iniapata de venado en Laguacoto. Obtenido de: <https://dspace.ueb.edu.ec/500>.
- Vitra. (Octubre de 2020). Vitra Al Servicio de la Agricultura . Obtenido de La gran importancia.delNitrogeno<https://www.agrovitra.com/media/2022/12/Importancia-del-Nitrogeno-en-las-plantas-Fernanda-Habit.pdf>.
- Zamora, V., & Alvarado, L. (11 de agosto de 2021). Aplicación de sistemas de nitrógeno en el rendimiento de quinua adaptada a sistemas tecnológicos. Obtenido.de.proquest:<https://www.proquest.com/openview/83319c7efa64f52da81cf21dbf56f500/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>.
- Zurita, A., & Quiroz, C. (22 de julio de 2020). Plagas y enfermedades en el cultivo de quínoa. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/531cd57b-b2ae-45af-9035-9b1fbb0fc58f/content>.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación

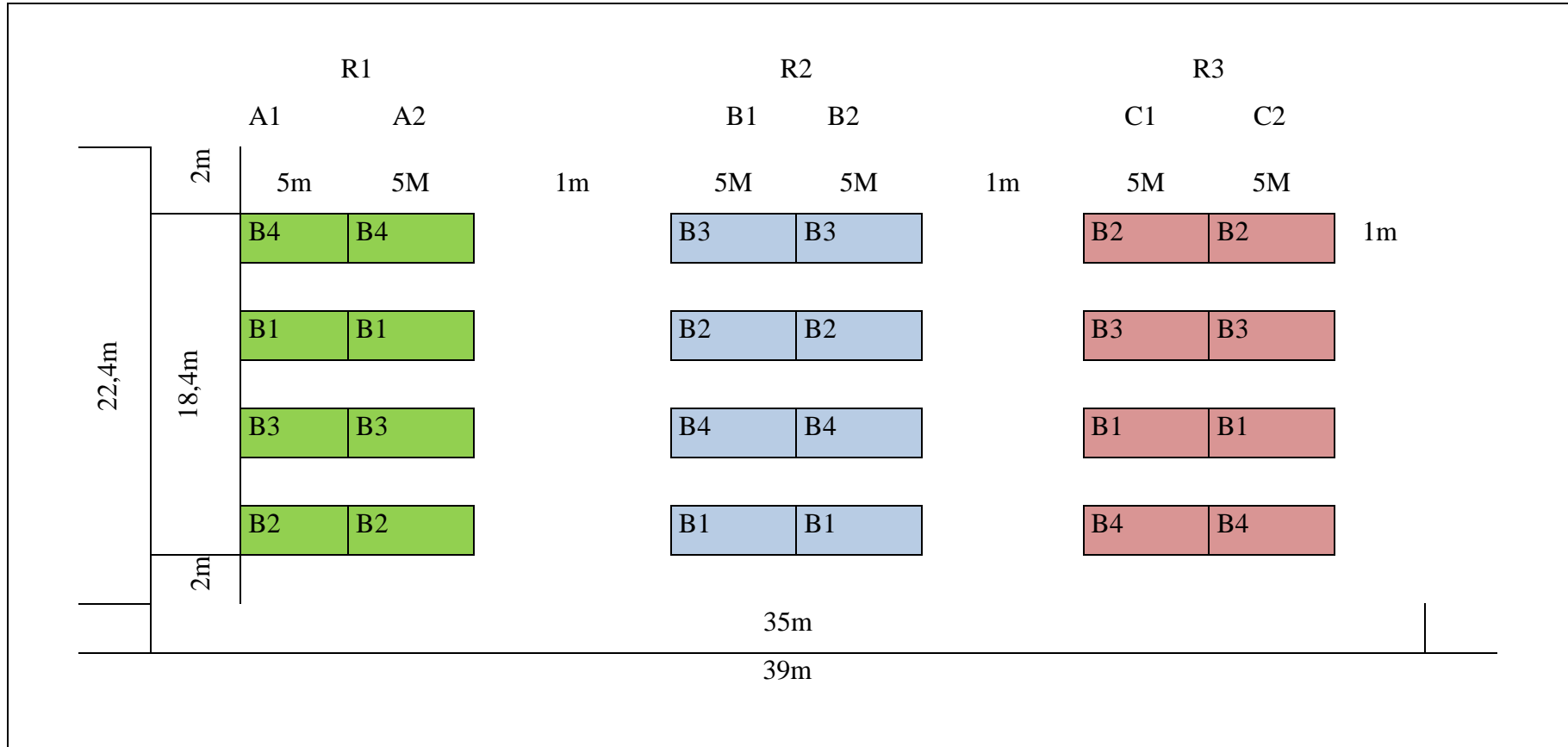


Mapa de la investigación



Fuente: Google Earth, 2025.

Anexo 2: Croquis del ensayo



Anexo 3: Base de Datos

T	R	FA	FB	PE	IM	SM	IA	AP	DC	LP	DP	AT	AR	PGG	PGP	PCG	PH	PCP	R kg/ha	t/ha
1	1	1	1	50,00	69,23	32,40	0,00	107,40	131,00	77,10	10,90	1,00	1,00	208,00	2935,00	0,20	16,40	3,14	1.510,42	1,51
2	1	1	2	45,00	52,17	29,50	0,00	114,00	131,00	81,90	14,10	1,00	1,00	272,30	2997,60	0,30	17,00	3,27	1.559,78	1,56
3	1	1	3	45,00	48,00	38,00	0,00	111,30	131,00	68,40	10,50	1,00	1,00	192,70	5034,30	0,30	16,00	5,23	2.523,48	2,52
4	1	1	4	55,00	88,88	38,50	0,00	109,10	131,00	86,30	16,40	1,00	1,00	269,70	3567,40	0,30	16,50	3,84	1.841,37	1,84
5	1	2	1	85,00	65,22	14,70	0,00	178,00	155,00	72,80	11,60	2,00	1,00	1505,60	2774,30	0,40	14,50	5,65	2.777,08	2,78
6	1	2	2	90,00	77,27	15,60	0,00	195,80	155,00	103,10	8,40	3,00	1,00	2454,40	1464,80	0,40	12,80	3,92	1.964,21	1,96
7	1	2	3	94,00	60,87	17,90	0,00	199,50	155,00	91,70	12,10	3,00	1,00	2899,70	2460,90	0,40	11,40	5,36	2.729,59	2,73
8	1	2	4	95,00	94,44	12,30	0,00	191,50	155,00	82,80	10,90	3,00	1,00	4218,70	2930,00	0,40	12,00	6,15	3.109,69	3,11
1	2	1	1	55,00	66,67	31,90	0,00	127,20	131,00	83,20	11,60	1,00	1,00	208,00	3252,90	0,30	17,00	3,46	1.650,89	1,65
2	2	1	2	58,00	53,87	38,20	0,00	127,50	131,00	83,50	11,50	1,00	1,00	196,00	3070,10	0,30	15,50	3,27	1.586,12	1,59
3	2	1	3	60,00	80,95	32,00	0,00	124,70	131,00	81,40	10,30	1,00	1,00	202,70	2828,90	0,30	16,00	3,03	1.462,86	1,46
4	2	1	4	55,00	100,00	28,60	0,00	111,20	131,00	77,10	8,90	1,00	1,00	224,80	5193,20	0,40	15,90	5,42	2.619,67	2,62
5	2	2	1	90,00	94,44	14,80	0,00	174,10	155,00	68,40	8,10	5,00	1,00	3418,20	2233,20	0,40	14,00	4,28	2.115,30	2,12
6	2	2	2	95,00	83,33	16,60	0,00	186,10	155,00	82,90	10,50	4,00	1,00	3208,20	1597,20	0,40	13,10	4,81	2.399,94	2,40
7	2	2	3	98,00	81,25	13,70	0,00	197,00	155,00	71,40	15,90	4,00	1,00	3285,50	2548,60	0,40	15,10	5,83	2.846,64	2,85
8	2	2	4	94,00	80,00	17,30	0,00	190,40	155,00	80,00	10,00	4,00	1,00	3872,10	1575,90	0,50	11,20	5,45	2.780,36	2,78
1	3	1	1	35,00	92,31	28,20	0,00	103,20	147,00	79,40	14,20	1,00	1,00	223,30	2504,20	0,20	16,50	2,73	1.308,89	1,31
2	3	1	2	30,00	69,56	25,50	0,00	107,60	147,00	71,10	8,30	1,00	1,00	218,70	2175,70	0,30	17,30	2,39	1.138,03	1,14
3	3	1	3	35,00	93,33	33,60	0,00	119,30	147,00	74,20	9,50	1,00	1,00	274,40	4017,60	0,30	15,70	4,29	2.079,40	2,08
4	3	1	4	40,00	52,38	37,90	0,00	125,90	147,00	78,80	10,90	1,00	1,00	199,70	2280,60	0,30	14,80	2,48	1.214,49	1,21
5	3	2	1	85,00	88,24	18,90	0,00	202,80	160,00	74,00	8,10	10,00	1,00	3442,60	2207,80	0,40	14,30	5,65	2.782,98	2,78
6	3	2	2	90,00	53,38	17,30	0,00	202,70	160,00	74,10	11,70	10,00	1,00	2996,10	1315,70	0,40	13,00	4,32	2.160,90	2,16
7	3	2	3	89,00	46,67	32,70	0,00	210,40	160,00	72,30	11,70	15,00	1,00	2624,30	2255,30	0,40	13,90	4,88	2.414,56	2,41
8	3	2	4	95,00	88,88	26,40	0,00	218,90	160,00	82,90	10,80	20,00	1,00	4401,90	1944,00	0,40	13,60	6,35	3.151,07	3,15

Anexo 4. Evidencia de actividades de seguimiento y evaluación del ensayo



Preparación del terreno



Surcado



Fertilización



Siembra



Porcentaje a la emergencia



Control de malezas



Control Fitosanitario



Raleo



Fertilización



Aporque



Determinación de la incidencia de mildiú (IM)



Determinación de la severidad de mildiú (SM)



Defensa de campo



Evaluación de altura y longitud de panoja



Labores de cosecha



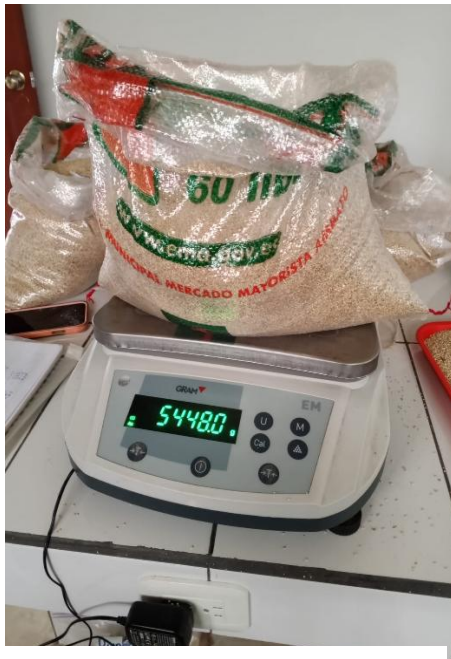
Trilla manual



Aventado



Etiquetado y seca



Evaluación de variables de rendimiento



Etiquetado y almacenamiento

Anexo 5: Glosario de términos

Acame: Porcentaje de plantas con tallo roto o inclinado, lo cual indica debilidad estructural debido a factores como el viento. Este porcentaje se mide al momento de la cosecha para evaluar la resistencia de las plantas

Accesión: Se refiere a una muestra de una especie vegetal que se mantiene en un banco de germoplasma para su conservación y uso en investigación o mejoramiento. En este contexto, son variedades de quinua con características genéticas específicas estudiadas para evaluar la respuesta a diferentes dosis de fertilización.

Altitud de Cultivo: Rango de elevación sobre el nivel del mar en el que una planta puede crecer de manera óptima. Para las variedades de quinua como INIAP - Pata de Venado y ECU 6717, el rango es entre 2,500 y 3,800 metros, una altura característica de las zonas andinas.

Aplicación en Banda Lateral: Método de aplicación de fertilizantes en una franja paralela a la hilera de siembra. Esta técnica se usa para colocar el fertilizante cerca de las raíces sin que tenga contacto directo con la semilla, promoviendo una absorción más eficiente de nutrientes.

Aporque: Práctica agrícola que consiste en agregar tierra al tallo de la planta para darle mayor estabilidad y protección contra vientos fuertes o volcamiento. También ayuda a mejorar el desarrollo radicular.

Ciclo de Cultivo: Periodo desde la siembra hasta la cosecha de un cultivo. En las variedades de quinua INIAP - Pata de Venado y ECU 6717, el ciclo es de aproximadamente 160 a 180 días.

Defoliación: Es la práctica de eliminar hojas de una planta, ya sea de forma natural (por plagas, enfermedades, estrés ambiental o por ciclo de vida de la planta) o artificialmente para mejorar el cultivo.

Eficacia: Capacidad de una acción o producto para lograr el efecto deseado o esperado, como el control de una plaga o la mejora de un cultivo.

Eficiencia: Se refiere a la capacidad de optimizar el uso de los recursos disponibles para maximizar la producción agrícola de manera sostenible y económica. Este concepto abarca diversos aspectos, como la eficiencia en el uso del agua, nutrientes, energía, tiempo y mano de obra, con el objetivo de obtener el mayor rendimiento

posible por unidad de recurso utilizado.

Emergencia de Plántulas: Proceso y porcentaje de plántulas que emergen del suelo tras la siembra, indicando el vigor inicial del cultivo. Este dato se recolecta de 8 a 12 días después de la siembra para determinar la efectividad de la siembra y las condiciones del suelo.

Fertilización de Base: Aplicación inicial de fertilizantes antes de la siembra o al momento de esta. Para la quinua, se utilizaron fertilizantes compuestos 10-30-10 y Sulpomag, los cuales proporcionan nutrientes esenciales para el crecimiento inicial de la planta.

Incidencia: Porcentaje de plantas afectadas por el hongo que provoca mildiú en la quinua. Esta evaluación se realiza de 30 a 45 días después de la siembra para controlar el desarrollo de enfermedades en el cultivo.

Panoja: Inflorescencia o conjunto de flores de la quinua. La longitud y calidad de la panoja son indicadores de la salud y productividad de la planta, por lo que se mide para determinar la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada.

Plagas: Organismos como los áfidos (*Aphis* sp.) que pueden dañar el cultivo de quinua. El control de plagas se realiza mediante aplicaciones de insecticidas como Acephade, en dosis controladas para minimizar el daño económico y asegurar el crecimiento del cultivo.

Producción: Proceso de cultivar o criar para obtener bienes agrícolas, como alimentos y otros productos, mediante la transformación de insumos (tierra, agua, semillas, fertilizantes, mano de obra) en productos cosechables.

Productividad: Se refiere a la relación entre los productos agrícolas obtenidos (cultivos) y los insumos utilizados (tierra, mano de obra, capital, agua, materiales), siendo una medida de la eficiencia con la que los recursos se transforman en resultados.

Utrículo: En un fruto indehisciente, lo que significa que no se abre espontáneamente al madurar para liberar las semillas. Se desarrolla a partir de un ovario súpero, generalmente con una única semilla en su interior, rodeada por un pericarpio delgado y membranoso o a veces levemente endurecido. Este fruto cumple la función de proteger la semilla durante su desarrollo y facilitar su dispersión.