



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente**  
**Carrera de Agronomía**

**Tema:**

**EFICIENCIA QUÍMICA DEL NITRÓGENO APLICADO PARA LA  
PRODUCCIÓN DE QUINUA DULCE (*Chenopodium quinoa Willd.*)  
VARIEDAD INIAP PATA DE VENADO EN LAGUACOTO III,  
PROVINCIA BOLÍVAR.**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma, otorgado  
por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias,  
Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía**

**Autora:**

**Grey Mariela Morales Velasco**

**Tutor:**

**Ing. David Rodrigo Silva García Mg.**

**Guaranda - Ecuador**

**2024**

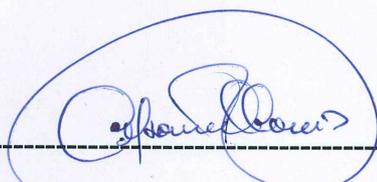
**EFICIENCIA QUÍMICA DEL NITRÓGENO APLICADO PARA LA  
PRODUCCIÓN DE QUINUA DULCE (*Chenopodium quinoa Willd*)  
VARIEDAD INIAP PATA DE VENADO EN LAGUACOTO III,  
PROVINCIA BOLÍVAR**

**REVISADO Y APROBADO POR:**



**Ing. David Rodrigo Silva García Mg.**

**TUTOR**



**Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez Msc.**

**PAR LECTOR**



**Ing. Hugo Fabián Vásquez Coloma PhD.**

**PAR LECTOR**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Grey Mariela Morales Velasco, con cédula de identidad 0202116877, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este proyecto de investigación, no han sido presentados previamente 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 correspondiente a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa institucional vigente.



-----  
**Grey Mariela Morales Velasco**

**C.I. 0202116877**

**Autora**



-----  
**Ing. David Rodrigo Silva García Mg.**

**C.I. 0201600327**

**Tutor**



Factura: 001-002-000026844



20240203001D00099

**DILIGENCIA DE RECONOCIMIENTO DE FIRMAS N° 20240203001D00099**

Ante mí, NOTARIO(A) GUSTAVO ANTONIO CHAVEZ CHIMBO de la NOTARÍA PRIMERA , comparece(n) GREY MARIELA MORALES VELASCO portador(a) de CÉDULA 0202116877 de nacionalidad ECUATORIANA, mayor(es) de edad, estado civil SOLTERO(A), domiciliado(a) en CHIMBO, POR SUS PROPIOS DERECHOS en calidad de COMPARECIENTE; quien(es) declara(n) que la(s) firma(s) constante(s) en el documento que antecede CERTIFICACION DE AUTORIA, es(son) suya(s), la(s) misma(s) que usa(n) en todos sus actos públicos y privados, siendo en consecuencia auténtica(s), para constancia firma(n) conmigo en unidad de acto, de todo lo cual doy fe. La presente diligencia se realiza en ejercicio de la atribución que me confiere el numeral noveno del artículo dieciocho de la Ley Notarial -. El presente reconocimiento no se refiere al contenido del documento que antecede, sobre cuyo texto esta Notaria, no asume responsabilidad alguna. – Se archiva un original. CHIMBO, a 3 DE ABRIL DEL 2024, (10:19).

GREY MARIELA MORALES VELASCO  
CÉDULA: 0202116877



NOTARIO(A) GUSTAVO ANTONIO CHAVEZ CHIMBO  
NOTARÍA PRIMERA DEL CANTÓN CHIMBO



**Notaria Primera**  
**Cantón Chimbo**  
**DR. ANTONIO CHÁVEZ CHIMBO MSc.**



NOMBRE DEL TRABAJO

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN-QUINOA  
-GREY MORALES VELASCO.pdf**

AUTOR

**GREY MARIELA MORALES VELASCO**

RECUENTO DE PALABRAS

**18543 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**99101 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**88 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 2, 2024 12:33 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 2, 2024 12:37 PM GMT-5****● 9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente



Ing. David Rodrigo Silva García Mg.  
Tutor Proyecto de Investigación  
Cl. 0201600327

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de investigación lo dedico a Dios por darme la vida, sabiduría y salud para alcanzar mis metas, porque ha estado conmigo en todo momento cuidándome y dándome fortaleza para continuar con mi proyecto de vida.

A mis padres y especialmente a mi madre Bertha Velasco, a mis hermanos, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, depositando su confianza en cada reto que se ha presentado en el camino, sin dudar de mi inteligencia y capacidad.

A mi familia y amigos por ser el motor que me inspira a seguir luchando cada día, es por ellos que he podido ir avanzando y llegar a la meta, cumpliendo mis sueños. Con amor y admiración.

**Grey**

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme fortaleza, paciencia y sabiduría para poder llegar al final de lo que en algún tiempo atrás me propuse y que sin el no lo hubiera logrado cumplir; ha sido un desafío lleno de emociones, una experiencia que gracias a Dios he culminado.

A mi familia por ser mi apoyo y motor para no rendirme a pesar de las adversidades y comprender el sacrificio que conlleva alcanzar los sueños propuestos, quiénes con su ayuda me alentaron a lograrlo, mi agradecimiento infinito a mis padres.

Mi agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, por haberme permitido formarme en ella, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.

A los docentes por su guía y enseñanza semestre a semestre esforzándose para transformar a las personas en excelentes profesionales.

Un profundo agradecimiento al Ing. David Rodrigo Silva García, tutor del proyecto por motivarme y haberme brindado sus conocimientos, creyendo en mi capacidad de aprender, por el tiempo dedicado a guiarme en mi investigación, de igual manera agradecer a cada Miembro del Tribunal del proyecto de Titulación: Ing. Klever Espinosa Mora, y pares lectores Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez, e Ing. Hugo Fabián Vásquez Coloma.

Reconozco gratamente el apoyo del Programa de Semillas de la UEB, por el soporte con el germoplasma y el acompañamiento técnico en cada fase del trabajo de campo.

Finalmente, un agradecimiento a todos mis amigos y compañeros con quienes compartimos experiencias, en este largo camino que empezó con el mismo objetivo y hoy culmina con satisfacción.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	Pag.
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. PROBLEMA .....	3
1.3. OBEJTIVOS .....	5
1.3.1. Objetivo general.....	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. HIPÓTESIS.....	6
CAPÍTULO II .....	7
2.1. MARCO TEÓRICO.....	7
2.2. Origen.....	7
2.3. Taxonomía.....	7
2.4. Descripción botánica.....	8
2.4.1. Raíz.....	8
2.4.2. Tallo.....	8
2.4.3. Hojas.....	9
2.4.4. Inflorescencia .....	10
2.4.5. Flores.....	10
2.4.6. Fruto.....	11
2.4.7. Semillas .....	11
2.4.8. Fenología de la quinua .....	11
2.5. Condiciones climáticas y edáficas.....	12
2.5.1. Suelo.....	12
2.5.2. pH.....	12
2.6. Manejo integrado del cultivo.....	13
2.6.1. Preparación de suelo .....	13
2.6.2. Trazado de surcos.....	13
2.6.3. Densidad y siembra.....	13
2.7. Principales plagas y enfermedades .....	13
2.7.1. Plagas .....	14
2.7.2. Enfermedades.....	14

2.8.	Fertilización.....	15
2.9.	Raleo .....	16
2.10.	Manejo integrado de malezas.....	16
2.11.	Cosecha .....	17
2.12.	Trilla.....	17
2.13.	Relación Beneficio/Costo (RB/C).....	17
2.14.	Nitrógeno .....	18
2.14.1.	Origen.....	18
2.14.2.	Ciclo del nitrógeno en el suelo.....	18
2.14.3.	Fases del ciclo de nitrógeno .....	18
2.14.4.	Formas del Nitrógeno.....	21
2.14.5.	Pérdidas de nitrógeno .....	22
2.14.6.	Formas de ser absorbido por la planta.....	24
2.15.	La producción agrícola y el nitrógeno .....	24
2.16.	Urea .....	25
2.16.1.	Propiedades .....	25
2.17.	Nitrógeno removido por el cultivo.....	25
2.18.	Análisis de suelo .....	26
2.19.	Variedad INIAP - Pata de Venado (Taruka Chaki) .....	27
CAPÍTULO III.....		28
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	28
3.1.	Ubicación y características de la investigación.....	28
	• Localización del experimento.....	28
	• Situación geográfica y climática.....	28
	• Zona de vida.....	28
3.2.	Metodología .....	29
3.2.1.	Material experimental .....	29
3.2.2.	Factor en estudio .....	29
3.2.3.	Tratamientos.....	29
3.2.4.	Tipo de diseño .....	29
3.2.5.	Manejo del experimento en campo .....	29
	• Preparación del terreno .....	29
	• Trazado de parcelas.....	30

• Siembra .....	30
• Fertilización.....	30
• Raleo .....	30
• Control de enfermedades.....	31
• Control de plagas.....	31
• Control de malezas .....	31
• Aporque.....	31
• Cosecha .....	31
• Trilla.....	32
• Aventado .....	32
• Secado .....	32
• Almacenamiento .....	32
3.2.6. Métodos de evaluación y datos tomados.....	32
• Porcentaje de emergencia (PE) .....	32
• Determinación de la incidencia de mildiú ( <i>Peronospora farinosa</i> ) (IM). 32	
• Evaluación de la incidencia de áfidos (IA) .....	33
• Altura de planta (AP) .....	33
• Días a la cosecha (DC).....	33
• Longitud de la panoja (LP) .....	33
• Diámetro de la panoja (DP).....	33
• Acame de tallo (AT).....	34
• Acame de raíz (AR) .....	34
• Peso de cien granos (PCG).....	34
• Tamaño del grano (TG).....	34
• Peso en kilogramos por parcela (PKP) .....	35
• Rendimiento por hectárea (RH) .....	35
3.2.7 Análisis de datos .....	35
CAPÍTULO IV.....	37
4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	37
4.1.1 Variables agronómicas .....	37
4.1.2 Coeficiente de variación (CV) .....	46
4.1.3 Análisis de correlación y regresión lineal. ....	46

• Coeficiente de correlación “r” .....	47
• Coeficiente de regresión “b” .....	47
• Coeficiente de determinación ( $R^2$ %)... ..	47
4.1.4 Análisis económico de la Relación Beneficio/Costo (RB/C) .....	48
<b>CAPÍTULO V</b> .....	52
5.1. CONCLUSIONES .....	52
5.2. RECOMENDACIONES .....	53
<b>Bibliografía</b> .....	54
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

N°	Detalle	Pag.
1	Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos en las variables agronómicas.	38
2	Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes, que presentaron significancia estadística positiva o negativa con el rendimiento de quinua	50
3	Costos de producción de una hectárea de quinua. Guaranda, 2023.	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Nº	Detalle	Pag.
1	Resultados promedios variables incidencia de mildiú y de áfidos.....	40
2	Resultados promedios variables altura de planta y longitud de panoja. ....	42
3	Resultados promedios variable diámetro de la panoja. ....	43
4	Resultados promedios variable días a la cosecha.....	44
5	Resultados promedios variable peso de cien granos.....	45
6	Resultados promedios variable tamaño del grano.....	46
7	Resultados promedios variable rendimiento del grano. ....	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

Nº	Detalle
1	Mapa de ubicación de la investigación
2	Base de datos
3	Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo
4	Glosario de términos técnicos

## RESUMEN

La quinua actualmente tiene un interés global y se encuentra posicionada en diferentes procesos de investigación de los segmentos de la cadena de valor por su resiliencia al cambio climático y su excelente calidad nutricional. Es originaria de la Zona Andina y en Ecuador se cultiva en las provincias de la sierra. La provincia Bolívar tiene potencial para este cultivo lo que contribuiría a la diversificación y mayor eficiencia de los sistemas de producción, sin embargo, los productores desconocen de las bondades y las alternativas tecnológicas de este cultivo, que es clave para la seguridad alimentaria. Esta investigación, se realizó en la Granja Laguacoto III del cantón Guaranda, provincia Bolívar a una altitud de 2640 m. Los objetivos fueron validar las principales características agronómicas de la variedad INIAP Pata de Venado con la aplicación de cuatro dosis de nitrógeno y calcular su Relación Beneficio - Costo (RB/C). Se aplicó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar con cuatro dosis de nitrógeno (10; 40; 80 y 120 kg/ha), con tres repeticiones. Se evaluaron los componentes del rendimiento. Se hicieron los análisis de varianza, prueba de Tukey, correlación, regresión y se calculó la RB/C. Se determinó un efecto significativo de los resultados en las principales variables evaluadas como respuesta a las cuatro dosis de N, siendo el más eficiente 80 kg/ha con un rendimiento promedio de 1959 kg/ha y una RB/C de 0,19. Los componentes que incrementaron el rendimiento fueron días a la cosecha, altura de plantas, longitud y diámetro de las panojas, peso de cien granos y el tamaño del grano. Finalmente, este estudio determinó la adaptación agronómica de INIAP Pata de Venado en el territorio de Laguacoto III y su mayor eficiencia química con la dosis de 80 kg/ha de nitrógeno.

**Palabras claves:** Eficiencia, nitrógeno, quinua, resiliente.

## Summary

Quinoa currently has a global interest and is positioned in different research processes in the value chain segments due to its resilience to climate change and its excellent nutritional quality. It is native to the Andean Zone and Ecuador is cultivated in the provinces of the highlands. The province of Bolívar has a potential for this crop which would contribute to the diversification and greater efficiency of production systems, however, producers are unaware of the benefits and technological alternatives of this crop, which is key to food security. This research was carried out in the Laguacoto III Farm of the Guaranda canton, province of Bolívar at an altitude of 2640 m. The objectives were to combine the main agronomic characteristics of the variety INIAP Pata de Venado with the application of four doses of nitrogen and calculate the Relation Benefit - Cost (RB / C). The experimental design of Complete Random Blocks was applied with four doses of nitrogen (10; 40; 80 and 120 kg/ha), with three repetitions. Performance components were evaluated. Analyses of variance, Tukey's test, correlation, regression and RB/C were calculated. A significant effect of the results in the main variables evaluated was determined in response to the four doses of N, the most efficient being 80 kg/ha with an average yield of 1959 kg/ha and an RB/C of 0,19. The components that increased the yield were days at harvest, height of plants, length and diameter of the panicles, weight of one hundred grains and grain size. Finally, this study determined the agronomic adaptation of INIAP Pata de Venado in the territory of Laguacoto III and its greater chemical efficiency with the dose of 80 kg / ha of nitrogen.

**Keywords:** Efficiency, nitrogen, quinoa, resilient.

# CAPÍTULO I

## 1.1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de quinua fue de 175188 toneladas, obtenidas en una superficie cosechada de 188878 hectáreas, por lo que el rendimiento promedio fue de 0.9 toneladas por hectárea, según la información presentada en FAOSTAT para el año 2020. Entonces, se produjeron 175188 toneladas, por lo que se tuvo una variación de 8.8% con respecto a las 161054 toneladas de 2019; además, el promedio de la variación interanual para el período 2011-2020 fue de 9.8%, comparado con el 4.9% que se tuvo entre 2001-2010. Para el caso de la superficie cosechada, se pasó de 184164 a 188878 toneladas de 2019 a 2020, por lo que la variación interanual fue de 2.6%, mientras que, en cuanto al rendimiento, pasó de 0.7 a 0.9 toneladas por hectárea entre 2001 y 2020, respectivamente. (Bastida, 2023)

En el Ecuador el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) tiene un espacio productivo amplio pues el país posee características geográficas y climáticas adecuadas para su desarrollo, sembrándose por la mayoría de los agricultores de manera tradicional con sus prácticas ancestrales especialmente en hileras, como complemento al huerto familiar y en asocio con cultivos como el maíz, papa, haba, oca, melloco. Hay entidades como el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y algunas Universidades que vienen realizando investigaciones para una mayor tecnificación del cultivo y mejorar su productividad. Es un cultivo autóctono de los Andes cultivándose con mayor representatividad de mayor a menor área sembrada en Bolivia, Perú y Ecuador. En el país se cultiva en la Sierra en especial en las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Loja, teniendo un ciclo vegetativo de 5 a 8 meses dependiendo de las numerosas variedades existentes entre las que se destacan actualmente INIAP Tunkahuan, Pata de Venado e Ingapirca, Cochasqui, Imbaya. (Pinto, 2019)

La quinua es un grano andino de alto valor nutricional y se caracteriza por su elevado contenido de proteína (16%) y calidad de la misma, porque posee todos los

aminoácidos esenciales y no tiene gluten, es un alimento importante en la nutrición humana por ser completo y de fácil digestión, además es rico en fibra, minerales y vitaminas. (FIASA, 2023)

La situación de la producción y distribución de alimentos en el planeta presenta desafíos de gran magnitud a los cuatro pilares de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, consumo y utilización biológica. En este contexto la quinua se constituye en un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria debido a su calidad nutritiva, su amplia variabilidad genética, su adaptabilidad y su bajo costo de producción. El cultivo de la quinua se constituye en una alternativa para que los países que tienen limitaciones en la producción de alimentos, y por lo tanto se ven obligados a importarlos o recibir ayuda alimentaria, puedan producir su propio alimento. (FAO, 2017)

El nitrógeno (N) es el nutriente más importante en la producción de cultivos, pero también uno de los más difíciles de manejar. Es fundamental para la producción agrícola mundial en particular para los principales cereales, y la quinua, pero si bien muchas partes del mundo no tienen suficientes recursos para lograr la seguridad alimentaria y nutricional, el exceso de N, se lixivian a los acuíferos y se volatiliza al medio ambiente con consecuencias dañinas. (Orchardson, 2020)

El N, es el elemento del suelo más absorbido por las plantas en condiciones normales de cultivo. La concentración de absorción de N resulta una herramienta de gran utilidad para ayudar con el manejo del mismo en los cultivos. Varios estudios realizados han establecido que el crecimiento de las plantas obtiene una mejora más significativa cuando se suministra nitrógeno en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) que cuando se suministra en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) sin embargo, aún no se ha definido la forma de nitrógeno adecuada para obtener una máxima producción. (Mengel, 2023)

## 1.2. PROBLEMA

El cultivo de la quinua en Ecuador ha sido considerado secundario, no sólo por su escasa superficie cultivada, sino por su bajo consumo per cápita (menos de 0.5 kg/persona/año) y limitado interés de la población para incrementar su producción y consumo. La provincia Bolívar tiene la tasa más alta de desnutrición crónica infantil y la quinua es una alternativa estratégica para contribuir a mejorar los sistemas de producción local y una alimentación responsable.

La quinua en el Ecuador entre las décadas del 70 y 90, fue relegada de los campos y sobre todo del consumo de los habitantes de nuestro país, incluso a través de la Ley Ecuatoriana de Semillas, misma que la catalogaba como una maleza dentro de los sistemas de producción, y como un alimento desvalorizado de la dieta de los pueblos rurales más deprimidos.

En este contexto, al ser un cultivo sin importancia desde el punto de vista estatal y de los propios consumidores potenciales, aspectos como la generación de nuevas variedades y la validación de tecnologías para el mejoramiento de sus prácticas agrícolas, pasaron a segundo plano en las instituciones llamadas a contribuir para el mejoramiento de los sistemas de producción en donde si incluía a la quinua como un componente de desarrollo agrícola.

Asociado a este escenario, las prácticas desarrolladas por los agricultores, muchas veces basadas en su empirismo, generaron un rápido deterioro de los componentes minerales del suelo y su fertilidad, degradando estos sistemas para desembocar en una pobre productividad que no alcanzaba las 0.5 toneladas por hectárea.

Otro componente importante para la inestabilidad del sistema de producción de quinua es la falta de conocimientos de los agricultores sobre sus requerimientos minerales y la disponibilidad de los mismos en los suelos; orientando el proceso de fertilización a deficientes prácticas agrícolas para el uso de fertilizantes como el nitrógeno, reduciendo su capacidad de acción y la eficiencia química a la hora de generar un metabolismo positivo en las plantas; y además su mal uso puede posibilitar acciones contaminantes del suelo y agua subterránea mediante la

lixiviación y de la misma manera se podría volatilizar actuando sobre el incremento de los gases de efecto invernadero y su efecto negativo sobre el planeta.

Con lo antes mencionado, se evidencia la necesidad de trabajar sobre la valoración de la eficiencia química del nitrógeno para los sistemas de producción de quinua con la variedad precoz INIAP Pata de Venado en donde además de la productividad y rentabilidad, se puedan considerar aspectos tecnológicos, que permitan poder generar información para así contribuir al mejoramiento y sostenibilidad de los sistemas de producción agrícolas que incluyan a la quinua como un eje de sostenibilidad a través de la seguridad y soberanía alimentaria.

### **1.3. OBEJTIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la eficiencia química del nitrógeno aplicado para la producción de quinua dulce, variedad INIAP Pata de Venado.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Validar las principales características agronómicas de quinua variedad INIAP Pata de Venado.
- Medir el efecto de la eficiencia química de cuatro dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de quinua variedad INIAP Pata de Venado.
- Establecer la Relación Beneficio - Costo (RB/C) del mejor tratamiento.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

**Hipótesis nula (H<sub>0</sub>):** La eficiencia química del nitrógeno sobre la producción de quinua variedad INIAP Pata de Venado, no depende significativamente de las dosis de fertilización y su interacción genotipo ambiente.

**Hipótesis alterna (H<sub>a</sub>):** La eficiencia química del nitrógeno sobre la producción de quinua variedad INIAP Pata de Venado, depende significativamente de las dosis de fertilización y su interacción genotipo ambiente.

## **CAPÍTULO II**

### **2.1. MARCO TEÓRICO**

#### **2.2. Origen**

La quinua es una planta andina que se originó en los alrededores del lago Titicaca de Perú y Bolivia. La quinua fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas y reemplazada por los cereales a la llegada de los españoles, a pesar de constituir un alimento básico de la población de ese entonces. La evidencia histórica disponible señala que su domesticación por los pueblos de América puede haber ocurrido entre los años 3.000 y 5.000 antes de Cristo. Existen hallazgos arqueológicos de quinua en tumbas de Tarapacá, Calama y Arica, en Chile, y en diferentes regiones del Perú. A la llegada de los españoles, la quinua tenía un desarrollo tecnológico apropiado y una amplia distribución en el territorio Inca y fuera de él. El primer español que reporta el cultivo de quinua fue Pedro de Valdivia, quien al observar los cultivos alrededor de Concepción menciona que, entre otras plantas, los indios siembran también la quinua para su alimentación. (FAO, 2013) y (Soto, et al., 2019)

#### **2.3. Taxonomía**

La clasificación taxonómica de la quinua es:

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (Dicotyledoneae)

Orden: Caryophyllales

Familia: Amaranthaceae

Subfamilia: Chenopodioideae

Género: Chenopodium

Especie: quinoa

(Acebes, 2018)

## **2.4. Descripción botánica**

### **2.4.1. Raíz**

La raíz es fibrosa, fuertemente ramificada y alcanza hasta 0,6m de profundidad. Del cuello surgen las raíces secundarias, terciarias y que se encargan de absorber agua y nutrientes del suelo. Cuanto mas alta es la planta, mas profundo es su sistemas de raíces. (Basantes, 2018)

### **2.4.2. Tallo**

El tallo en la unión con el cuello de raíz, es cilíndrico y a medida que se aleja del suelo se vuelve anguloso en las zonas de nacimiento de hojas y ramas. La corteza es firme y compacta formada por tejidos fuertes y lignificados. Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, cuando los tallos maduran la médula es esponjosa y seca y en la cosecha se cae y el tallo queda hueco o vacío. El color básico del tallo en la época de floración, puede ser verde, verde, amarillo, naranja, rosado, rojo y púrpura. En algunas variedades se puede apreciar la presencia de estrías con colores variables como el verde, amarillo, rosado y púrpura y en otras la presencia de axilas de color rosado, rojo y púrpura. (INIAP, 2019)

Las combinaciones resultantes del color básico del tallo, el color de las estrías y el color de axilas pueden ser empleados para identificar variedades. A la madurez el color del tallo, en general, se torna de un color crema o rosado con diferentes intensidades. De acuerdo al hábito de ramificación el tallo puede ser de: hábito sencillo, con un sólo tallo y una inflorescencia terminal definida. Este tipo de tallo; se encuentra predominantemente en variedades de los eco tipos del altiplano y los de los salares. Hábito ramificado con las variantes: a) las ramas laterales tienen casi la misma longitud que el tallo principal y todas terminan en panojas, y b) el tallo principal tiene mayor longitud que los tallos secundarios dando a la planta una forma cónica con la base bastante amplia. Este tipo de ramificación es más frecuente en los eco tipos de valle. El hábito de ramificación depende del genotipo y está altamente influenciado por la densidad de siembra, nutrientes y otros factores.

La cosecha mecánica puede dificultarse en las variedades ramificadas, debido a la longitud de las diversas ramificaciones con inflorescencia y al excesivo follaje. La altura de planta, desde la base del tallo al ápice de la inflorescencia, varía de 0.5 m a más de 3 m; depende de la variedad, de la densidad de siembra, de la nutrición y del medio ambiente. Generalmente las variedades de los eco tipos de valle son más altas que las del Altiplano. (Pando, 2019)

### **2.4.3. Hojas**

Las hojas tienen dos partes diferenciadas: el peciolo y la lámina. El peciolo de las hojas es largo y acanalado, su longitud depende de su origen; son más largos los peciolos que se originan directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas. El color del peciolo puede ser verde, rosado, rojo y púrpura. La lámina de la hoja tiene tres venas principales que se originan del peciolo.

Las láminas son más grandes en el follaje y más pequeñas en la inflorescencia. Las láminas son polimórficas en la misma planta. Las láminas de la planta o el follaje pueden ser triangulares o romboidales y las de la inflorescencia pueden ser triangulares o lanceoladas. (Soto, et al., 2019)

Las hojas pueden tener márgenes enteros, dentados o aserrados. El número de dientes es variable, puede variar de 3 a 20. Las hojas y las partes tiernas de la planta están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular-granular blanca, rosada o púrpura. Esta pubescencia granular contiene oxalato de calcio capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas, influenciando el comportamiento de los estomas, por lo tanto, en el proceso de la transpiración. El color de la lámina predominantemente es verde; en algunas variedades puede observarse hojas de color verde-púrpura. A la madurez las láminas se tornan amarillas, naranjas, rosadas, rojas o púrpuras. (Gómez L. , 2016)

#### **2.4.4. Inflorescencia**

Es una panoja con una longitud variable de 15 a 70 cm. Generalmente se encuentran en el ápice de la planta y en el ápice de las ramas. Tiene un eje principal, ejes secundarios y ejes terciarios. Considerando la forma y posición de los glomérulos (grupos de flores) se clasifican en amarantiformes, glomeruladas e intermedias. En el grupo amarantiformes los glomérulos están directamente insertados en el eje secundario y los glomérulos tienen una forma casi rectangular, muy semejantes a dedos. En el tipo glomerulada los glomérulos están ubicados en el eje terciario que se origina del eje secundario y toman la apariencia redondeada como las cuentas de un rosario. En el tipo intermedio los glomérulos tienen una forma no definida (entre rectangulares o redondeados). La longitud de los ejes secundarios y terciarios determina si la inflorescencia puede ser laxa, intermedia o compacta; esta última característica está asociada al tamaño de los granos, siendo los más pequeños, los formados en panojas compactas. (Pando, 2019)

#### **2.4.5. Flores**

Las flores se pueden clasificar según sean hermafroditas o ginoicismo (presencia o ausencia de antera y su tamaño):

- Flores terminales hermafroditas: Son flores terminales de 2 mm de ancho que se encuentran en el eje principal y las inflorescencias axilares y en cada grupo de semillas o flores de la inflorescencia.
- Flores hermafroditas laterales: Se encuentran dispersas entre las flores femeninas y se ubican en las partes terminales de la primera, segunda e incluso tercera ramas de las inflorescencias diméricas (en las que también se desarrollan dos ramas laterales debajo del eje principal que terminan en flores y eventualmente producen flores). Este tipo suele tener perianto, pentámero y estambres. (Bhargava, 2020)

#### **2.4.6. Fruto**

Su fruto es seco e indehiscente, de forma lenticular o cilíndrica. Está formado por el pericarpio (estructura que rodea y protege al fruto), que está adherido a las capas de las semillas y contiene saponinas (esteroides naturales). (Infoagro, 2023)

#### **2.4.7. Semillas**

Presenta tres partes bien definidas que son: epispermo, embrión y perisperma. El epispermo, es la capa que cubre la semilla y está adherida al pericarpio. El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye, aproximadamente, el 30% del volumen total de la semilla y envuelve al perispermo como un anillo, con una curvatura de 320°. La radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El perispermo es el principal tejido de almacenamiento; reemplaza al endospermo y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la semilla. El color de los granos depende de la capa en observación. Si las variedades mantienen el perigonio sepaloide (sépalos de las flores) los colores son verdes, rojos y púrpura. Si se observa el pericarpio los colores pueden ser blanco, crema, amarillo, naranja, rojo, rosado, púrpura, marrón, gris y negro. Por otro lado, si el pericarpio se desprende durante el proceso de eliminación de la saponina, la capa observada es la envoltura de la semilla o epispermo y puede ser blanca, crema, roja, marrón, gris o negra. (Alarcón, 2018)

#### **2.4.8. Fenología de la quinua**

La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas con cambios externos visibles en el proceso de desarrollo de la planta, los cuales son el resultado de las condiciones ambientales. Su seguimiento es una tarea muy importante, puesto que ello servirá para efectuar futuras programaciones de las labores culturales, riegos, y de control de plagas y enfermedades, y la identificación en donde se pueda saber las épocas críticas; así mismo que puedan permitir evaluar el desarrollo del cultivo y así tener una idea concreta sobre los posibles rendimientos.. (Veas y Cortés, 2019)

## **2.5. Condiciones climáticas y edáficas**

La quinua en la sierra de Ecuador responde favorablemente a los siguientes requerimientos climáticos y edáficos:

Temperatura óptima: 7 a 17 °C.

Altitud: 2600 a 3400 msnm.

Precipitación: 700 a 1500 mm.

Textura del suelo: Franco, Franco arenoso, Franco arcillosos, Arcillosos y Negro andino

pH óptimo: 5.5 a 8.0

Drenaje: Bueno

Ciclo de cultivo promedio: 180 días (Murillo, et al., 2023)

### **2.5.1. Suelo**

El cultivo de quinua al poseer semillas de tamaño muy pequeño necesita de preferencia suelos livianos con densidades aparentes menores a 1 mg/cc, siendo los más adecuados los de tipo franco y con tendencia a arenosos. Si embargo según experiencias desarrolladas en la provincia Bolívar, muchos de los eco tipos y variedades se adaptan de manera satisfactoria en suelos arcillo- arenosos. (Silva, 2023)

### **2.5.2. pH**

El pH del suelo nos mide la cantidad de H<sup>+</sup> (iones de hidrógeno) que hay presentes en el suelo. Esto nos indica la acidez del suelo en ese momento (acidez actual). La acidez respecto el complejo de cambio (conjunto de partículas que adsorben los iones) se denomina “acidez potencial”. La acidez total de un suelo se define como la suma de la acidez actual y la potencial, pero, ¿Qué implica esto? En la actualidad se utiliza como unidad de medida de pH una variable cuantitativa que va de 0 a 14, siendo 0 extremadamente ácido y 14 extremadamente básico. (Abel, 2017)

## **2.6. Manejo integrado del cultivo**

### **2.6.1. Preparación de suelo**

La quinua presenta mejores resultados en suelos neutros y con texturas franco a franco arenoso, semi profundos, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas y sin la posibilidad de encharcamiento, especialmente en la etapa vegetativa. En suelos de texturas arenosas las plantas emergen más rápido de lo normal, pero el desarrollo de la arquitectura de la planta es débil. En suelos arcillosos el agua se anega, afectando el crecimiento de la planta, que es muy susceptible a la humedad excesiva, en suelos con bajos niveles de materia orgánica su desarrollo es también muy débil. (Veas y Cortés, 2019)

### **2.6.2. Trazado de surcos**

Técnicamente se recomienda una distancia entre hileras de siembra, de 0,60 a 0,70 m, sin embargo, en los procesos evaluativos del año 2020, en las zonas agroecológicas de Laguacoto 3 y Jatunpamba, se validaron con buenos resultados, densidades de 0.80 m y 12 kg/ha, misma que genero rendimientos de acuerdo a las variedades, en el orden de 1,5 a 2.0 t/ha. (Cortez, 2023)

### **2.6.3. Densidad y siembra**

Se recomienda utilizar de 8 a 12 kg/ha cuando la siembra es con sembradora manual o tirada por tractor y de 12 a 15 kg/ha cuando la siembra es manual. (Murillo, 2023)

## **2.7. Principales plagas y enfermedades**

Las pérdidas por estos factores, son ocasionadas por hongos como el “mildiu” (*Peronospora variabilis*), “podrición del tallo” (*Phoma heteromorphospora*), “Chupadera” (*Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*) y otros como (*Phytophthora sp*). Asimismo, se ha encontrado que, en la sierra, los “gorgojos adultos” de papa y oca (*Premnotrypes sp.*), que hacen cortes de plántulas

de quinua en la etapa de emergencia y en costa los chinches debilitan las plantas. (Senasa, 2014)

### **2.7.1. Plagas**

- **Gusano trozador o tierrero (*Agrotis deprivata Walker*)**

La mayoría de las larvas de lepidópteros plaga (Noctuidae y Pyralidae) provocan esqueletización del follaje, pero a medida que van mudando a los instares subsiguientes, cavan túneles en el suelo de los cuales salen durante la noche para alimentarse de los brotes de sus plantas hospederas (ejemplo gusanos de tela, hepiálidos y gusanos cortadores). (Koppenhöfer, 2020)

- **Minador de hojas (*Liriomyza braziliensis*) y Pulgones (*Aphis spp*)**

Los minadores de hojas adultos son de color marrón metálico y negro. Muerden y ponen huevos. Se alimentan de la savia, lo que reduce la capacidad fotosintética de las hojas, provocando que se marchiten y caigan. Esta plaga se encuentra en zonas costeras y montañosas de ambiente seco y cálido. Los ataques son más graves cuando se encuentran cerca cultivos como patatas o tomates. Los pulgones tienen más de 200 huéspedes en todo el mundo y se han convertido en una plaga importante de la quinua debido al cambio climático. Un gran número de pulgones e insectos chupadores pueden provocar el marchitamiento y la defoliación de los brotes jóvenes y también son vectores de virus. La reducción de estas plagas requiere una labranza profunda y deshierbe y está limitada por piretroides y abamectinas o insecticidas neurotóxicos. (Cruces, 2018)

### **2.7.2. Enfermedades**

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

La principal enfermedad de la quinua es el Mildiú, que generalmente ataca a las hojas volviéndolas cloróticas más o menos en forma circular para luego extenderse más hasta desecarla por completo. (Duchitanga, 2017)

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

Agente causal (*Cercospora spp*). Sobrevive en las semillas y restos de plantas. En las hojas se observan manchas pequeñas y redondas (2-3 mm) con el centro gris oscuro y el borde café rojizo. En un ataque fuerte las manchas se unen, secando partes importantes de la hoja. Las hojas adultas se marchitan y las nuevas permanecen verdes y menos afectadas. Para el control de mildiu (*Peronospora variabilis*) y mancha circular de la hoja u “ojo de gallo” (*Cercospora spp.*), en caso de que el ataque sea severo (plantas jóvenes o el tercio inferior del follaje afectado), se recomienda realizar una aplicación de Metalaxyl (Ridomil completo) en dosis de 2 kg/ha. (Chuquimarca, 2019)

## **2.8. Fertilización**

Diversos ensayos realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), tanto en condiciones de riego, como en el secano costero de la zona centro sur de Chile, han demostrado una respuesta positiva del rendimiento de grano de quinua a la aplicación de dosis crecientes de fertilizantes, aplicados en tres parcialidades (120 Unidades de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha; 60 Unidades de K<sub>2</sub>O/ha a la siembra, 75 Unidades de N/ha en 4 - 5 hojas, y 75 Unidades de N/ha en 5-6 hojas), estas dosis que deben ser ajustadas de acuerdo a la disponibilidad del suelo obtenida a través de un análisis químico. Respecto a las estrategias de parcialización del N, dado que el N 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, su presencia es fundamental para expresar el potencial productivo del cultivo. Una importante cantidad de nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína (Gómez Pando y Aguilar, 2016). Al respecto, se ha observado que combinaciones que consideran aplicaciones en la etapa de 4 - 5 hojas e inicio de ramificación (5-6 hojas), incrementan el rendimiento, dado que ocurre un incremento en la demanda por rápido crecimiento y acumulación de materia seca. (Cañete, 2021)

## **2.9. Raleo**

La densidad de plantas especificadas es suficiente para lograr buenas poblaciones de plantas 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 se pueden utilizar como forraje y las hojas se pueden utilizar como verdura para la alimentación. (Peralta, 2019)

## **2.10. Manejo integrado de malezas**

Entenderemos por un “programa de manejo integrado” a la serie de acciones aplicadas durante el año (desde barbecho y preparación de suelo hasta la post cosecha del cultivo), las que están destinadas a mantener las poblaciones de malezas por debajo de un umbral de daño técnico y económico para el cultivo, en este caso de la quinua. Dichas acciones están asociadas a distintas prácticas específicas de control de las poblaciones de malezas, las que pueden ser categorizadas en tres grupos principales: (a) control cultural; (b) control mecánico y (c) control químico. Un aspecto de importancia a ser considerado en este esquema corresponde al período crítico de control de malezas. Este corresponde al intervalo de tiempo en el cual es necesario tener el cultivo libre de las mismas, para evitar pérdidas en rendimiento. En quinua este período se ha reportado con variaciones en la literatura y lo sitúan entre 0 y 16 días después de la emergencia (DDE) del cultivo. Este valor puede variar ampliamente según las condiciones de cultivo en cada zona, pero también considerando el que las infestaciones tardías pueden producir el ya mencionado deterioro en la calidad comercial del producto. Así, Díaz et al. (2018) señalan que este periodo puede extenderse ampliamente en la temporada hasta los 90 DDE, para las condiciones de la región de la Araucanía en Chile. El que se pueda lograr establecer un control de malezas en este período crítico de control de malezas no depende de un manejo acotado a este intervalo, sino también de todas las prácticas (cultural, mecánica y química) ya mencionadas, las que son establecidas en base a un plan de manejo anual de malezas. (Castillo, 2017)

### **2.11. Cosecha**

Una vez que la quinua ha alcanzado la etapa fenológica de maduración y sus granos han cambiado de estado masoso a semi duro, este es un indicador morfológico del arribo de la cosecha. Además, podemos identificar la madurez por el cambio del color en tallos y panojas, advirtiendo la llegada de la senescencia del cultivo. En los sistemas de producción de medianos y pequeños agricultores, el principal mecanismo de cosecha es de tipo manual, para lo cual emplea una herramienta agrícola denominada hoz, con la cual se cortan los tallos para posteriormente almacenarlo por un tiempo moderado en gavillas y/o parvas donde en el mejor de los casos baja la humedad y está lista para la trilla. (Borja, 2023)

### **2.12. Trilla**

Una vez cosechada las plantas se procede a separar el grano de las panojas, y dependiendo de la cantidad de plantas cosechadas se puede desarrollar de forma manual, golpeado las panojas sobre una superficie dura, o, si existe un gran volumen de cosecha se pueden emplear trilladoras de tipo estacionario y/o combinadas. (Guambuguete, 2023)

### **2.13. Relación Beneficio/Costo (RB/C)**

El análisis coste-beneficio (ACB) es una metodología para evaluar de forma exhaustiva los costes y beneficios de un proyecto (programa, intervención o medida de política), con el objetivo de determinar si el proyecto es deseable desde el punto de vista del bienestar social y, si lo es, en qué medida. Para ello, los costes y beneficios deben ser cuantificados, y expresados en unidades monetarias, con el fin de poder calcular los beneficios netos del proyecto para la sociedad en su conjunto. Esta metodología muestra además quién gana y quién pierde (y por cuánto). Como resultado de la ejecución del proyecto. El ACB se utiliza en la evaluación ex ante como una herramienta para la selección de proyectos alternativos o para decidir si la implementación de un proyecto concreto es socialmente deseable. También

puede ser empleado ex post para cuantificar el valor social neto de un proyecto previamente ejecutado y seleccionar las mejores alternativas tecnológicas para cada zona agroecológica. (Ortega, 2021)

## **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. (Benimeli, 2019)

### **2.14.2. Ciclo del nitrógeno en el suelo**

Es el proceso a través del cual el N se mueve de la atmósfera a la tierra y se libera de nuevo a la atmósfera convirtiéndose en sus formas orgánicas e inorgánicas. Comienza con la fijación biológica del nitrógeno, que ocurre cuando las bacterias fijadoras de nitrógeno que viven en los nódulos de las raíces de las leguminosas convierten la materia orgánica en amonio y posteriormente en nitrato. Las plantas pueden absorber el nitrato del suelo y descomponerlo en el nitrógeno que necesitan, mientras que las bacterias desnitrificantes convierten el exceso de nitrato nuevamente en nitrógeno inorgánico que se libera a la atmósfera. El proceso también puede comenzar con un rayo por el cual se rompen los triples enlaces del nitrógeno atmosférico liberando sus átomos para que se combinen con el oxígeno y generen gas de óxido nitroso, que se disuelve en la lluvia como ácido nítrico y es absorbido por el suelo. El exceso de nitrato o el que se pierde por lixiviación en el que los nutrientes clave se disuelven debido a la lluvia o el riego, puede filtrarse y contaminar las corrientes de agua subterránea. (Orchardsom, 2020)

### **2.14.3. Fases del ciclo de nitrógeno**

El ciclo del N tiene varias etapas y en cuatro de ellas participan las bacterias:

- **Fijación**

Consiste en la incorporación del N atmosférico a las plantas, por medio de la enzima nitrogenasa presente en algunas bacterias y cianobacterias que habitan en el suelo y en ambientes acuáticos, en ausencia de oxígeno. Para ello, los microorganismos (*Rhizobium sp.*) que llevan a cabo esta transformación ( $N_2 > NH_3 > NO_3^-$ ) viven en el interior de nódulos, siendo las leguminosas las especies huésped en las que suelen habitar y la leg-hemoglobina el pigmento rojo que caracteriza su actividad. Según algunos autores, la cantidad de N fijado por estas bacterias en la biosfera es del orden de 200 millones de toneladas anuales. (Torres, 2018)

- **Nitrificación o mineralización**

La nitrificación es una etapa importante en el ciclo del nitrógeno en los suelos provocada por la oxidación biológica de amonio con oxígeno en nitrito, seguido por la oxidación de esos nitritos en nitratos. Este proceso fisiológico fue descubierto por el microbiólogo ruso Sergei Winogradsky, cuyos estudios se centraban en la fijación del nitrógeno por las bacterias del suelo. La oxidación del amonio en nitrito, y la subsecuente oxidación a *nitrato* es hecha por dos especies de bacterias nitrificantes:

- La primera etapa la hacen bacterias (entre otras) del género microbiológico Nitrosomonas y Nitrosococcus.
- La segunda etapa (oxidación de nitrito a nitrato) la hacen, mayormente, bacterias del género Nitrobacter.

En ambas etapas, producen energía que destinan a la síntesis de la Adenosina Tri Fosfato (ATP). Esos microorganismos nitrificantes son quimio autótrofos, y usan dióxido de carbono como su fuente de carbono para crecer. En conjunto con la amonificación, la nitrificación forma parte del proceso de mineralización, que hace referencia a la descomposición completa de la materia orgánica, con la liberación de compuestos nitrogenados disponibles para los vegetales (formas minerales, no orgánicas). (AEFA, 2022)

- **Asimilación**

Tiene lugar cuando las plantas absorben nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) o amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a través de sus raíces. En el interior de la planta, estas moléculas son metabolizadas y debidamente combinadas con azúcares y otras moléculas procedentes de la actividad fotosintética, el N se incorpora finalmente a aminoácidos, proteínas y ácidos nucleicos (ADN y ARN) u otras sustancias propias de cada especie. Los animales consumen estas sustancias y las transforman en otras similares de naturaleza animal. (Torres, 2018)

- **Amonificación**

El nitrógeno está presente en la materia orgánica, lo cual incluye los desechos de animales y organismos muertos. Se puede incluir la urea, orina de mamíferos y ácido úrico que se encuentra en el excremento de aves. En el proceso de amonificación, todos los compuestos de nitrógeno del suelo se reducen a compuestos químicos más sencillos. Esto se logra cuando los microorganismos generan proteínas a través los aminoácidos de cada composición. Como consecuencia, se libera el nitrógeno que estaba acumulado en exceso, aunque en forma de ion amonio o amoníaco. Por lo tanto, las bacterias podrán intervenir en las etapas posteriores del ciclo. (Maldonado, 2020)

- **Inmovilización**

Es el proceso contrario a la mineralización, por medio del cual las formas inorgánicas ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) son convertidas a N orgánico no asimilable. (Pérez, 2020)

- **Desnitrificación**

La reducción del nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) a N y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) a amoníaco recibe el nombre de desnitrificación. Se realiza por medio de las bacterias des nitrificadoras que revierten la acción de las bacterias fijadoras de N, con lo cual el N es devuelto a la atmósfera en forma de gas ( $\text{N}_2$ ). Este proceso ocasiona una pérdida de nitrógeno para el ecosistema; se da donde se acumula materia orgánica en condiciones anaeróbicas

y alto pH. En condiciones de mucha humedad en el suelo, la falta de oxígeno obliga a ciertos microorganismos a emplear nitrato en vez de oxígeno para respirar (obtener energía). (CICEANA, 2018)

- **Aportaciones por lluvia**

A través de las deposiciones atmosféricas, siendo las principales formas aportadas por las precipitaciones el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), estas formas también son producidas por la microflora del suelo. Para que el nitrógeno atmosférico sea utilizable por los organismos y las plantas debe ser fijado en forma de moléculas inorgánicas (amonio, nitritos y nitratos). Las descargas eléctricas que se producen durante las tormentas sintetizan óxidos de nitrógeno a partir del nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) y del oxígeno ( $\text{O}_2$ ) del aire, siendo conducidos hasta el suelo por la lluvia. Estos ingresos varían en función de la localización geográfica, estación del año y de la cantidad de partículas existentes en el aire, que dependen del grado de alteración del entorno por las actividades del hombre. Está documentado que la cantidad de nitrógeno en las precipitaciones pueden variar entre 1.12 y 56.0 kg/ha/año dependiendo de la actividad industrial, el crecimiento poblacional y la producción agropecuaria, habiendo un promedio de 48 kg/ha/año en zonas agrícolas. (Meyer, 2020)

#### **2.14.4. Formas del Nitrógeno**

El tipo de nitrógeno empleado es importante para determinar su disponibilidad. La materia orgánica ayuda a mejorar la estructura del suelo y la fertilidad, pero la liberación del nitrógeno de la misma puede ser impredecible. La urea es muy susceptible a la lixiviación y necesita ser transformada en amonio y posteriormente a nitrato para ser absorbida por las raíces, este proceso puede tardar más de una semana, especialmente con temperaturas de suelo bajas ( $<18^\circ\text{C}$ ) o altas ( $>35^\circ\text{C}$ ). El amonio con su carga positiva, se retiene mejor en el suelo, y si bien incrementa el suministro de nitrógeno del suelo a largo plazo, puede ser transformado en nitrato para su absorción radicular. Se absorben pequeñas cantidades de amonio, pero la mayor parte se convierte en nitrato para su absorción. Ambos procesos de absorción de amonio y de nitrificación, reducen el pH del suelo. (YARA, 2023)

En suelos arenosos o con baja Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), este descenso en el pH puede superar la unidad. En suelos de bajo pH pueden provocar la liberación de aluminio en cantidades que resulten fitotóxicas. En suelos de pH alto, puede haber una liberación de amoníaco gaseoso que alcance los niveles de toxicidad, reduciendo de nuevo significativamente el rendimiento. La aplicación de nitrógeno nítrico en los periodos claves, tales como el desarrollo de los cultivos, puede asegurar la disposición inmediata y el ritmo de crecimiento. También puede ayudar a la absorción de otros nutrientes, por ejemplo, el calcio. Las buenas prácticas como una fertiirrigación bien hecha, pueden minimizar el lavado de nitratos comparados con la aplicación en superficie. (YARA, 2023)

#### **2.14.5. Pérdidas de nitrógeno**

- **Volatilización de amoníaco**

La pérdida de nitrógeno por volatilización del amoníaco es quizá, la causa principal de la baja eficiencia de los fertilizantes Nitrogenados. La cuantificación de la volatilización de amoníaco después de la aplicación al suelo de fertilizantes nitrogenados de origen mineral, es importante para la gestión de N en los programas de fertilización. Aumentar la eficiencia del uso de nitrógeno es un objetivo permanente que contribuye a la disminución de los costos de producción de los cultivos y los riesgos de contaminación ambiental. La urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado en Brasil y la principal preocupación con respecto a este fertilizante es la volatilización del amoníaco, que ocurre cuando el fertilizante se aplica en la superficie. (Hernández, 2018)

- **Desnitrificación**

El nitrógeno se considera un nutriente limitante vital lo que significa que, en la naturaleza, suele ser el nutriente que más escasea, por lo que su suministro regula el crecimiento. En el lado negativo, un exceso de nitrógeno en el agua, llamada eutrofización, puede causar la proliferación de algas tóxicas que obstruye las vías navegables e interfiere con el tratamiento de agua y las operaciones de

desalinización, y además ponen en riesgo a la salud humana. Una de las posibles causas de la eutrofización puede ser debido a la escorrentía de fertilizante y la descarga a efluentes (fluido procedente de una instalación industria). Incluso por sí mismo, un exceso de nitrógeno en el agua potable es tóxico para los humanos, especialmente los bebés y las mujeres embarazadas. Es un factor de riesgo en la metahemoglobinemia, cáncer y diabetes. Debido a los peligros para la salud y el medio ambiente, la desnitrificación es un tratamiento de efluentes importante porque convierte un contaminante peligroso en un gas benigno que se puede descargar sin producir impacto ambiental alguno. (Fluence, 2019)

- **Lixiviación**

El nitrógeno se pierde de los sistemas agrícolas por diversas vías. Teniendo en cuenta que el ion  $\text{NO}_3^-$  es un anión y por tanto no puede ser retenido por las arcillas como ocurre con los cationes, es fácilmente transportado por el agua. Por tal razón, las láminas de agua excesivas o lluvias abundantes favorecen el arrastre de  $\text{NO}_3^-$  hacia estratos inferiores del perfil del suelo, fuera del alcance de las raíces.

La lixiviación puede presentar las mayores pérdidas de N, principalmente en climas húmedos, aún por encima de las pérdidas por volatilización amoniacal. Las mayores pérdidas de nitratos, ocurren cuando hay una alta concentración de nitratos en el suelo y un elevado movimiento descendente de agua en el perfil del suelo, desplazamiento que está condicionado por efectos estacionales de las precipitaciones y el riego. Este movimiento hacia abajo del soluto, no se produce en forma homogénea, sino que siempre existe cierta dispersión de nitratos en el agua del suelo. Aunque al comienzo todo el  $\text{NO}_3^-$  estuviera concentrado a la misma profundidad, por ejemplo, en la superficie del suelo, al ser arrastrado por el agua tiende a dispersarse en la misma. (Intagri, 2021)

- **Escurrimiento superficial**

Las pérdidas son inferiores a 15 % y se presentan cuando el fertilizante se aplica en superficie, sin incorporación, en suelos con pendiente. Las pérdidas son menores en siembra directa. (Quintero, 2020)

#### 2.14.6. Formas de ser absorbido por la planta

- **Forma nítrica**

El proceso de absorción de  $\text{NO}_3^-$  es activo, con gasto de energía, requiriendo la presencia de enzimas especiales, como lo son las Nitro permeasas. Éstas catalizan el pasaje de los iones  $\text{NO}_3^-$  a través de las membranas celulares, sobre todo a nivel de los pelos radiculares. Para este proceso, por lo tanto, la planta necesita haber sintetizado compuestos energéticos. La temperatura del suelo también afecta la absorción de  $\text{NO}_3^-$ , siendo esta menor a temperaturas bajas. En suelos que tienen un pH bajo a medio este proceso es máximo, inhibiéndose cuando la concentración de  $\text{NH}_4^+$  es alta. La absorción también está afectada por el molibdeno (Mo), ya que se forma una molibdo proteína en la superficie de las células de la raíz, para el transporte de  $\text{NO}_3^-$ . Cuando la planta absorbe grandes cantidades de  $\text{NO}_3^-$ , también aumenta la síntesis de ácidos orgánicos, lo cual se asocia con una acumulación de cationes inorgánicos (Ca, Mg y K). El medio circundante a los pelos radiculares se vuelve alcalino y las raíces liberan Bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) para mantener tanto la solución del suelo como el interior de la planta eléctricamente neutra. Una vez que el  $\text{NO}_3^-$  ha sido absorbido por la planta, puede ser almacenado como tal por los tejidos radiculares, o reducido y sintetizado en aminoácidos, o depositado en el xilema para ser transportado por los tallos. En los tallos y pecíolos puede existir tanto aminoácidos como  $\text{NO}_3^-$ ; éste puede ser almacenado temporariamente o moverse hacia las hojas para ser almacenado allí o reducirse. (Perdomo, 2019)

- **Forma amoniacal**

El anión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) es otra forma importante de absorción, cuando el amoníaco esta disuelto en agua recibe un protón ( $\text{H}^+$ ) cargándose positivamente. Además, forma parte de todas las sales amoniacales. (Álvaro, 2019)

#### 2.15. La producción agrícola y el nitrógeno

Tanto en las plantas como en los seres humanos, el nitrógeno se usa para producir aminoácidos, que producen las proteínas que construyen las células, y es uno de los

componentes básicos del ADN. También es esencial para el crecimiento de las plantas porque es un componente importante de la clorofila, el compuesto por el cual las plantas usan la energía de la luz solar para producir azúcares a partir del agua y dióxido de carbono (fotosíntesis). (Orchardson, 2020)

## **2.16. Urea**

Los fertilizantes nitrogenados son necesarios, ya que gracias a ellos se mejora la producción de los cultivos. La urea como fertilizante, presenta la ventaja de proporcionar un alto contenido de nitrógeno (46%), el cual, es esencial en el metabolismo de la planta. La mayor desventaja que tiene es la pérdida de nitrógeno (N) en forma de gas amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), proveniente de su descomposición al ser aplicada al suelo. Para reducir las pérdidas por volatilización y mantener una disponibilidad adecuada de N en el suelo, diferentes estrategias de manejo agronómico han sido evaluadas. La triamida N-(n-butil) tiofosfórica (NBPT), inhibidor de la ureasa, impide temporalmente la degradación enzimática de la ureasa y minimiza la pérdida por volatilización de  $\text{NH}_3$ , aumentando en consecuencia la absorción de N del fertilizante por el cultivo. (Morales, 2019)

### **2.16.1. Propiedades**

Las ventajas de este fertilizante con relación a otros son: mayor contenido de N, se puede incorporar al suelo previo a la siembra y al ser un fertilizante de reacción ácida, se puede utilizar en suelos neutros o ligeramente alcalinos, además de su bajo costo de transporte por unidad de N y un manejo más seguro. (Cantarella, 2018)

## **2.17. Nitrógeno removido por el cultivo**

La eficiencia fisiológica con la que las plantas utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido en toda la planta, los coeficientes de requerimientos de N que se utilizan en los modelos de balance son la inversa de esta eficiencia, lo que da para maíz unos 20 a 25 kg de N/t de grano. La eficiencia agronómica expresa los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la

eficiencia fisiológica del híbrido o cultivar, de la proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo.

Por lo tanto, la eficiencia agronómica varía entre un máximo igual a la eficiencia fisiológica y cero, a medida que la absorción de N se ve limitada por otro factor como la disponibilidad de agua o se incrementan las pérdidas. (Quintero, 2020)

## **2.18. Análisis de suelo**

El análisis de suelos es una herramienta de gran utilidad para diagnosticar problemas nutricionales y establecer recomendaciones de fertilización. La interpretación de los análisis se basa en estudios de correlación y calibración con la respuesta de las plantas a la aplicación de una cantidad dada del nutriente. El análisis de suelos está basado en la teoría de que existe un “nivel crítico” en relación al procedimiento analítico utilizado y a la respuesta del cultivo cuando se aplica un determinado nutriente. Cuando el nivel de un nutriente se encuentra debajo o por encima del nivel crítico, el crecimiento de la planta se verá afectado en forma negativa o positiva según dicha concentración. Con el análisis de suelos se pretende determinar el grado de suficiencia o deficiencia de los nutrientes del suelo, así como las condiciones adversas que pueden perjudicar a los cultivos, tales como la acidez excesiva, la salinidad, y la toxicidad de algunos elementos. (Molina, 2021)

El análisis de suelo permite determinar el grado de fertilidad del suelo. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, debido a que existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad, etc., que pueden limitar la producción, aun cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas. El análisis de suelos cumple con dos funciones básicas: conocer los niveles nutricionales en el suelo para establecer un programa de fertilización, y además sirve para monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo. (Molina, 2021)

### **2.19. Variedad INIAP - Pata de Venado (Taruka Chaki)**

Tiene un hábito de crecimiento erecto y sin ramificación. El color de la panoja es rosado y con panoja terminal. La altura de la planta es de 68 cm y el largo de la panoja es de 29 cm. Se cosecha a los 150 días, por lo que es precoz. El color del grano es blanco, de tamaño mediano a pequeño y con bajo contenido de saponina y resistente a Mildiú. La densidad de siembra es de 10 a 12 kg/ha de semilla certificada con un distanciamiento entre surcos de 0.40 m. Distancia entre sitios de 10 a 20 cm. Siembra a chorro continua o entre sitios 10 semillas a una profundidad no mayor a 2 cm. Tiene un rendimiento promedio de 1200 Kg/ha. Se siembra entre diciembre y enero. Realizar un análisis químico del suelo para aplicar un programa de fertilización adecuado. (INIAP, 2022)

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Ubicación y características de la investigación

- **Localización del experimento**

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 climática**

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

*Nota.* (Fuente: Estación Meteorológica UEB 2022).

- **Zona de vida**

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

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Material experimental**

Semilla de quinua variedad INIAP Pata de Venado, y como fuente de nitrógeno la urea.

### **3.2.2. Factor en estudio**

Cuatro dosis de nitrógeno.

### **3.2.3. Tratamientos**

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Fuente: Urea</b>	<b>Fuente: 10-30-10</b>
T1	10 kg N/ha (testigo)	0 kg/ha	100 kg/ha
T2	40 kg N/ha	66 kg/ha	100 kg/ha
T3	80 kg N/ha	153 kg/ha	100 kg/ha
T4	120 kg N/ha	240 kg/ha	100 kg/ha

### **3.2.4. Tipo de diseño**

Se aplicó el diseño experimental de bloques completos al azar (DBCA).

### **3.2.5. Manejo del experimento en campo**

- **Preparación del terreno**

Para la preparación del terreno se realizó con un pase de arado de discos a 30 cm de profundidad, y dos pases de rastra con el fin de eliminar terrones dejando una buena cama de siembra. La nivelación del suelo se hizo de forma manual, utilizando azadones y rastrillos previo a la actividad del surcado.

- **Trazado de parcelas**

En función del tipo de diseño experimental de Bloques Completos al Azar, con la ayuda de una cinta métrica, estacas, cal y piolas, se realizó el trazado del ensayo con tres bloques y dentro de cada bloque o repetición cuatro unidades experimentales con sus correspondientes caminos entre los bloques y las unidades experimentales. El trazado de los bloques, se efectuó en dirección contraria a la pendiente. Cada unidad experimental tuvo un área de  $20m^2$ .

- **Siembra**

La siembra, se hizo de forma manual, estableciendo previamente surcos de 5 cm de profundidad, cada 80 cm entre hileras, en donde se depositaron 30 gramos de semilla por unidad experimental, con una dosis de siembra equivalente a 12 kg/ha.

- **Fertilización**

En la fertilización química de base, se aplicaron los fertilizantes compuestos 10-30-10, más Sulpomag, en dosis de 100 y 50 kg/ha respectivamente. La cantidad aplicada por parcela fue de 300 gramos de la mezcla por cada parcela. El fertilizante químico, se aplicó al fondo del surco a chorro continuo y se tapó con una capa de suelo para que no esté en contacto con la semilla.

Para la aplicación de las dosis de 40; 80 y 120 kg/ha de N, se utilizó como fuente nitrogenada a la Urea, misma que fue aplicada el 50% de la dosis a los 40 días después de la siembra y el restante 50% en la fase de emisión de la panoja. La Urea se aplicó en banda lateral y se tapó con una capa de suelo y con buena humedad.

- **Raleo**

Aproximadamente a los 30 días después de la siembra y antes de la fertilización nitrogenada, se procedió a eliminar el exceso de las plantas en cada unidad experimental, dejando una población de entre 20 y 25 plantas por metro lineal.

- **Control de enfermedades**

Para la prevención y control de mildiú (*Peronospora variabilis*), en base a la evaluación previa del cultivo, se aplicó el fungicida Metalaxyl en dosis de 60 g/20 l de agua con una bomba de mochila. Las aplicaciones se realizaron en la etapa vegetativa e inicio de la reproductiva; es decir a los 60 y 80 días después de la siembra.

- **Control de plagas.**

El control de insectos plagas y especialmente de pulgones (*Aphis spp*), se realizó en función del umbral de daño económico. Se aplicó el insecticida Acephade en dosis de 30 g/20 l de agua con una bomba de mochila. Se efectuaron dos aplicaciones en la etapa de emisión de la panoja y en la floración.

- **Control de malezas**

El control de las malezas, se efectuó en forma manual con azadones en las actividades del rascadillo y el aporque. La quinua en la etapa de plántula es muy vulnerable a la presencia de las malezas, mismas que compiten por espacio, luz y nutrientes. También se tuvieron libre de malezas los espacios entre los bloques y las unidades experimentales, para evitar sesgos en el registro de datos

- **Aporque**

Al momento del control de malezas y la fertilización complementaria, se procedió a realizar el aporque, colocando tierra junto a los tallos de las plantas, para evitar posibles daños por volcamiento en épocas de viento en la zona de estudio.

- **Cosecha**

La cosecha se efectuó en forma manual con el uso de hoces en la fase de madurez fisiológica de cada unidad experimental. Las panojas cosechadas se colocaron en sacos con sus correspondientes etiquetas para reducir la pérdida por desgrane.

- **Trilla**

Esta labor se realizó en forma manual golpeando las panojas dentro de un saco para desprender el grano.

- **Aventado**

Con la ayuda de pequeños ventiladores y el viento leve, se separaron las impurezas y residuos de cosecha del grano de cada unidad experimental.

- **Secado**

El secado complementario del grano, se hizo en un tendal en un ambiente fresco y seco, hasta lograr que el grano alcance un porcentaje de humedad del 13%.

- **Almacenamiento**

El producto limpio, seco y clasificado, fue etiquetado y almacenado en un lugar ventilado y limpio, en envases que protejan del ataque de plagas y la humedad relativa.

### **3.2.6. Métodos de evaluación y datos tomados**

- **Porcentaje de emergencia (PE)**

En un período de tiempo entre los 8 y 12 días después de la siembra, por observación directa, se estimó el porcentaje de plántulas que emergieron en cada uno de los surcos, y en función de estos se valoró el porcentaje de emergencia en el campo.

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

La incidencia en porcentaje de mildiú, se evaluó entre los 30 y 45 días después de la siembra, contando el número de plantas enfermas y dividiendo para el número de plantas totales y esto multiplicado por 100, en cada parcela experimental, aplicando la siguiente fórmula:

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

- **Evaluación de la incidencia de áfidos (IA)**

La incidencia de áfidos en porcentaje se evaluó entre los 50 y 70 días después de la siembra, contando el número de plantas afectadas por el ataque de áfidos en cada parcela y se aplicó la siguiente relación matemática:

$$IA = \frac{N^{\circ} \text{ de platas con insectos}}{N^{\circ} \text{ de plantas evaluadas}} \times 100$$

- **Altura de planta (AP)**

Esta variable agronómica, se midió con un flexómetro en cm desde la base del tallo y hasta el ápice terminal de la inflorescencia o panoja en 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental en la etapa de madurez fisiológica y se calculó un promedio.

- **Días a la cosecha (DC)**

Este componente del rendimiento, se registró en días transcurridos desde la siembra y hasta cuando el grano estuvo en madurez fisiológica, es decir con una humedad aproximada de entre el 14 y 16%.

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

La longitud de la panoja, se midió con un flexómetro en cm desde la base de la panoja o ramificación hasta su ápice terminal en una muestra de 10 plantas tomadas al azar de cada unidad experimental en el momento de la cosecha y se calculó un promedio.

- **Diámetro de la panoja (DP)**

Esta variable, se midió en cm con un flexómetro en la parte media de 10 panojas tomadas al azar de cada unidad experimental en el momento de la cosecha se calculó un promedio.

- **Acame de tallo (AT)**

Para calcular el porcentaje de acame de tallo, se contaron el número de plantas que presentaron 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:

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

- **Acame de raíz (AR)**

Para calcular el porcentaje de acame de raíz, se contaron el número de plantas que presentaron el tallo inclinado entre 30° y 45° de cada unidad experimental en el momento de la cosecha y en función del número total de plantas por parcela, se determinó el AR, aplicando la siguiente ecuación:

$$AR = \frac{N^{\circ} \text{ de plantas acamadas}}{N^{\circ} \text{ de plantas totales}} \times 100$$

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

Una vez realizado el proceso de cosecha, trilla, aventado y secado al 13% de humedad, se tomaron al azar 100 granos de cada tratamiento y repetición y se pesaron en una balanza de precisión en g.

- **Tamaño del grano (TG)**

Con la ayuda de una zaranda de 1,5 mm de diámetro, se procedió a separar el grano en dos categorías: grano de un calibre grande (igual o mayor a 1.5 mm) y grano de tamaño pequeño (calibre menor a 1.5 mm) y los resultados se expresaron en porcentaje por categoría en función del peso total aplicando la siguiente ecuación:

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

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

Una vez cosechado y trillado el grano, se procedió a limpiar y pesar en una balanza de reloj las muestras correspondientes de cada unidad experimental, y su peso se expresó en kg/parcela. Previo a calcular el rendimiento de quinua en kg/ha, en un Determinador Portátil se determinó el porcentaje de humedad de campo o cosecha.

- **Rendimiento por hectárea (RH)**

El rendimiento en kg/ha al 13% de humedad, se calculó con la siguiente ecuación matemática:

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

**Donde:**

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

PCP = Peso de Campo por Parcela en kg.

ANC = Área Neta Cosechada en m<sup>2</sup>.

HC = Humedad de Cosecha en porcentaje (%)

HE = Humedad Estándar (13 %)

### 3.2.7 Análisis de datos

Para el análisis estadístico de las variables agronómicas de respuesta como efecto de las cuatro dosis de nitrógeno, el modelo matemático fue el diseño de Bloques Completos al Azar, según el siguiente detalle:

Fuentes de variación	Grados de libertad	CME
Bloques (r-1)	2	$I^2 e + 4/I^2 \text{ bloques}$
Tratamientos (t-1)	3	$I^2 e + 3 \Theta^2 t$
Error experimental (r-1) (t-1)	6	$I^2 e$
Total (t x r) – 1	11	

Se realizaron los correspondientes análisis de varianza (Anexo 3)). Las comparaciones de los promedios de los tratamientos cuando las pruebas de Fisher fueron significativas (Fisher protegido), se utilizó la prueba de Tukey al 5% para reducir el Error Tipo I, es decir concluir que hay diferencias estadísticas significativas cuando en realidad no las hay. Se hicieron también los análisis de correlación y regresión lineal siendo la variable dependiente el rendimiento de quinua en kg/ha. (Base de datos Anexo 2). Los gráficos se realizaron con el programa Excel, 2020.

Para hacer el análisis económico de la Relación Beneficio Costo (RB/C) del mejor tratamiento estadístico, se efectuaron sondeos de precios en las casas comerciales de los insumos y plaguicidas utilizados y el precio promedio de la quinua de grano seleccionado por kg en los mercados locales y regionales, mismo que fue de \$ 1.10/kg).

## CAPÍTULO IV

### 4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1.1 Variables agronómicas

**Tabla 1**

*Resultados de la prueba de Tukey al 5% para comparar los promedios de los tratamientos en las variables agronómicas.*

*Porcentaje de Emergencia (PE), Incidencia de Mildiú (IM), Incidencia de Áfidos (IA), Altura de Planta (AP), Longitud de Panoja (LP), Diámetro de Panoja (DP), Días a la Cosecha (DC), Acame de Tallo (AT), Acame de Raíz (AR), Peso de Cien Granos (PCG), Tamaño del Grano (TG) y el Rendimiento de grano al 13% de humedad en kg/ha (RH)*

Variable	T r a t a m i e n t o s (Dosis de N kg/ha)								CV (%)
	T1	Rango	T2	R	T3	R	T4	R	
PE (ns)	91.67	A	93.0	A	93.33	A	93.33	A	1.58
IM (*)	41.33	A	37.0	AB	34.33	B	36.0	AB	5.51
IA (**)	28.33	A	19.33	B	20.0	B	19.33	B	9.48
AP (**)	112.87	B	115.9	A	117.83	A	117.2	A	0.81
LP (**)	63.67	B	66.77	A	67.93	A	68.27	A	1.51
DP (**)	4.50	C	5.37	B	5.91	A	5.81	A	1.36
DC (*)	124.67	B	126.67	AB	128.0	AB	128.67	A	0.94
AT (ns)	0.62	A	0.45	A	0.56	A	0.45	A	30.86
AR (ns)	0.39	A	0.21	A	0.28	A	0.35	A	43.62
PCG (**)	0.22	C	0.26	B	0.33	A	0.31	A	5.22
TG (**)	61.98	B	81.90	A	85.27	A	84.82	A	1.65
RH (**)	1191.4	B	1478.0	B	1958.5	A	1889.1	A	6.52

ns: no Significativo. \* Significativo al 5%. \*\* Altamente significativo al 1%. R: rango.

Promedios con distinta letra, son estadísticamente diferentes al 5%.

La respuesta agronómica de los tratamientos (dosis de nitrógeno) para las variables porcentaje de emergencia (PE), acame de tallo (AT) y el acame de raíz (AR), fue no significativo (ns) (Tabla 1).

Para la variable porcentaje de emergencia (PE), se calculó una media general de 92.83%, con un valor del coeficiente de variación de 1.58% (Tabla 1). El promedio elevado del porcentaje de emergencia en el campo, significa que la semilla utilizada

fue de buena calidad en cuanto a la pureza física, genética, fisiológica, sanitaria y además las condiciones climáticas en este proceso de germinación y emergencia de las plántulas fueron favorables especialmente en relación a la temperatura y humedad.

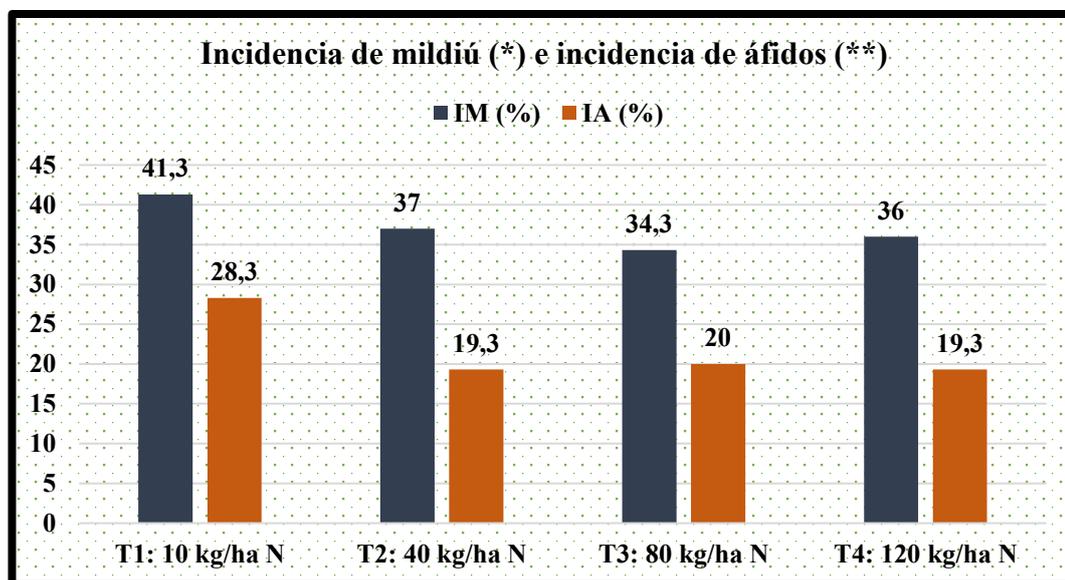
Para los componentes acame de tallo (AT) y acame de raíz (AR) se registraron medias generales muy bajas de 0.52% y 0.31% con valores del coeficiente de variación de 30.86% y 43.62% respectivamente (Tabla 1).

La variedad de quinua INIAP Pata de Venado, es resistente al acame del tallo y de la raíz, por su baja altura de planta y un tallo resistente (Mazón, 2008). Los valores del coeficiente de variación son elevados por cuanto están relacionados estrechamente con el ambiente y particularmente con los vientos y no están bajo el control del investigador. Las variables acame de tallo y de raíz, son características varietales y tienen una fuerte interacción genotipo ambiente.

El efecto de los tratamientos (dosis de N) sobre las variables de respuesta: incidencia de mildiú, incidencia de áfidos, altura de planta, longitud y diámetro de la panoja, días a la cosecha, peso de cien granos, tamaño del grano y el rendimiento de quinua, fueron estadísticamente diferentes (Tabla 1).

**Figura 1**

*Resultados promedios variables incidencia de mildiú y de áfidos.*



En la variable incidencia de mildiú (IM), el promedio más alto se registró en el T1 (10 kg/ha de N) con 41.33% y rango “A”. El promedio inferior se determinó en el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con el 34.33% (Tabla 1 y Figura 1).

La incidencia de la enfermedad mildiú está relacionada directamente con la nutrición de la planta y una fuerte interacción genotipo ambiente. El T1, presentó el promedio más alto, porque fueron plantas menos desarrolladas, pues a valores más altos de la incidencia de mildiú, mayor defoliación, por tanto, se reduce la eficiencia de fotosíntesis y con plantas pequeñas, panojas más cortas en longitud y diámetro. El N es determinante en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

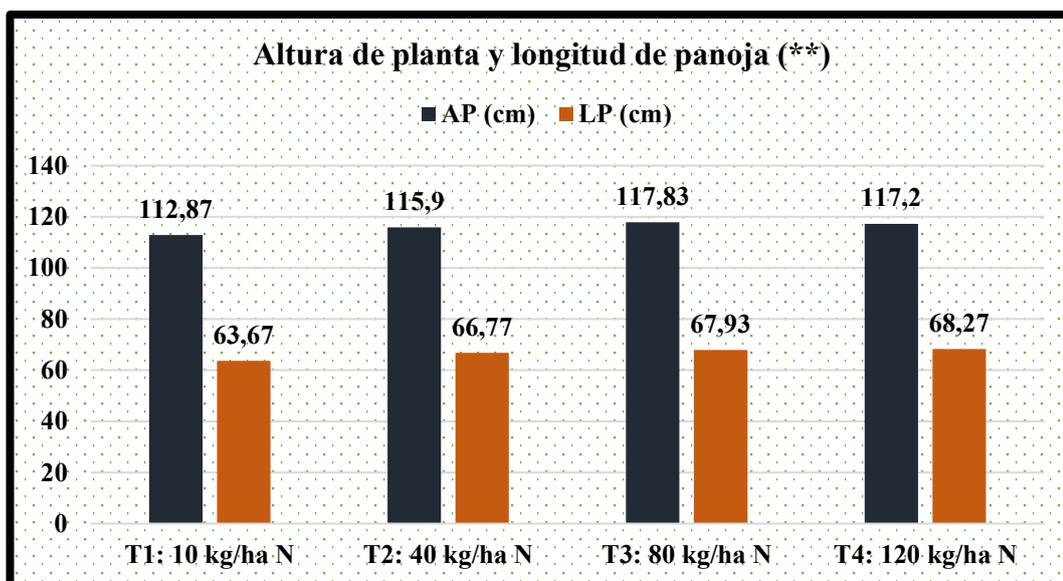
En la variable incidencia de áfidos (IA), el promedio superior presentó también el tratamiento T1 (10 kg/ha de N) con 28.33% y rango “A”. Los promedios inferiores se determinaron en los tratamientos T2 (40 kg/ha de N), T3 (80 kg/ha de N) y el T4 (120 kg/ha de N), con 19.33%; 20.00% y 19.33% respectivamente (Tabla 1 y Figura 1). La presencia de los insectos plaga como los pulgones en el cultivo de quinua, en la sierra de Ecuador es un efecto directo del cambio climático, mismo que está relacionado en la zona agroecológica de Laguacoto con temperaturas más elevadas

y una deficiente distribución y cantidad de la precipitación. Los pulgones tienen un aparato bucal picador chupador y causan un marchitamiento severo a las hojas más tiernas del follaje, reduciendo la capacidad de fotosíntesis y generando mayor defoliación.

La variedad INIAP Pata de Venado, cuando se liberó oficialmente en el año 2008, fue resistente a mildiú (Mazón, 2008); sin embargo, actualmente ya presentó una media general de 37.17% y el tratamiento T1 con 10 kg/ha de N, fue el más susceptible con el 41.33% y esto está relacionado directamente con la nutrición de la planta y el ambiente.

## Figura 2

*Resultados promedios variables altura de planta y longitud de panoja.*



La respuesta de los tratamientos (Dosis de N) en relación a las variables agronómicas altura de planta (AP) y longitud de la panoja (LP) fue muy diferente (\*\*) (Tabla 1).

Para la variable altura de planta, el promedio más elevado se tuvo en el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con 117.83 cm, y con un promedio estadísticamente similar (mismo rango “A”) el T4 (120 kg/ha de N) con 117.20 cm. El promedio inferior, se calculó en el tratamiento T1 (10 kg/ha de N) con 112.87 cm (Tabla 1 y Figura 2).

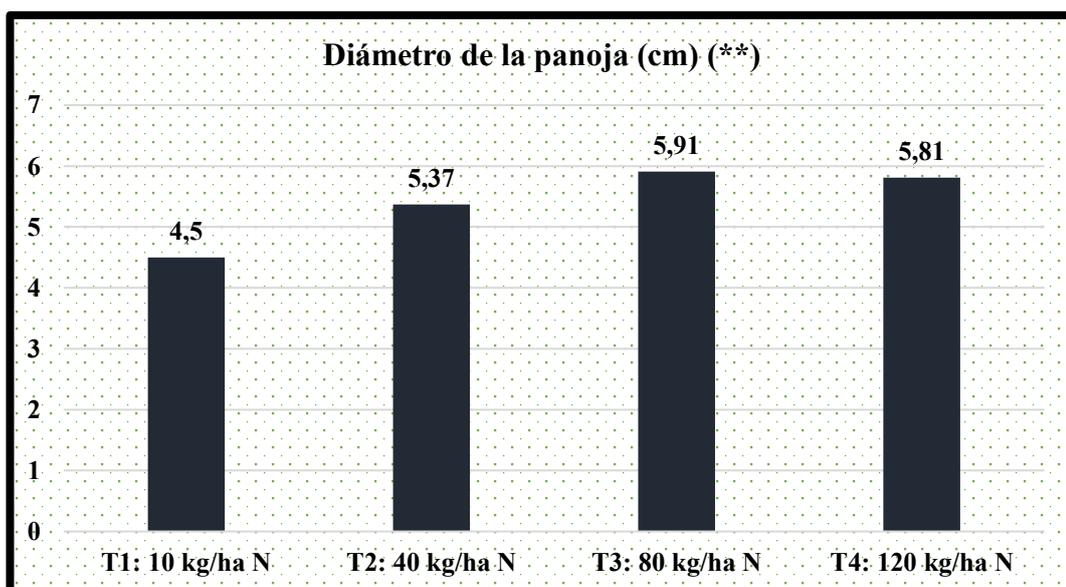
Estos resultados demuestran una tendencia lineal, es decir a mayor dosis de N, plantas más altas, aunque se observa un punto de inflexión al pasar de 80 a 120 kg/ha (Respuesta cuadrática) (Tabla 1 y Figura 2).

Para la longitud de la panoja (LP), observando los promedios de los cuatro tratamientos, claramente hay una respuesta de tipo lineal, es decir a mayor cantidad de N en kg/ha, mayor fue la longitud de la panoja. Se reporta el promedio superior en el tratamiento T4 (120 kg/ha de N) con 68.27 cm, seguido del T3 (80 kg/ha de N) con 67.93 cm y el menor promedio en el T1 (10 kg/ha de N) con 63.67 cm (Tabla 1 y Figura 2). Las variables altura de planta y longitud de la panoja presentaron una relación directa y positiva, es decir, plantas más altas, mayor longitud de la panoja.

Los resultados obtenidos en esta investigación, para las variables altura de planta y longitud de la panoja son más elevados en comparación a los reportados por (Mazón, 2008) en la variedad INIAP Pata de Venado con un valor promedio de 68.6 cm para la altura de planta y 29.0 cm para longitud de la panoja lo que demuestra la fuerte interacción genotipo ambiente.

### Figura 3

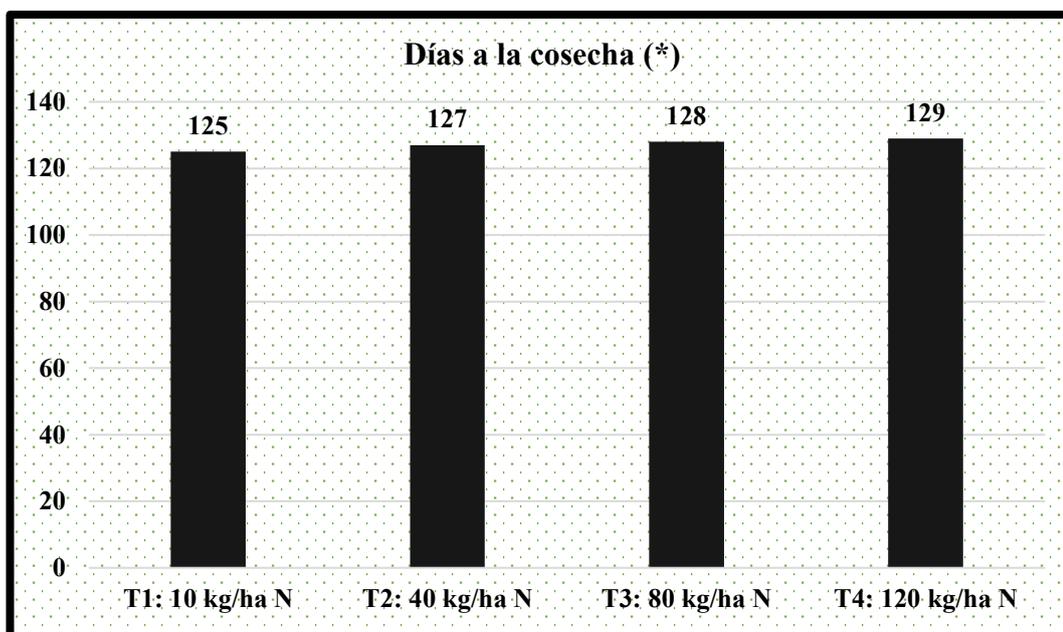
*Resultados promedios variable diámetro de la panoja.*



Observando los promedios de los tratamientos (Dosis de N kg/ha) de la variable diámetro de la panoja (DP), se determina una respuesta lineal al pasar de 10 kg/ha de N hasta los 80 kg/ha de N y con un punto de inflexión en el tratamiento T4 (Tabla 1). Se reportó el promedio más alto en el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con 5.91 cm, seguido del T4 (120 kg/ha de N) con 5.81 cm compartiendo el mismo rango “A”. El promedio menor se determinó en el tratamiento T1 (10 kg/ha de N) con 4.50 cm y rango “C” (Tabla 1 y Figura 3). El diámetro de la panoja, es un atributo varietal y que además depende del tipo de panoja y ramificación.

**Figura 4**

*Resultados promedios variable días a la cosecha.*



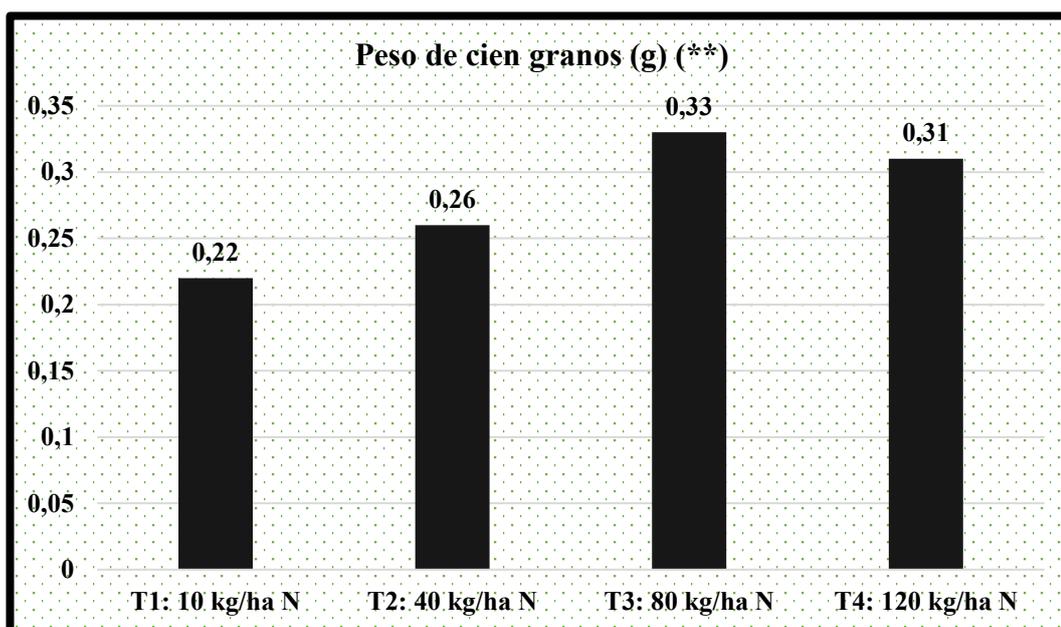
Las dosis de N evaluadas en este experimento, incidieron sobre la variable días a la cosecha (DC), misma que está relacionada con el ciclo de cultivo. El promedio inferior se registró en el tratamiento T1 (10 kg/ha de N) con 125 días y el promedio superior en el T4 (120 kg/ha de N), es decir se presentó una respuesta de tipo lineal a mayores dosis de N, promedios más elevados en la variable días a la cosecha o ciclo de cultivo (Tabla 1 y Figura 4).

Los resultados obtenidos en este ensayo, fueron más precoces a los reportados por (Mazón, 2008) con la variedad INIAP Pata de Venado con un promedio de 151 días a la cosecha. Esta respuesta diferente confirma la interacción genotipo ambiente especialmente relacionados con la altitud, temperatura, cantidad y distribución de la precipitación y la presencia e intensidad del viento.

La variedad de quinua INIAP Pata de Venado fue liberada y recomendada su cultivo por el INIAP en un rango de altitud de 2800 a 3800 msnm (Mazón, 2008), por tanto, la zona agroecológica de Laguacoto está a una menor altitud, por lo que el ciclo de cultivo fue más precoz.

### Figura 5

*Resultados promedios variable peso de cien granos.*



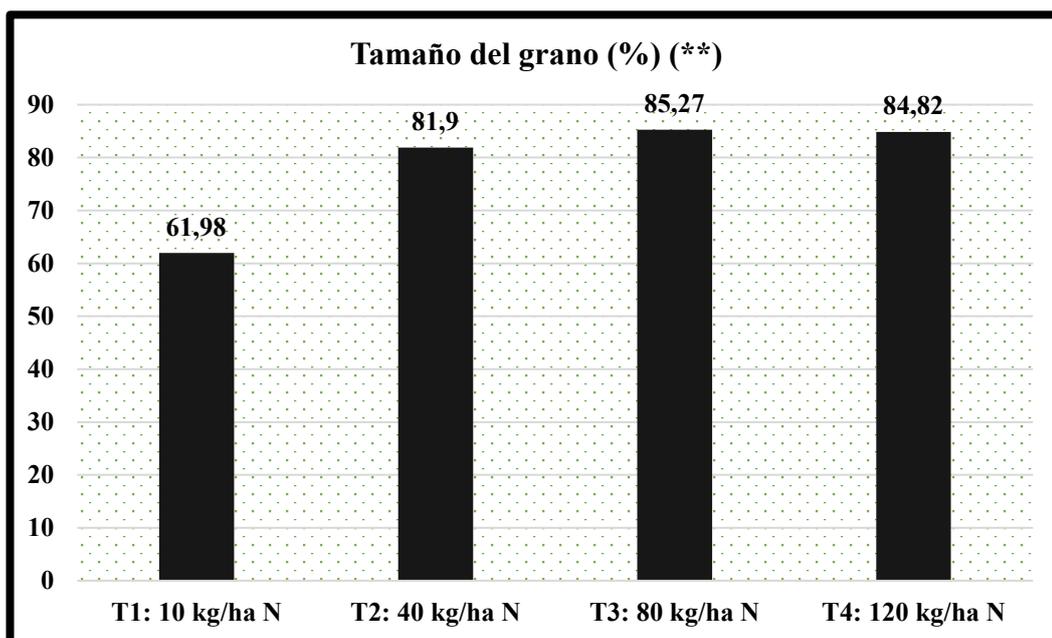
Las dosis de nitrógeno evaluadas en este experimento, incidieron significativamente sobre la variable peso de cien granos (PCG) con una respuesta de tipo lineal al pasar de 10 hasta los 80 kg/ha y un punto de inflexión o cambio de dirección de 80 a 120 kg/ha de N (Tabla 1). El promedio superior se obtuvo en el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con 0.33 g, seguido del T4 (120 kg/ha de N) con

0.31 g, compartiendo el mismo rango “A”. El promedio inferior, se determinó en el tratamiento T1 (10 kg/ha de N) con 0.22 g (Tabla 1 y Figura 5).

Los valores obtenidos en este experimento en la variable peso de cien granos, son ligeramente menores a los reportados por (Mazón, 2008) de la variedad INIAP Pata de Venado con un promedio de 0.36 g. 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.

**Figura 6**

*Resultados promedios variable tamaño del grano.*



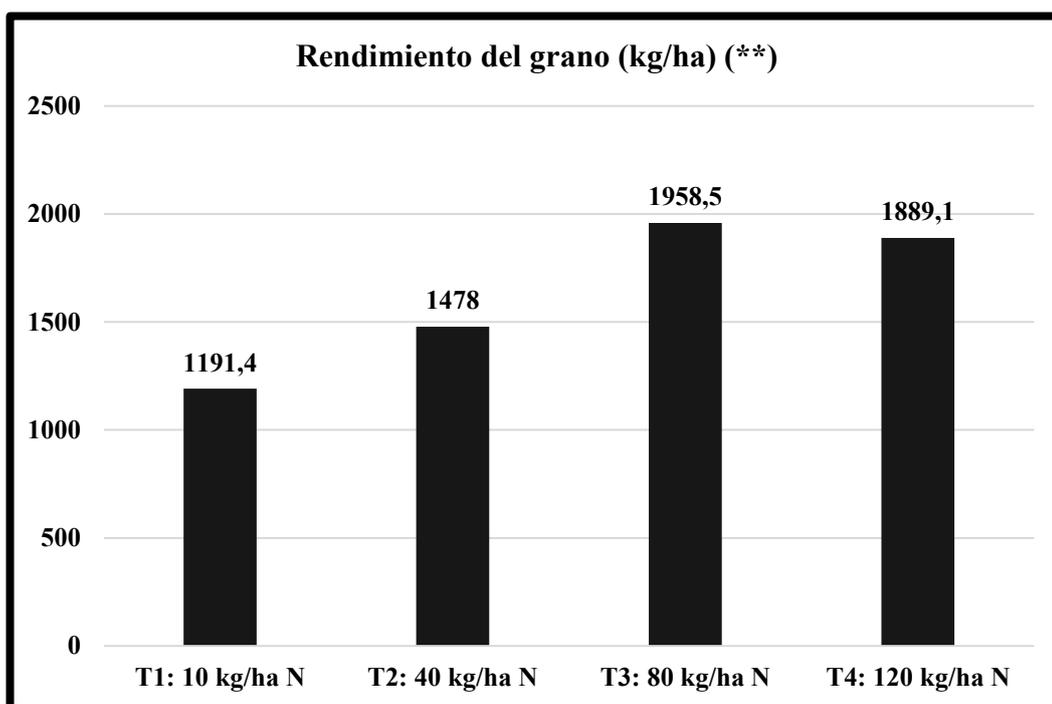
El efecto de los tratamientos (dosis de N), en cuanto a la variable tamaño o calibre del grano (TG) fue muy diferente. El promedio más alto se registró en el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con el 85.27% de grano de tamaño grande con un calibre mayor de 1.5 mm, seguido del T4 (120 kg/ha de N) con el 84.82% y el menor promedio presentó el tratamiento T1 (10 kg/ha de N) con el 61.98% de grano de tamaño

grande o de primera (Tabla 1 y Figura 6). Claramente a menores dosis de nitrógeno, se redujo el porcentaje de grano de tamaño grande.

El nitrógeno, incide directamente en el tamaño del grano por cuanto es el componente principal de las diferentes proteínas. La variedad INIAP Pata de Venado tiene un contenido promedio de 16.78% de proteína (Mazón, 2008). El contar con tamaño de grano grande, puede ser un aspecto positivo a la hora de la comercialización, ya que tanto el comercio como los consumidores, generalmente juzgan el grano por su tamaño al momento de su adquisición.

**Figura 7**

*Resultados promedios variable rendimiento de grano en kg/ha.*



La respuesta de los tratamientos (Dosis de N) en relación a la variable más importante como es el Rendimiento (RH) de quinua fue muy diferente. El promedio más elevado se calculó en el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con 1958.50 kg/ha, seguido del tratamiento T4 (120 kg/ha de N) con 1889.10 kg/ha y el menor promedio se tuvo en el tratamiento T1 (10 kg/ha de N) con 1191.40 kg/ha (Tabla 1 y Figura 7).

Los rendimientos promedios de los tratamientos T2; T3 y T4 de esta investigación son superiores a los reportados por (Mazón, 2008) 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, variedad Pata de Venado y que el nitrógeno está actuando favorablemente sobre un incremento significativo de su rendimiento.

#### 4.1.2 Coeficiente de variación (CV)

En esta investigación, los valores del CV calculados en las variables que estuvieron bajo el control del investigador, son muy bajos y se tuvieron valores mayores al 20% en los componentes o variables que no estuvieron bajo el control del investigador como fueron la incidencia de áfidos y de mildiú (Tabla 1). Por tanto, las inferencias, conclusiones y recomendaciones de este estudio son válidas para esta zona agroecológica de Laguacoto III con la variedad de quinua INIAP Pata de Venado.

#### 4.1.3 Análisis de correlación y regresión lineal.

**Tabla 2**

*Resultados del análisis de correlación y regresión lineal de las variables independientes que presentaron significancia estadística positiva o negativa con el rendimiento de quinua.*

<b>Variables independientes (Componentes del rendimiento)</b>	<b>Coefficiente de Correlación "r"</b>	<b>Coefficiente de regresión "b"</b>	<b>Coefficiente de determinación "R<sup>2</sup>" %</b>
Altura de planta (**)	0.8257	121.063	68
Días a la cosecha (**)	0.8587	151.405	74
Diámetro de la panoja (**)	0.8527	439.623	71
Longitud de la panoja (**)	0.7663	105.856	59

Peso de cien granos (**)	0.9294	6666.84	86
Tamaño del grano (**)	0.8555	28.4122	73
Incidencia de mildiú (*)	-0.6267	-51.2864	39
Incidencia de pulgones (*)	-0.6366	-49.6734	41

\* Significativo al 5%. \*\* Altamente significativo al 1%.

- **Coefficiente de correlación “r”**

Se determinó una correlación altamente significativa (\*\*) y positiva entre las variables altura de planta, días a la cosecha, diámetro y longitud de la panoja, peso de cien granos y el tamaño del grano versus el rendimiento de quinua; y además se presentó una estrecha significativa y negativa entre las variables incidencia de mildiú y de pulgones versus el rendimiento (Tabla 2).

- **Coefficiente de regresión “b”**

En esta investigación los componentes agronómicos que incrementaron significativamente el rendimiento de quinua fueron los valores promedios más elevados de altura de plantas, días a la cosecha (tratamientos más tardíos), longitud y diámetro de la panoja, peso de cien granos y el tamaño del grano. Sin embargo, las variables que redujeron el rendimiento de quinua fueron los mayores porcentajes de la incidencia de mildiú y de pulgones (Tabla 2).

- **Coefficiente de determinación ( $R^2$  %)**

El coeficiente de determinación es un estadístico que mide en qué porcentaje se incrementa o reduce el rendimiento (variable dependiente o de respuesta) por efecto de los componentes agronómicos del mismo y su valor máximo es de 100% (Beaver, 2019).

#### **4.1.4 Análisis económico de la Relación Beneficio/Costo (RB/C)**

Para hacer el análisis económico de la RB/C, se seleccionó el tratamiento estadístico con el promedio más elevado del rendimiento de quinua en kg/ha, mismo que fue el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con 1959 kg/ha al 13% de humedad. De acuerdo a sondeos de precios de la quinua de grano seleccionado en los mercados locales y regionales, se determinó un precio promedio de \$ 1.10/kg para el año 2022-2023.

El análisis económico de la RB/C, se realizó en función de los costos directos e indirectos de la producción de una hectárea de quinua.

**Tabla 3***Costos de producción de una hectárea de quinua. Guaranda, 2023.*

- **Costos directos (CD) (\$/ha) – (T3)**

<b>Actividad y/o concepto</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario \$</b>	<b>Valor parcial \$</b>
<b>Preparación del suelo con maquinaria agrícola</b>				
Arado	Hora/tractor	4	20	80.00
Rastra	Hora/tractor	2	20	40.00
Surcado	Hora/tractor	2	20	40.00
<b>Subtotal \$/ha</b>				<b>160,00</b>
<b>Compra de semilla, fertilizantes y plaguicidas</b>				
Semilla seleccionada de quinua	Kg	10	1.50	15.00
Fertilizante 10-30-10	Kg	100	0.76	76.00
Sulpomag	Kg	50	0.80	40.00
Urea	Kg	174	0.56	97.44
Insecticida Cipermetrina	L	1	10.00	10.00
Fungicida Metalaxyl	Kg	2	20.00	40.00
Fijador Fijafix	L	0.5	5.00	2.50
<b>Subtotal \$/ha</b>				<b>280.94</b>
<b>Labores culturales (mano de obra)</b>				
Fertilización, siembra y tape	Jornal	8	15	120.00
Rascadillo y aporque	Jornal	16	15	240.00
Controles fitosanitarios	Jornal	4	15	60.00
<b>Subtotal \$/ha</b>				<b>420,00</b>
<b>Proceso de cosecha</b>				
Corte, recolección, trilla y aventado	Jornal	25	15	375.00
Pago servicio de trilladora	Kg	1959	0.08	156.72
Sacos	Saco	45	0.25	11.25
Piola plástica	Kg	1	3.5	3.50
Transporte	Quintal	43	0.5	21.50
<b>Subtotal \$/ha</b>				<b>567.97</b>
<b>Total, Costos directos \$/ha</b>				<b>1428.91</b>
<b>• Costos indirectos (CI) \$/Ha.</b>				
Renta de la tierra				200.00
Interés anual 14% (seis meses: 7%)				100.02
Administración 5% Capital Circulante				71.45
Póliza de seguro agrícola				20.00
<b>Total, Costos indirectos \$/ha</b>				<b>391.47</b>
<b>Gran Total CD + CI \$/Ha</b>				<b>1820.38</b>

**Tabla 4***Relación beneficio/costo*

<b>Concepto</b>	<b>Tratamientos</b>			
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
<b>Rendimiento promedio kg/ha</b>	1191,4	1478	1958,5	1889,10
<b>Ingreso bruto</b>	1310,54	1625,8	2154,35	2078,01
<b>Total, costos que varían</b>	1711,24	1767,69	1820,38	1874,94
<b>Total, beneficio neto</b>	-400,70	-141,89	333,97	203,07
<b>Relación Beneficio Costo RB/C</b>	-0,23	-0,08	0,18	0,11

El cultivo de quinua tiene un gran potencial en varias zonas agroecológicas de la zona media (entre 2400 y 2800 msnm) y alta (entre 2800 y 3400 msnm), principalmente en las localidades de Guaranda, Chimbo y San Miguel, de la Provincia Bolívar. El análisis económico de la Relación Beneficio/Costo, con la alternativa tecnológica del mejor tratamiento que fue el T3 (80 kg/ha de N + 100 kg/ha de 10-30-10 + 50 kg/ha de Sulpomag), presentó un costo total (costos directos + costos indirectos) de \$ 1820.38/ha, con un Beneficio Neto de \$333,97/ha, una RB/C de 0.18, lo que significa que el productor por cada dólar invertido, tiene una ganancia neta de 18 centavos.

#### **4.2. Comprobación de la hipótesis**

De acuerdo a la evidencia de los datos técnicos, y sus diferencias estadísticas en la mayoría de los componentes evaluados, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna debido a que la eficiencia química en el cultivo de quinua, dependió de los niveles de nitrógeno empleados.

## CAPÍTULO V

### 5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de los análisis estadísticos, agronómicos, económicos y en relación a los objetivos específicos planteados, se sintetizan las siguientes conclusiones:

- La quinua variedad INIAP Pata de Venado debido a sus características morfológicas, agronómicas y varietales, demostró su resiliencia al cambio climático por su tolerancia a la sequía, calor, alta radiación solar y a los fuertes vientos y además respondió favorablemente a las dosis de N; en la zona agroecológica de Laguacoto, cantón Guaranda, provincia Bolívar.
- El rendimiento promedio más alto y con una respuesta lineal y mayor eficiencia química se tuvo en el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con 1959 kg de rendimiento por hectarea.
- Para la variedad INIAP Pata de Venado, los componentes agronómicos independientes que incrementaron significativamente el rendimiento de quinua, fueron los promedios superiores altura de planta, ciclo de cultivo (días a la cosecha), diámetro y longitud de la panoja, peso de cien granos, y el tamaño del grano. Las variables que redujeron el rendimiento fueron los mayores porcentajes de la incidencia de mildiú, pulgones y tamaño pequeño del grano.
- La mejor alternativa tecnológica desde el punto de vista estadístico y económico fue el tratamiento T3 (80 kg/ha de N) con un beneficio neto de \$ 333.97/ha, y una RB/C de 0.18; es decir con una ganancia neta de 18 centavos por cada dólar invertido.

## 5.2. RECOMENDACIONES

En función de las principales conclusiones, se derivan las siguientes recomendaciones:

- Para la zona agroecológica de Laguacoto III, se recomienda la variedad de quinua INIAP Pata de Venado por su precocidad y resiliencia al cambio climático.
- Realizar la transferencia de tecnología a los productores a través de parcelas demostrativas o en huertos familiares con la variedad INIAP Pata de Venado y una fertilización óptima química de 80 kg/ha de nitrógeno.
- Validar el cultivo de quinua variedad INIAP Pata de Venado en el sistema de producción intercalado con leguminosas como: lenteja precoz INIAP 406, habilla común o fréjol arbustivo para reducir las dosis de N sintético.
- En zonas agroecológicas que disponen de riego dentro del cantón Guaranda como son Santa Fe, San Vicente, LLacán, Vinchoa y San Lorenzo fomentar el cultivo de quinua INIAP Pata de Venado en el sistema de relevo después de cosechar el maíz en choclo.
- Producir semilla de calidad a través del Programa de Semillas de la Universidad Estatal de Bolívar para el fomento y difusión a los productores y de esta manera diversificar los sistemas de producción y contribuir a la seguridad alimentaria y reducir la tasa de desnutrición crónica infantil.

## **Bibliografía**

- Abel, J. (10 de 01 de 2017). pH del suelo, el gran infravalorado. Obtenido de Fertibox análisis agrícola: [https://www.fertibox.net/single post/2017/01/11/ph del suelo el gran infravalorado](https://www.fertibox.net/single-post/2017/01/11/ph-del-suelo-el-gran-infravalorado)
- Acebes, J. (01 de 02 de 2018). Chenopodium quinoa Willd. por que nos interesa conocerla . Obtenido de Universidad de La Laguna: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/8687/Chenopodium%20quinoa%20Willd.%20%C2%BFPor%20que%20nos%20interesa%20conocerla.pdf?sequence=1>
- AEFA. (30 de 01 de 2022). Nitrificación. Obtenido de AEFA 25: [https://aefa agronutrientes.org/nitrificacion](https://aefa.agronutrientes.org/nitrificacion)
- Álvaro, G. (2019). Fertilización nitrogenada: nitrógeno amoniacal, uréico y nitrato. SN: Fertibox
- Basantes, E. (2018). Manejo de cultivos andinos del Ecuador. San Golqui: ESPE.
- Bastida, O. (09 de 01 de 2023). Estadísticas mundiales de producción de quinoa. Obtenido de Blog agricultura: [https://blogagricultura.com/estadisticas quinoa produccion/](https://blogagricultura.com/estadisticas-quinoa-produccion/)
- Benimeli, M. (01 de 01 de 2019). El nitrógeno del suelo. Obtenido de Universidad Nacional de tuman.<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjxpu9hT8AhWcSzABHcfFCA8QFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fs9a0d11af78cd478d.jimcontent.com%2Fdownload%2Fversion%2F0%2Fmodule%2F7953478176%2Fname%2FEI%2520nitrogeno%2520del%2520s&usg=AO>
- Bhargava, A. &. (2013). Innovations in Health Value and Functional Food Development of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd). EEUU: NA.
- Borja, B. (03 de 01 de 2023). Evaluacion agronomica y morfologica de 9 accesiones de quinua en Jatunpamba. (M. G, Entrevistador)
- Cantarella, e. a. (05 de 12 de 2018). Urea una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. Obtenido de scielo: <https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S200709342-019000801875>

- Cañete, A. e. (2021). Manual técnico para el manejo orgánico, convencional e industrial del cultivo de quínoa en la zona centro sur de Chile. Chile: Polo granos ancestrales
- Castillo, D. (13 de 12 de 2017). Manwjo agronmico quinua. Obtenido de FIA/CL: [https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/148406/PY20170495 MA 11 Quinoa.pdf?sequence=9&isAllowed=y](https://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/148406/PY20170495_MA_11_Quinoa.pdf?sequence=9&isAllowed=y)
- Chuquimarca, J. (2019). Evaluación de la adaptación y rendimiento de diez líneas de quinua (*Chenopodium quínoa* W), en la parroquia Calpi cantón Riobamba provincia de Chimborazo. Riobamba: ESPOSH
- CICEANA. (2018). Ciclo del Nitrógeno. Mexico: CICEANA.
- Cortez, A. (03 de 01 de 2023). Evaluacion agronómIca de 9 accepciones de quinua, en la Provincia Bolivar . (G. Morales, Entrevistador)
- Cruces, C. (2016). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la. Santiago: FAO
- Duchitanga, S. (2017). Evaluación del rendimiento y rentabilidad de quinua *Chenopodium quinoa* Willd con la utilización de abonos agroecológicos en la parroquia Tarqui (Sur del Ecuador). Cuenca: Universidad de cuenca .
- FAO. (01 de 07 de 2013). Año internacional de la quinua . Obtenido de FAO: [https://www.fao.org/quinoa/2013/what is quinoa/origin and history/es/?no mobile=1](https://www.fao.org/quinoa/2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/?no-mobile=1)
- FAO. (01 de Julio de 2017). La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Obtenido de <https://www.fao.org/3/aq287s/aq287s.pdf>
- FIASA. (4 de Julio de 2023). Repositorio Digital INIAP. Obtenido de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/6047>
- Fluence. (06 de 05 de 2019). Qué es la Desnitrificación. Obtenido de fluencecorp: [https://www.fluencecorp.com/es/que es la desnitrificacion/](https://www.fluencecorp.com/es/que-es-la-desnitrificacion/)

- Gómez. (01 de 03 de 2016). Guía del cultivo de la quinua. Obtenido de FAO: <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
- Gómez, L. (2016). Guía de cultivo de la quinua. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina
- Guambuguete, R. (09 de 01 de 2023). Evaluacion agronomica de 6 acepciones de quinua en la localidad de Tandaguan. (G. Morales, Entrevistador)
- Hernández, J. (07 de 11 de 2018). Volatilización de amoníaco desde diferentes fuentes nitrogenadas aplicadas en caña soca. Obtenido de atamexico: [https://www.atamexico.com.mx/wp\\_content/uploads/2018/11/7. CAMPO NUTRICI%C3%93N.pdf](https://www.atamexico.com.mx/wp_content/uploads/2018/11/7_CAMPO_NUTRICI%C3%93N.pdf)
- Infoagro. (09 de 01 de 2023). El cultivo de la quinoa. Obtenido de Infoagro: [https://www.infoagro.com/documentos/el cultivo quinoa.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_quinoa.asp)
- INIAP. (10 de 12 de 2022). Quinoa INIAP Pata de Venado. Obtenido de INIAP: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2614/1/iniapscpl261.pdf>
- Intagri. (08 de 02 de 2021). Lixiviación de nitratos en agricultura. Obtenido de intagri: [https://www.intagri.com/articulos/suelos/lixiviacion de nitratos en agricultura](https://www.intagri.com/articulos/suelos/lixiviacion_de_nitratos_en_agricultura)
- Koppenhöfer, A. (10 de 02 de 2020). Microbial control of insect pests of turfgrass. Obtenido de Microbial Control of Insect and Mite Pests: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31453/1/010%20Tesis%20maestr%C3%ADas%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20%20Telenchana%20Norma.pdf>
- Maldonado, Y. (02 de 01 de 2020). Ciclo del nitrógeno: Etapas, importancia y características. Obtenido de Geologiaweb: [https://geologiaweb.com/geologia general/ciclo nitrogeno/](https://geologiaweb.com/geologia_general/ciclo_nitrogeno/)
- Mengel, K. (09 de 01 de 2023). Uso eficiente del nitrógeno en agricultura: formas de absorcion, aplicacion y efectos beneficiosos. Obtenido de Info agro: [https://www.infoagro.com/documentos/uso eficiente del nitrogeno agricultura formas absorcion aplicación y efectos beneficiosos.asp](https://www.infoagro.com/documentos/uso_eficiente_del_nitrogeno_agricultura_formas_absorcion_aplicación_y_efectos_beneficiosos.asp)

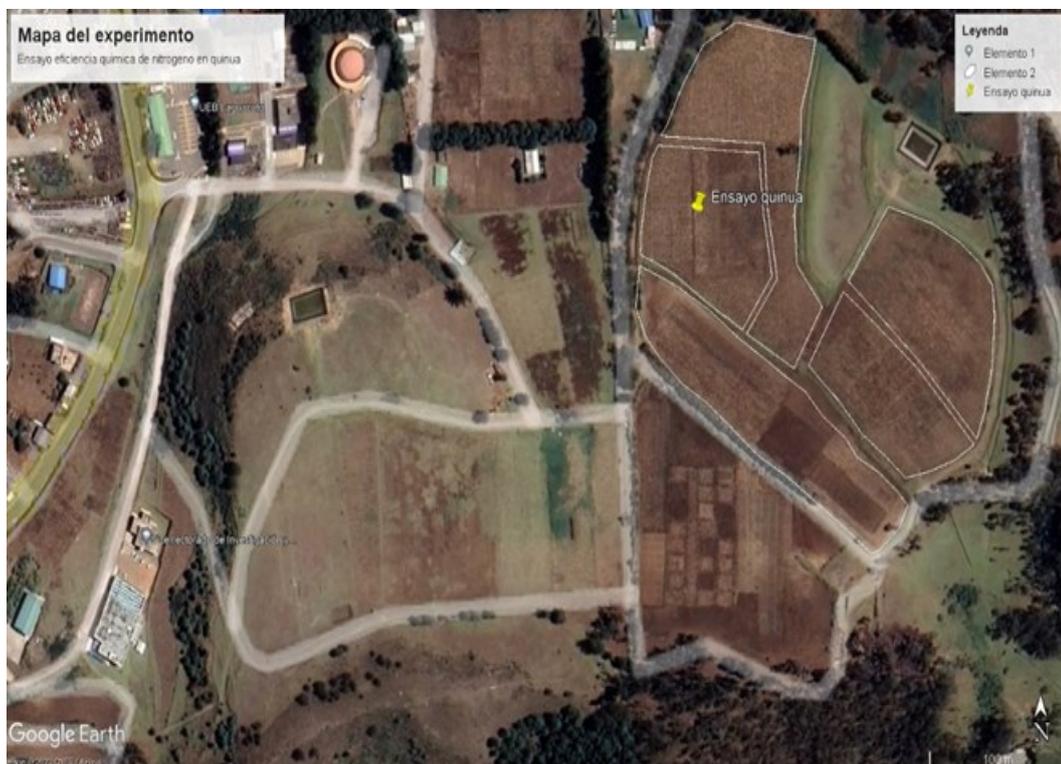
- Meyer, J. (10 de 06 de 2020). Importancia del nitrógeno en la producción agrícola en zonas áridas . Obtenido de Inta.gob.ar: [https://repositorio.inta.gob.ar/xmli/bitstream/handle/20.500.12123/12936/INTACR La Pampa San Luis EE A San Luis Meyer J.N. Importancia%20del%20nitrogeno%](https://repositorio.inta.gob.ar/xmli/bitstream/handle/20.500.12123/12936/INTACR%20La%20Pampa%20San%20Luis%20EE%20A%20San%20Luis%20Meyer%20J.N.%20Importancia%20del%20nitrogeno%20en%20zonas%20áridas.pdf)
- Molina, E. (15 de 08 de 2021). Análisis de suelo y su interpretación . Obtenido de infoagro: <http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documentos/Suelos/SUELOS-AMINOGROWanalisisinterpretacion.pdf>
- Morales, E. (31 de 12 de 2019). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada. Obtenido de Dialnet: [file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/Dialnet-UreaNBPTUnaAlternativaEnLaFertilizacionNitrogenada 7230619.pdf](file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/Dialnet-UreaNBPTUnaAlternativaEnLaFertilizacionNitrogenada%207230619.pdf)
- Murillo, A. (03 de 01 de 2023). Manejo del cultivo de la quinua. (G. Morales, Entrevistador)
- Orchardson, E. (04 de 12 de 2020). El nitrógeno en la agricultura. Obtenido de CIMMYT: [https://www.cimmyt.org/es/noticias/el nitrogeno en la agricultura/](https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/)
- Orchardson, E. (4 de 12 de 2020). El nitrógeno en la agricultura . Obtenido de CIMMYT: [https://www.cimmyt.org/es/noticias/el nitrogeno en la agricultura/](https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/)
- Ortega, B. (15 de 01 de 2021). Análisis Coste-Beneficio. Obtenido de Dialnet: [file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/Dialnet Analisis Coste Beneficio 5583 839.pdf](file:///C:/Users/Toshiba/Downloads/Dialnet%20Análisis%20Coste%20Beneficio%205583%20839.pdf)
- Peralta, E. (2013). Quito: INIAP
- Peralta, E. (2014). La quinua en el Ecuador. En D. Bazile, Estado del arte de la quinua en el mundo en el 2013 (pág. 724). Montpellier: FAO Y CIRAD
- Peralta, E. (12 de 08 de 2016). Obtenido de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/259/4/iniapscbd187.pdf>
- Perdomo, C. (16 de 08 de 2015). Nitrógeno. Obtenido de Fagro: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>

- Pérez, E. (2016). Ciclo del nitrógeno. NA: Slideshare.net
- Pinto, 2019. (s.f.). El cultivo de quinua y el clima en el Ecuador. Obtenido de INAMHI: <https://www.inamhi.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20%20cultivo%20de%20la%20quinua%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>
- Quintero, C. (2016). Eficiencia de uso del Nitrógeno en Trigo y Maíz en la Región Pampeana Argentina. Argentina: NA
- Senasa. (20 de 12 de 2014). Guia de buenas practicas agricolas para quinua. Obtenido de Senasa: <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2014/12/GUIA-BPA QUINUA.pdf>
- Silva, D. (09 de 01 de 2023). Desarrollo del cultivo de quinua en la Provincia Bolívar . (G. Morales, Entrevistador)
- Torres, M. (2016). Fertilización nitrogenada del cultivo de maíz. SN: Fertilizando.com
- Veas y Cortés, H. (2019). Manual del cultivo de la quinua. La Serena: CEAZA.
- YARA. (25 de 01 de 2023). Formas de nitrógeno y disponibilidad de nutrientes. Obtenido de YARA: [https://www.yara.com.ec/nutricion vegetal/uva de mesa/formas de nitrogeno y disponibilidad de nutrientes/](https://www.yara.com.ec/nutricion%20vegetal/uva%20de%20mesa/formas%20de%20nitrogeno%20y%20disponibilidad%20de%20nutrientes/)
- ([https://www.sdelsol.com/glosario/coeficiente de variacion/](https://www.sdelsol.com/glosario/coeficiente%20de%20variacion/)).
- ([https://www.ecologiaverde.com/funciondel nitrogeno en las plantas y su importancia 2704.html](https://www.ecologiaverde.com/funciondel%20nitrogeno%20en%20las%20plantas%20y%20su%20importancia%202704.html))
- (<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6727/NR41423.pdf?sequence=12&isAllowed=y>)

# **ANEXOS**

## Anexo 1.

### Mapa de ubicación de la investigación



Fuente: (Google Earth 2023)

## Anexo 2.

### Base de datos

#### Codificación de variables agronómicas

<b>Código</b>	<b>Variable</b>	<b>Descripción</b>
V1	REP	Repeticiones: 3
V2	TRAT	Tratamientos: dosis de N (10; 40; 80 y 120 kg/ha)
V3	PE	Porcentaje de Emergencia (%)
V4	IM	Incidencia de Mildiú (%)
V5	IA	Incidencia de Áfidos (%)
V6	AP	Altura de Plantas (cm)
V7	DC	Días a la Cosecha
V8	LP	Longitud de Panoja (cm)
V9	DP	Diámetro de la Panoja (cm)
V10	AT	Acame de Tallo (%)
V11	AR	Acame de Raíz (%)
V12	PCG	Peso de Cien Granos (g)
V13	TG	Tamaño del Grano de primera (%)
V14	PKP	Peso en kg por parcela
V15	HC	Humedad de Cosecha (%)
V16	RH	Rendimiento en kg/ha al 13% de humedad

<b>V1</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>V4</b>	<b>V5</b>	<b>V6</b>	<b>V7</b>	<b>V8</b>
<b>REP</b>	<b>TRAT</b>	<b>PE</b>	<b>IM</b>	<b>IA</b>	<b>AP</b>	<b>DC</b>	<b>LP</b>
1	1	95	40	30	111.2	126	65.9
1	2	95	35	20	115.1	127	66.9
1	3	95	30	20	117.4	128	67.9
1	4	96	30	20	116.8	128	68.5
2	1	90	42	25	113.3	122	60.8
2	2	92	40	20	117.3	126	64.9

2	3	95	38	22	119.2	128	66.6
2	4	94	40	20	118.7	129	67.2
3	1	90	42	30	114.1	126	64.3
3	2	92	36	18	115.3	127	68.5
3	3	90	35	18	116.9	128	69.3
3	4	90	38	18	116.1	129	69.1
<b>V9</b>	<b>V10</b>	<b>V11</b>	<b>V12</b>	<b>V13</b>	<b>V14</b>	<b>V15</b>	<b>V16</b>
<b>DP</b>	<b>AT</b>	<b>AR</b>	<b>PCG</b>	<b>TG</b>	<b>PKP</b>	<b>HC</b>	<b>RH</b>
4.83	0.57	0.43	0.23	60.15	2.62	13.10	1296.90
5.65	0.37	0.12	0.26	80.14	2.75	13.00	1375.00
6.10	0.43	0.33	0.32	85.03	4.09	13.10	2024.55
6.00	0.40	0.12	0.31	84.92	3.85	12.80	1925.00
4.55	1.00	0.34	0.22	62.45	2.06	12.90	1030.00
5.54	0.58	0.32	0.27	82.38	3.10	13.10	1534.50
6.10	0.65	0.39	0.34	86.54	3.95	13.00	1975.00
5.99	0.50	0.55	0.29	86.1	3.85	13.30	1905.75
4.13	0.29	0.41	0.2	63.35	2.52	13.20	1247.40
4.92	0.39	0.18	0.25	83.19	3.08	13.40	1524.60
5.52	0.60	0.12	0.33	84.25	3.79	13.20	1876.05
5.45	0.45	0.39	0.32	83.45	3.71	13.20	1836.45

**Fuente: Datos de campo Laguacoto, 2023.**

**Anexo 4.**

**Fotografías de la instalación, seguimiento y evaluación del ensayo**



Preparación del lote



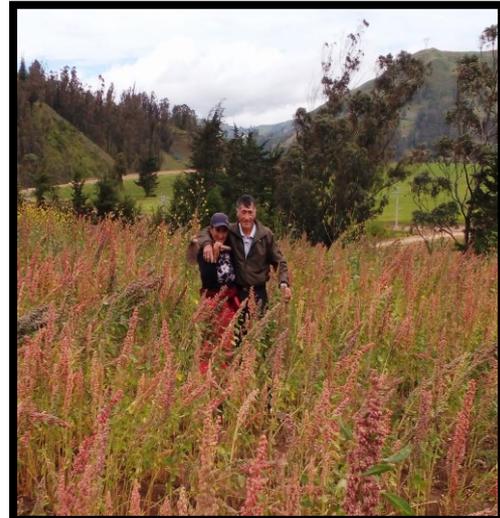
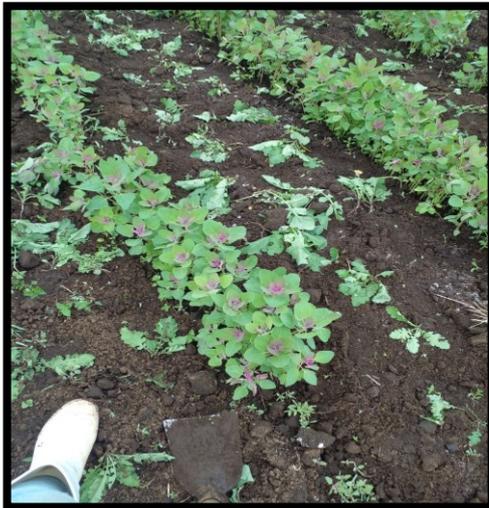
Trazado de parcelas



Surcado y siembra



Evaluación del porcentaje de emergencia



Control manual de malezas



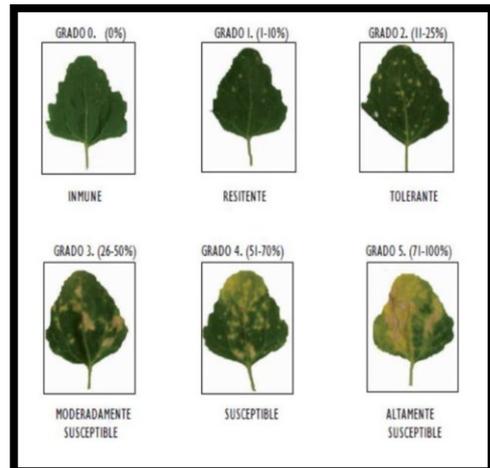
Raleo de plantas



Fertilización química con urea



Aporque



Evaluación de la incidencia de Mildiú



Determinación de la incidencia de mildiú

Control químico para mildiú



Visita de campo



Evaluación pulgones



Evaluación de la incidencia de pulgones (Afidos)



Control químico de pulgones

Días a la cosecha en seco



Altura de la planta

Longitud de la panoja



Diámetro de la panoja



Cosecha manual



Proceso de trilla manual



Aventado manual



Secado



Peso en kg/parcela



Registro humedad del grano



Almacenamiento

## **Anexo 5.**

### **Glosario de términos técnicos**

**Accesiones.** En términos agrícolas se refiere a cada uno de los materiales en estudio ya sean líneas, variedades, híbridos que se van a evaluar dentro de un ensayo, es decir se refiere a cada uno de los tratamientos en estudio.

**Aynoka.** Es el banco de germoplasma en cultivo (*in situ*) de la diversidad genética de la quinua y de sus parientes silvestres con los cuales está estrechamente relacionada y en algunos casos entrecruzándose para mantener la variabilidad genética que la caracteriza a la quinua.

**Aquenio.** Fruto seco que contiene una sola semilla, cuya envoltura externa no está soldada a la misma.

**Biodiversidad.** También denominada diversidad biológica, se refiere al número de distintas especies en un área dada.

**Caracterización.** Caracterizar es establecer todos los caracteres de un género o especie. La caracterización vegetal tiene diferentes finalidades: Identificación o determinación, sistemática, análisis de la diversidad genética, gestión de bancos de germoplasma etc.

**Cotiledones.** Hoja primera que, sola o junto a otra u otras, se forma en el embrión de una planta fanerógama, modificada especialmente y que en algunos casos acumula sustancias de reserva.

**Descriptor.** Es una característica o atributo cuya expresión es fácil de medir, registrar o evaluar y que hace referencia a la forma, estructura o comportamiento de una accesión.

**Dicasio.** Inflorescencia cimosa en la que, por debajo del eje principal, y que remata en una flor, se desarrollan dos ramitas laterales también terminadas en flor.

**Diversidad Genética.** Se refiere a la variación hereditaria dentro y entre poblaciones de determinada especie.

**Ecotipos.** Es una subpoblación genéticamente diferenciada que está restringida a un hábitat específico, un ambiente particular o un ecosistema definido, con unos límites de tolerancia a los factores ambientales.

**Eficiencia química.** Nivel de respuesta que presenta una planta en relación a un tipo o dosis de fertilización química.

**Eficiencia agronómica.** Nivel de respuesta que presenta un cultivo, en base a sus componentes del rendimiento y productividad.

**Eficiencia económica.** Aspecto que relaciona una tecnología aplicada a un cultivo, teniendo en consideración la productividad y los niveles de rentabilidad.

**Escurrecimiento.** Ocurre luego del punto de saturación del suelo, a causa del exceso de agua, en donde puede existir arrastre de suelo, materia orgánica y minerales.

**Fenotipo.** Complejo total de caracteres de los organismos anatómicos, fisiológicos y bioquímicos.

**Fenología.** La fenología de plantas involucra la observación, registro e interpretación de eventos tales como la producción de hojas, flores y frutos; y el estudio de los factores bióticos y abióticos que los ocasionan o los afectan.

**Fijación de nitrógeno.** Consiste en la incorporación del nitrógeno atmosférico hacia las plantas por medio de bacterias que habitan en el suelo.

**Genotipo.** Complejo total de información genética propia de un individuo. (Complejo de genes, constitución hereditaria).

**Germoplasma.** Es la recopilación de variedades, accesiones, líneas, híbridos, etc., de una determinada especie que contienen características genotípicas y fenotípicas propias o que se han modificado por algún factor externo natural o artificial.

**Híbrido.** En la cría y en la agricultura, los híbridos son plantas o animales producidos por un cruzamiento de dos variedades o especies genéticamente diferentes. Las plantas híbridas se crean cuando el polen de un tipo de planta se emplea para polinizar una variedad completamente diferente, resultando en una planta totalmente nueva. A menudo los híbridos no son fértiles y por lo tanto no pueden reproducirse.

**Inflorescencia.** Disposición que toman y el orden en que aparecen y se desarrollan las flores en una planta cuyos brotes florales se ramifican.

**Línea.** Es un individuo, o al grupo de individuos que descienden del germoplasma por autofecundación, es homocigótico y que mantiene constantes sus caracteres.

**Lixiviación.** Arrastre de sustancias formadas en la capa superficial del suelo, hacia el nivel freático, basadas en el principio de capilaridad del mismo.

**Nitrificación.** Es la oxidación biológica del amonio a nitrato por micro organismos aerobios que usan el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>) como oxidante.

**Nitrógeno.** Macro elemento esencial para el desarrollo de los vegetales.

**NO<sub>3</sub><sup>+</sup>.** El nitrato es un compuesto de nitrógeno que se forma en el agua residual al convertirse el amonio en nitrato a través del nitrito (nitrificación). El nitrato es uno de los principales nutrientes de la naturaleza.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.** El amonio es un compuesto inorgánico de nitrógeno que se forma durante la degradación biológica de compuestos orgánicos de nitrógeno. En presencia de oxígeno el amonio se puede convertir en nitrato (nitrificación).

**pH.** Coeficiente que indica el grado de acidez o alcalinidad del suelo.

**Panoja.** Estructura de la inflorescencia de la quinua en donde se produce el grano. Puede presentarse de forma ramificada o compacta y su longitud y diámetro depende de la variedad o eco tipo.

**Pedigrí.** Es un documento que analiza las relaciones genealógicas de un ser vivo en el contexto de determinar cómo una cierta característica o fenotipo se hereda y manifiesta de una generación a otra.

**Perianto.** Conjunto de las hojas florales que forman la envoltura de la flor.

**Pericarpio.** Parte exterior del fruto de las plantas que envuelve a las semillas.

**Perigonio.** Perianto formado por sépalos y pétalos indistinguibles entre sí.

**Polispermo.** Tejido de reserva de algunas semillas perispermadas. El perisperma es el tejido nucelar que perdura y se carga de sustancias de reserva. Se encuentra en la familia de las Chenopodiaceae.

**Ramificación.** Es el proceso y el resultado de ramificar. Este término se refiere a una cuestión concreta, cuando surgen y crecen ramas de una planta o de un árbol.

**Saponina.** Sustancia que se encuentra en la quinua y en otras plantas. Las saponinas podrían ayudar a bajar el colesterol y tener efectos contra el cáncer. Forman una espuma cuando se las agita en agua.

**Semilla.** Grano contenido en el interior del fruto de una planta y que, puesto en las condiciones adecuadas, germina y da origen a una nueva planta de la misma especie con las mismas características de sus progenitores.

**Urea.** Fertilizante de tipo nitrogenado, cuya fórmula comercial presenta una concentración de 46% de nitrógeno.

**Variedad.** Es una población con caracteres que la hacen reconocible a pesar de que hibrida libremente con otras poblaciones de la misma especie.

**Zona Agroecológica.** Un área geográfica con características agro-socio-económicas similares para la cual es válida una recomendación o alternativa tecnológica.

**Resiliencia.** La capacidad que tiene un organismo vivo de adaptarse a las condiciones del medio, y realizar sus funciones fisiológicas de manera adecuada.