

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Escuela Académico Profesional de Agronomía

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willd.) var. REAL BOLIVIANA CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA
Y MATERIA ORGÁNICA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
AGRÍCOLA III LOS PICHONES- TACNA 2013”**

TESIS

Presentada por:

Bach. Cruz Arturo Velasco Luque

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TACNA - PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN-TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

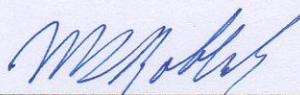
Escuela Académico Profesional de Agronomía

TESIS

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*
Willd.) var. REAL BOLIVIANA CON FERTILIZACIÓN NITROGENADA
Y MATERIA ORGÁNICA EN EL CENTRO EXPERIMENTAL
AGRÍCOLA III LOS PICHONES- TACNA 2013”**

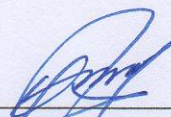
TESIS SUSTENTADA Y APROBADA EL 31 DE JULIO DEL 2015, SIENDO
EL JURADO CALIFICADOR:

PRESIDENTE:



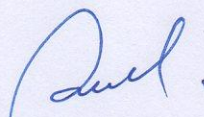
MSc. MAGNO SANTOS ROBLES TELLO

SECRETARIO:



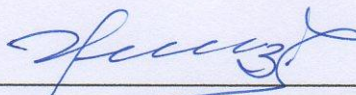
Dr. OSCAR OCTAVIO FERNÁNDEZ CUTIRE

VOCAL:



MSc. PEDRO MARIO GÁLVEZ BRICEÑO

ASESOR:



MSc. NIVARDO NUÑEZ TORREBLANCA

DEDICATORIA

La Tesis la dedico con todo mi amor y cariño:

A Mis Abuelos Papa y Mama Luque que se encuentran en el cielo que me dieron la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa.

A mis padres Lucia y Miguel, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, gracias por darme una carrera para mi futuro y creer en mí, siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón el que estén conmigo a mi lado y por su gran apoyo incondicional.

A todos mis compañeros de estudios universitarios con los cuales compartimos experiencias y vivencias durante todos los años de estudio.

AGRADECIMIENTO

A todos los catedráticos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNJBG, quienes con sus lecciones y experiencias influyeron en mi formación profesional, y un agradecimiento muy especial a mi asesor MSc. Nivardo Nuñez Torreblanca, por su gran apoyo y compartir sus conocimientos.

Al mis jurados: MSc. Magno Robles Tello, Dr. Oscar Fernandez Cutire y MSc. Pedro Mario Gálvez Briceño, por su orientación y guía en la conclusión de esta tesis.

A todos mis compañeros de estudio con los que compartimos buenos y malos momentos que seguro nunca olvidaremos.

Finalmente, mi profundo agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera han contribuido en el desarrollo del presente trabajo de investigación realizado.

INDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación y sistematización del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Delimitación de la investigación	4
1.4. Justificación	4
1.5. Limitaciones	5
CAPÍTULO II: OBJETIVOS E HIPÓTESIS	
2.1. Objetivos	7
2.1.1. Objetivo General	7
2.1.2. Objetivos Específicos	7
2.2. Hipótesis	7
2.2.1. Hipótesis General	7
2.2.2. Hipótesis específica	8
2.3. Variables	8

2.3.1. Variable Independiente	8
2.3.2. Variables dependientes	8
2.4. Operacionalización de Variables	9
 CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	
3.1. Conceptos generales y definiciones	10
3.2. Enfoques teóricos técnicos	31
3.3. Marco referencial	43
 CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
4.1. Tipo de investigación	44
4.2. Población y muestra	44
4.3. Materiales y métodos	44
 CAPÍTULO V: TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS	
5.1. Resultados y discusión	61
 CONCLUSIONES	 79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	81
ANEXOS	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Operacionalización de variables	9
Cuadro 2.	Factores experimentales	51
Cuadro 3.	Combinación de tratamientos.	52
Cuadro 4.	Aleatorización de tratamientos en el campo experimental para la evaluación.	53
Cuadro 5.	Fertilización	59
Cuadro 6.	Análisis de varianza de altura de planta (cm) de quinua. Variedad real boliviana.	61
Cuadro 7.	Análisis de regresión de altura de planta (cm) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.	62
Cuadro 8.	Análisis de regresión de altura de planta (cm) de quinua real boliviana para el factor estiércol.	64
Cuadro 9.	Análisis de varianza de ancho de panoja (cm) de quinua real boliviana.	66
Cuadro 10.	Análisis de regresión de ancho de panoja (cm) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.	67
Cuadro 11.	Análisis de variancia de longitud de panoja (cm) de quinua real boliviana.	68

Cuadro 12.	Análisis de regresión de longitud de panoja (cm) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.	69
Cuadro 13.	Análisis de variancia de biomasa fresca (g) de quinua real boliviana.	71
Cuadro 14.	Análisis de regresión de biomasa fresca (g) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.	72
Cuadro 15.	Análisis de variancia de rendimiento de grano por hectárea de quinua real boliviana.	74
Cuadro 16.	Análisis de regresión de rendimiento de grano por hectárea de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100 g de materia seca)	31
Tabla 2.	Características físico – químicas del suelo	46
Tabla 3.	Datos meteorológicos	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Figura 1. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno, en la expresión de altura de planta de quinua variedad Real Boliviana. 63
- Figura 2. Influencia de cuatro niveles de estiércol, en la expresión de altura de planta de quinua variedad Real Boliviana. 65
- Figura 3. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno en la expresión de ancho de panoja de quinua variedad Real Boliviana. 67
- Figura 4. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno, en la expresión de longitud de panoja de quinua variedad Real Boliviana. 70
- Figura 5. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno en la expresión de peso de biomasa fresca de quinua variedad Real Boliviana. 73
- Figura 6. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento de grano por hectárea de quinua de la variedad Real Boliviana. 76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Altura de planta (cm)	88
Anexo 2.	Longitud de panoja (cm)	89
Anexo 3.	Ancho de panoja (cm)	90
Anexo 4.	Peso de biomasa fresca por planta (g)	91
Anexo 5.	Rendimiento de grano (kg/ha)	92
Anexo 6.	Análisis de Suelo	93
Anexo 7.	Datos Meteorológicos	94

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, "Evaluación del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Real boliviana con fertilización nitrogenada y materia orgánica en el Centro Experimental Agrícola III. Los Pichones- Tacna 2013" se desarrolló en el CEA III de la UNJBG. El objetivo fue evaluar el rendimiento de grano de quinua de la variedad Real boliviana con cuatro niveles de nitrógeno y cuatro niveles de estiércol.

El diseño experimental fue de BCA con 16 tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, longitud de panoja, ancho de panoja, biomasa fresca y rendimiento de grano por hectárea. Los resultados obtenidos indican que los niveles de N en quinua Real boliviana, influyeron en la altura de planta, longitud y ancho de panoja, biomasa fresca y en el rendimiento de grano. El estiércol influyó en la altura de planta. La mayor altura de planta fue de 156 cm con 230 kg de N/ha, y con 20 t/ha de estiércol fue de 144 cm. La máxima longitud de panoja fue de 64,7 cm y el mayor ancho de panoja fue de 15,38 cm, en ambos casos con 230 kg/ha de nitrógeno. El máximo promedio de biomasa fresca fue de 360 g/planta, el mayor rendimiento de grano fue de 2 734 kg/ha, en ambos casos con 230 kg de N/ha.

ABSTRACT

This research, "Performance Evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Real Bolivian with nitrogen fertilizer and organic matter in the Agricultural Experimental Center III. Los Pichones - Tacna 2013" was developed at the CEA III UNJBG. The objective was to evaluate the grain yield of the Bolivian quinoa Real range with four levels of nitrogen and four levels of manure.

The experimental design was of BCA with 16 treatments and three repetitions. The variables evaluated were: plant height, panicle length, panicle width, fresh biomass and grain yield per hectare. The results indicate that the levels of N in Bolivia Real quinoa, influenced plant height, panicle length and width, fresh biomass and grain yield. Manure influenced plant height. The greatest plant height was 156 cm 230 kg N/ha and 20 t/ha of manure was 144 cm. The maximum panicle length was 64,7 cm and the largest width was 15,38 cm panicle, both with 230 kg/ha of nitrogen. The maximum average fresh biomass was 360 g/plant, the highest grain yield was 2 734 kg/ha, in both cases with 230 kg N/ha.

INTRODUCCIÓN

La fertilización nitrogenada, es el motor de crecimiento de la planta, forma parte de diversas estructuras, procesos, constituyente y activador de todas las enzimas y es por esto que es el elemento nutritivo más importante en las plantas.

La explotación de las plantas hortícolas en general, se realiza en forma intensiva y por ende es lógico de pensar que la extracción de los nutrientes del suelo es bastante alta, por lo que debe darse cumplimiento a varias premisas en relación a conocer qué, cuánto, cómo, cuándo fertilizar.

Uno de los problemas que presenta en la actualidad la producción de quinua en Tacna, son los bajos rendimientos que alcanzan por unidad de superficie, muchos están por debajo del potencial genético de la especie o variedad. Un factor que produce la disminución en la producción son las características físico – químicas de los suelos y entre ellos destaca la deficiencia de nitrógeno, siendo un factor que baja los rendimientos por hectárea y esto hace que disminuya su valor comercial y por tanto incida en la economía de los productores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La fertilización, es una práctica indispensable de toda la agricultura, ya sea como conservadora de la fertilidad de los suelos y/o como factor importante en el incremento de los rendimientos. La explotación de las plantas en general, se realiza en forma intensiva y por ende es lógico de pensar que la extracción de los nutrientes del suelo es bastante alta, por lo que debe darse cumplimiento a varias premisas en relación a conocer qué, cuánto, cómo, cuándo y en qué forma se deben utilizar.

La mala fertilización, el desconocimiento de los agricultores sobre cómo hacer un programa de fertilización efectiva y sin llegar a excesos, como empezar hacer nuestro programa de fertilización desde el análisis de suelo, todo ello es un problema para los agricultores locales. Otro de los problemas es que todavía no está bien difundida las variedades que tienen altos rendimientos, entonces con este trabajo lo que se pretende es observar la variedad Real alcance los más altos rendimiento, para así dejar un documento preliminar para las posteriores investigaciones.

El valle de Tacna posee notables condiciones climáticas favorables para el cultivo de la quinua, pues debido a su clima subtropical árido, sus pocas variaciones de temperatura y su ubicación geográfica le permitirían obtener buenos rendimientos, pero a pesar de esas ventajas el área cultivada es aun limitada, logrando ser un problema el desconocimiento de los agricultores.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

- ¿En qué medida el nitrógeno y el estiércol influyen en el cultivo de quinua?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la variación de dosis de nitrógeno y estiércol en la altura de planta de quinua?
- ¿Cuál es el efecto de la variación de dosis de nitrógeno y estiércol en el ancho de panoja de quinua?
- ¿Cuál es el efecto de la variación de dosis de nitrógeno y estiércol en la longitud de panoja de quinua?
- ¿Cuál es el efecto de la variación de dosis de nitrógeno y estiércol en el peso de biomasa fresca de quinua?

- ¿Cuál es el efecto de la variación de dosis de nitrógeno y estiércol en el rendimiento de grano de quinua por hectárea?

1.3. Delimitación de la investigación

1.3.1. Temporal:

Evaluación del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa*, willd.) var. Real boliviana con la fertilización nitrogenada y materia orgánica en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” - Tacna - 2013.

1.3.2. Espacial:

El trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental Agrícola (CEA III), fundo “Los Pichones” de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, de Tacna, los resultados pueden ser validados para condiciones similares.

1.4. Justificación

Perú es el mayor productor de quinua con un 52 % de la producción mundial, seguido por Bolivia (37 %) y por Estados Unidos (6,3 %). Las exportaciones de quinua alcanzan las 5,6 t, de las cuales el 62 % provienen de Bolivia, 32 % de Perú y 6 % de Ecuador. Los principales

importadores de quinua son EE. UU., Unión Europea (en particular Francia, Alemania y Holanda) y Japón (Ministerio de Agricultura, 2009).

En materia de consumo se destacan dos destinos fundamentales: autoconsumo, realizado por los campesinos pobres de las regiones productoras, y aquel mercado constituido por consumidores estadounidenses y europeos de altos ingresos. Los principales consumidores a nivel mundial son Bolivia, Perú y Ecuador. El primero de estos países tiene el consumo *per cápita* más elevado del mundo, equivalente a 5 kilos anuales (INIA, 2009).

En nuestro medio son muy pocos los trabajos de investigación con respecto a la fertilización en quinua, por tal razón el presente trabajo es preliminar, será como base para otros trabajos posteriores, por tal motivo se decidió realizar la siguiente investigación denominada: Evaluación del rendimiento de quinua (*chenopodium quinoa*, willd.) var. Real boliviana con la fertilización nitrogenada y materia orgánica en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones” - Tacna - 2013.

1.5. Limitaciones

En el presente trabajo de investigación del cultivo de quinua hubo dos limitaciones:

Como primer limitante se identificó la restricción de agua, y elevadas temperaturas de la época, propicias para un ataque intensivo de plagas, además escasos trabajos de investigación a nivel local y regional.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo General

Determinar la influencia de la fertilización nitrogenada y estiércol en el rendimiento de la quinua.

2.1.2. Objetivos Específicos

Evaluar el rendimiento de grano de quinua de la variedad Real boliviana con cuatro niveles de nitrógeno y cuatro niveles de estiércol de vacuno.

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis General

La aplicación de nitrógeno y estiércol tendrán efectos positivos en el rendimiento de grano de quinua en condiciones de la localidad de Tacna.

2.2.2. Hipótesis específica

El rendimiento de grano de quinua variedad Real boliviana, variará en función a los cuatro niveles de nitrógeno y estiércol.

2.3. Variables

2.3.1. Variable Independiente

- Niveles de nitrógeno y estiércol

2.3.2. Variables dependientes (variables respuesta)

- Altura de planta (cm)
- Peso de biomasa área fresca (g/planta)
- Longitud de panoja (cm)
- Ancho de panoja (cm)
- Rendimiento de grano (kg/ha)

2.4. Operacionalización de Variables

Cuadro 1. Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable dependiente (Y)		
	Peso biomasa área fresca	g/planta
Rendimiento	Longitud de panoja	cm
	Ancho de panoja	cm
	Rendimiento de granol	kg/ha
Variables independiente (X)		
Niveles de Nitrógeno (X_1)	80	
	130	Kg/ha
	180	
	230	
0		
Niveles de Estiercol (X_2)	10	t/ha
	15	
	20	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Conceptos generales y definiciones

3.1.1. Clasificación taxonómica

Este cultivo fue descrito por primera vez por el científico Alemán Luis Christian Willdnow. (Tapia, 1979).

Reyno: Vegetal

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Angiospermales

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiceas

Género: Chenopodium

sp: Chenopodiumquinua Willd.

3.1.2. Características morfológicas

3.1.2.1. Raíz

El tipo de raíz varía de acuerdo a las fases fenológicas. Empieza con raíz pivotante terminando en raíz ramificado con una longitud de 25 a 30 cm., según el ecotipo, profundidad del suelo y altura de la planta; la raíz se caracteriza por tener numerosas raíces secundarias y terciarias. (Mujica y Canahua, 1989).

3.1.2.2. Tallo

Es cilíndrico y herbáceo anual a la altura del cuello cerca a la raíz y de una forma angulosa a la altura donde se insertan las ramas y hojas, estando dispuestas en las cuatro caras del tallo, la altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia; cuando la planta es joven tiene una médula blanca y cuando va madurando se vuelve esponjosa, hueca sin fibra, sin embargo la corteza se lignifica, el color del tallo es variable, puede ser púrpura como la Pasankalla, blanco cremoso (Blanca de Juli) y con las axilas coloreadas como la blanca de Juli, en toda su longitud; colorada como la kancolla y otros colores según el ecotipo de cada zona (el color varía de acuerdo a las fases fenológicas, se pueden diferenciar bien los colores en la floración) (Mujica y Canahua, 1989).

Cuando se tiene plantas monopódicas (de un solo tallo), se puede inducir cortando la yema apical para tener plantas simpodicas (de varios tallos); esta técnica se debe realizar antes del inicio de panojamiento. (Mujica y Canahua, 1989).

3.1.2.3. Hojas

Son simples, enteras, esparcidas, glabras, pecioladas, sin estipulas, pinnatinervadas, presentan oxalatos de calcio o vesículas granulosas en el envés a veces en el haz; las cuales evitan la transpiración excesiva en caso de que se presentaran sequías. En la quinua, podemos notar que la hoja está formada por una lámina y un pecíolo, los pecíolos son largos acanalados y finos, las hojas son polimorfas, las hojas inferiores son de forma romboidal o de forma triangular y las hojas superiores son lanceoladas que se ubican cerca de las panojas. Pueden tomar diferentes coloraciones, va del verde al rojo o púrpura (dependiendo de la variedad). La inserción de las hojas en el tallo es alterna, en cada nudo se observan de 5 a 12 hojas de acuerdo a cada variedad y la distancia entre nudos es de 0,8 a 4 cm. La hoja es por excelencia el órgano clorofiliano esencial de la respiración y la asimilación CO₂ (anhídrido carbónico). El número de dientes por hoja varía de 2 a 14 dependiendo de la variedad. (Mujica, 2000).

3.1.2.4. Inflorescencia

Es de tipo racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se le denomina como una panoja, por el hábito de crecimiento algunas inflorescencias se difieren por que pueden ser axilares y terminales. En algunas variedades no se tiene una diferencia clara y pueden ser ramificadas teniendo una forma cónica, el eje principal de la inflorescencia es de forma angulosa o piramidal y tiene dos surcos, donde se ubican las flores. De acuerdo a la forma de panoja; se le considera amarantiforme, cuando sus glomérulos están insertados en el eje secundario y glomérulada, cuando los glomérulos están insertos en el eje primario o principal y toda la panoja tiene la forma, de un solo glomérulo. De acuerdo a la densidad de panoja que se presentan estas son considerados: compactas, semicompactas o semilaxas y laxas (Mujica, 2000).

3.1.2.5. Flores

En una misma inflorescencia pueden presentar flores hermafroditas (perfectas), femeninas y androésteriles (imperfectas). Generalmente se encuentra 50 glomérulos en una planta y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 granos aproximadamente. Las flores son pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro como en todas las Quenopodiáceas, son flores incompletas porque carecen de pétalos. Hay un grupo intermedio como la

blanca de Juli, originaria de Puno, en el cual el grado de cruzamiento depende del porcentaje de flores pístiladas (Mujica, 2000).

3.1.2.6. Fruto

Es aquenio, el que se encuentra cubierto por el perigonio, que cuando se encuentra en estado maduro es de forma estrellada por los cinco tépalos que tiene la flor. El perigonio cubre solo una semilla y se desprende con facilidad al frotarlo; el color del grano está dado por el perigonio y se asocia directamente con el color de la planta, el pericarpio del fruto se encuentra pegado a la semilla y es donde se encuentra la saponina que es un glucósido de sabor amargo; se ubica en la primera membrana (Mujica, 2000).

3.1.2.7. Semilla

Tiene forma lenticelada, que se encuentra envuelta por el perisperma, el tamaño de la semilla (grano) se considera grande cuando el diámetro es mayor a 2 mm. Ej. Var. Sajama, salcedo-INIA, Illpa-INIA; mediano de diámetro 1,8 a 1,9 mm. Ej. Var. Kancolla, tahuaco, chewecca y pequeño menos de 1,7 mm. de diámetro. Ej. Choclo, Blanca de Juli. El pericarpio, está formado por tres capas, pegado a la semilla y contiene saponina en un rango de 0,2% - 5,1%. El pericarpio es suave en los ecotipos chilenos y duro en los demás ecotipos. Directamente bajo del pericarpio está el

episperma, una membrana delgada que cubre al embrión. El embrión está formado por los dos cotiledones y la radícula envuelve al perisperma en forma de anillo. (Ccaso, 1999).

El perisperma presenta la sustancia de reserva y contiene pequeños granos de almidón. Su color es siempre blanco. Cabe destacar que el embrión presenta la mayor proporción de la semilla (30 % de peso), mientras que en los cereales corresponde solamente al 1 %. De allí resulta el alto valor nutritivo de la quinua. Las semillas vienen dispuestas en panojas, éstas tienen entre 15 y 70 cm, puede llegar a un rendimiento de 220 g de granos por panoja. Los colores varían según la variedad y el estado fisiológico de la planta, así van del púrpura al rosado amarillo, del verde al amarillo pálido, etc. (Ccaso, 1999).

3.1.3. Fases fenológicas del cultivo

La duración de las fases fenológicas depende mucho de los factores medio ambientales que se presenta en cada campaña agrícola por ejemplo; si se presenta precipitación pluvial larga de 4 meses continuas (enero, febrero, marzo y abril), sin presentar veranillos las fases fenológicas se alarga por lo tanto el periodo vegetativo es largo y el rendimiento disminuye. Cuando hay presencia de veranillos sin heladas,

la duración de las fases fenológicas se acorta y el periodo vegetativo también es corto y el rendimiento es óptimo (Aguilar, 1999).

También influye la duración de la humedad del suelo, por ejemplo en un suelo franco arcilloso, las fases fenológicas se alargan debido al alto contenido de humedad en el suelo o alta capacidad de retener agua; en cambio en un suelo franco arenoso sucede todo lo contrario(Aguilar,1999).

3.1.3.1. Emergencia

Es cuando la plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto depende de la humedad del suelo; si el suelo está húmedo, la semilla emerge al cuarto día o sexto día de la siembra. En esta fase la planta puede resistir a la falta de agua, siempre dependiendo del tipo de suelo; si el suelo es franco-arcilloso. Si el suelo es franco-arenoso, puede resistir aproximadamente, hasta 7 días (Aguilar, 1999).

3.1.3.2. Dos hojas verdaderas

Es cuando dos hojas verdaderas, extendidas que ya poseen forma lanceolada y se encuentra en la yema apical el siguiente par de hojas, ocurre a los 10 a 15 días después de la siembra y muestra un crecimiento

rápido en las raíces. En esta fase la planta también es resistente a la falta de agua, pueden soportar de 10 a 14 días sin agua (Aguilar, 1999).

3.1.3.3. Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en la yema apical las siguientes hojas del ápice; en inicio de formación de yemas axilares del primer par de hojas; ocurre aproximadamente a los 25 a 30 días después de la siembra (Aguilar, 1999).

3.1.3.4. Seis hojas verdaderas

Se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre aproximadamente a los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas (Aguilar, 1999).

3.1.3.5. Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre

aproximadamente a los 45 a 50 días de la siembra. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria. Desde la fase de cuatro hojas verdaderas hasta fase se puede consumir las hojas en reemplazo a la espinaca (Aguilar, 1999).

3.1.3.6. Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observado alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes; ello puede ocurrir aproximadamente a los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento (Gonzales, 1999).

3.1.3.7. Panojamiento

La inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, puede ocurrir aproximadamente a los 65 a los 75 días después de la siembra, a partir de esta etapa hasta inicio de grano lechoso se puede consumir las inflorescencias en reemplazo de las

hortalizas de inflorescencia tradicionales, como por ejemplo a la coliflor (Gonzales, 1999).

3.1.3.8. Inicio de floración

Es cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, aproximadamente puede ocurrir a los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía con helada; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón (Gonzales, 1999).

3.1.3.9. Floración

Se considera a esta fase cuando el 50% de las flores de la inflorescencia de las panojas se encuentran abiertas, puede ocurrir aproximadamente a los 90 a 80 días después de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas y granizadas, debe observarse la floración a medio día cuando hay intensa luminosidad solar, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas. Cuando hay presencia de veranillos o sequías de 10 a 15 días de

duración en esta fase es beneficioso para una buena polinización; cruzada o autopolinizada, siempre en cuanto no haya presencia de heladas (Gonzales, 1999).

3.1.3.10. Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, aproximadamente ocurre a los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento disminuyéndolo drásticamente el llenado de grano (en suelos franco-arenoso), pero en suelos franco-arcilloso es normal (Gonzales, 1999).

3.1.3.11. Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, puede ocurrir aproximadamente a los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase el ataque, de Kcona-kcona (*Eurysaccaquinoae*) y aves (gorriones, palomas) causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano. En esta fase ya no es necesario las precipitaciones pluviales (Gonzales, 1999).

3.1.3.12. Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, aproximadamente ocurre a los 120 a 180 días a más después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento y defoliación completa de la planta. En esta fase la presencia de lluvia es perjudicial porque hace perder la calidad y sabor del grano (Gonzales, 1999).

3.1.4. Requerimientos edafoclimáticos

3.1.4.1. Suelo

En lo referente al suelo la quinua prefiere de un suelo franco arenoso a franco arcilloso, con buen drenaje, con pendientes moderadas, con profundidad promedio y un contenido medio de nutrientes, puesto que la planta depende de los nutrientes aplicados al cultivo anterior que es generalmente papa. La quinua se adapta bien a diferentes tipos de suelos (Gonzales, 1999).

3.1.4.2. pH

La quinua tiene un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo de 6,5 - 8,5 y con 12 dS/m de CE (Gonzales, 1999).

3.1.4.3. Agua

En cuanto al agua, la quinua es un organismo eficiente en el uso, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar a los déficit de humedad, sino tolerar y resistir la falta de humedad del suelo en años más o menos seco de 300 – 500 mm de agua, pero sin heladas se obtiene buena producción (Gonzales, 1999).

3.1.4.4. Temperatura

La temperatura óptima para la quinua esta alrededor de 8 – 15 °C, puede soportar hasta – 4°C, en determinadas etapas fenológicas, siendo más tolerante en la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano.

La temperatura está determinada por la altura, la inclinación y exposición del campo y por la densidad del cultivo. La única posibilidad del productor de influir sobre la temperatura es mediante la selección de

un campo bien ubicado y de la densidad de la siembra. Para una germinación aceptable la temperatura mínima para la quinua es de 5° C. Temperaturas mayores a 15 °C, causan pérdidas por respiración, traen el riesgo de ataques de insectos (sí las condiciones son secas) u hongos (sí las condiciones son húmedas). La presencia de veranillos prolongados, con altas temperaturas diurnas fuerza la formación de la panoja y su maduración, lo que repercute en bajos rendimientos (Gonzales, 1999).

3.1.4.5. Humedad relativa

La humedad relativa es importante para la planta ya que disminuye la transpiración a una temperatura dada. Debe estar entre 65 – 80% de HR. Un exceso de humedad es dañino en las épocas de: floración (polen se convierte inviable), madurez de estado pastoso y completo (la quinua puede germinar en la panoja), cosecha (altos costos de secado).

Durante todo el ciclo del cultivo un exceso de humedad, especialmente en combinación con temperaturas elevadas, favorece al ataque de hongos (Gonzales, 1999).

3.1.4.6. Fotoperiodo

El fotoperiodismo de la quinua es variable, depende de su origen: Variedades que vienen de cerca de la línea ecuatorial son cultivos de día

corto en dos aspectos de su desarrollo: Necesitan por lo menos 15 días cortos (< que 10 horas de luz) para inducir la floración y también para la maduración de los frutos. (Gonzales, 1999). Este cultivo prospera adecuadamente con 12 horas de luz por día, en el hemisferio sur, sobre todo en el altiplano Perú-Boliviano.

3.1.4.7. Altitud

La quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4 000 metros sobre el nivel del mar. Quinuas sembradas al nivel del mar alargan su periodo vegetativo, debido a la alta humedad comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar habiendo obtenido hasta 6 000 Kg/ha, con riego y buena fertilización (Gonzales, 1999).

3.1.4.8. Centro de origen y de diversidad

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Cárdenas, 1944). Esto fue corroborado por Gandarillas (1979), quien indica que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no sólo por su importancia social

y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre.

Según Vavilov, la región Andina corresponde a uno de los grandes centros de origen de las especies cultivadas y dentro de ella se encuentran diferentes subcentros. Según Lescano, en el caso de la quinua se identifican cuatro grandes grupos según las condiciones agroecológicas donde se desarrolla: valles interandinos, altiplano, salares y nivel del mar, los que presentan características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes (Lescano, 1994).

En el caso particular de Bolivia, al estudiar la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quinua, ha determinado seis subcentros de diversidad, cuatro de ellos ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y que albergan la mayor diversidad genética y dos en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí (Rojas, 2003).

3.1.4.9. Distribución geográfica

La quinua puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, considerándose las orillas del Lago Titicaca como la zona de mayor diversidad y variación genética (Mujica, 1992).

La quinua está distribuida en toda la región andina, desde Colombia (Pasto) hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta) y Chile (Antofagasta), y se ha encontrado un grupo de quinuas de nivel del mar en la Región de Concepción. Al respecto, Barriga (1994) hacen referencia de quinuas colectadas en la Novena y Décima Región de Chile (Lescano, 1994).

La distribución geográfica de la quinua en la región se extiende desde los 5° Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la Décima Región de Chile, y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 msnm en el altiplano que comparten Perú y Bolivia, existiendo así, quinuas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano (Rojas, 1998)

3.1.4.10. Composición y valor funcional de la quinua

Una característica fundamental de la quinua es que el grano, las hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de muy buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que por ejemplo las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos (Risi, 1991).

3.1.4.11. Proteínas

La calidad nutricional de un producto depende tanto de la cantidad como de la calidad de sus nutrientes. La quinua presenta el valor de 13,81 g/100 g de materia seca que, comparado con trigo Manitoba 16,0 g/100 g y Triticale 15,0 g/100 g, no tiene un alto contenido de proteínas, según Bonifacio (2004) y Morón (1999), citados por Jacobsen y Sherwood (2002).

En general, si se hace una comparación entre la composición de nutrientes de la quinua y los del trigo, arroz y maíz (que tradicionalmente se mencionan en la bibliografía como los granos de oro) se puede corroborar que los valores promedios que reportan para la quinua son superiores a los tres cereales en cuanto al contenido de proteína, grasa y ceniza (Rojas, 2010).

Entre el 16 y el 20 % del peso de una semilla de quinua lo constituyen proteínas de alto valor biológico, entre ellas todos los aminoácidos, incluidos los esenciales, es decir, los que el organismo es incapaz de fabricar y por tanto requiere ingerirlos con la alimentación. Los valores del contenido de aminoácidos en la proteína de los granos de quinua cubren los requerimientos de aminoácidos recomendados para niños en edad preescolar, escolar y adultos (FAO/OMS/UNU, 2000). No obstante, la

importancia de las proteínas de la quinua radica en la calidad. Las proteínas de quinua son principalmente del tipo albúmina y globulina. Además, las hojas son también ricas en vitaminas y minerales, especialmente en calcio, fósforo y hierro (FAO/OMS/UNU, 2000).

3.1.4.12. Grasas

Es importante recalcar la cantidad relativamente alta de aceite en la quinua, aspecto que ha sido muy poco estudiado, que la convierte en una fuente potencial para la extracción de aceite (Repo-Carrasco, 1991).

Estudios realizados en el Perú al determinar el contenido de ácidos grasos encontraron que el mayor porcentaje de ácidos grasos presentes en este aceite es el Omega 6 (ácido linoleico), siendo de 50,24% para quinua, valores muy similares a los encontrados en el aceite de germen de maíz, que tiene un rango de 45 a 65%. La quinua ayuda a reducir el colesterol LDL (o colesterol malo) del organismo y elevar el colesterol HDL (o colesterol bueno) gracias a su contenido en ácidos grasos omega 3 y omega 6 (Repo-Carrasco, 1991).

3.1.4.13. Carbohidratos

Los carbohidratos de las semillas de quinua contienen entre un 58 y 68% de almidón y un 5% de azúcares, lo que la convierte en una fuente

óptima de energía que se libera en el organismo de forma lenta por su importante cantidad de fibra (Llorente, 2008).

3.1.4.14. Minerales

Si se hace una comparación entre trigo, maíz, arroz, cebada, avena, centeno, triticale y quinua, en la quinua resalta el alto contenido de calcio, magnesio y zinc. La quinua es un alimento muy rico en:

- Calcio, fácilmente absorbible por el organismo (contiene más del cuádruple que el maíz, casi el triple que el arroz y mucho más que el trigo), por lo que su ingesta ayuda a evitar la descalcificación y la osteoporosis. (FAO/OMS/UNU, 2000).
- Hierro: contiene el triple que el trigo y el quíntuple que el arroz, careciendo el maíz de este mineral).
- Potasio (el doble que el trigo, el cuádruple que el maíz y ocho veces más que el arroz).
- Magnesio, en cantidades bastante superiores también al de los otros tres cereales. La quinua contiene 270 mg/100 g de materia seca. El magnesio es un componente y activador de muchas enzimas, especialmente aquellas que transforman fosfatos ricos en energía, además, es un estabilizador de los ácidos nucleicos y de las membranas (Ruales y Nair, 1992).

- Fósforo: los niveles son parecidos a los del trigo pero muy superiores a los del arroz y, sobre todo, a los del maíz (Ruales y Nair, 1992).
- Zinc: casi dobla la cantidad contenida en el trigo y cuadruplica la del maíz. El zinc actúa en la síntesis y degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos (Ruales y Nair, 1992).
- Manganeso: sólo el trigo supera en este mineral a la quinua mientras el arroz posee la mitad y el maíz la cuarta parte. Pequeñas cantidades de cobre y de litio. (Llorente, 2008).

3.1.4.15. Vitaminas

En el Cuadro 3 se presenta el contenido de vitaminas en el grano de quinua. La vitamina A, que es importante para la visión, la diferenciación celular, el desarrollo embrionario, la respuesta inmunitaria, el gusto, la audición, el apetito y el desarrollo, está presente en la quinua en rango de 0,12 a 0,53 mg/100 g de materia seca (Ayala , 2004).

Tabla 1. Contenido de vitaminas en el grano de quinua (mg/100 g de materia seca)

Vitaminas	Rango
Vitamina A (carotenes)	0,12 – 0,53
Vitamina E	4,60 – 5,90
Tiamina	0,05 – 0,60
Riboflavina	0,20 – 0,46
Niacina	0,16 – 1,60
Ácido ascórbico	0,00 – 8,50

Fuente: Ayala, 2004.

3.2. Enfoques teóricos técnicos

3.2.1. Fertilización de la quinua

3.2.2. Fertilización

Cuando se decide llevar adelante un programa nutricional determinado en un cultivo, el objetivo principal es el de aumentar el rendimiento. En cultivos anuales o de temporada, el enfoque con el que se encararan estos programas es un poco diferente que a los cultivos perennes, porque además de potenciar la producción, debe contemplarse el mantener equilibrada la planta, además por eso la fertilización nitrogenada tiene más importancia por ser un elemento muy asimilable,

lógicamente el fósforo y potasio también tienen gran importancia. Es por ello, que la práctica de la fertilización debe ir acompañada con un manejo adecuado de otros aspectos culturales como el riego, los aspectos sanitarios (Mellado, 1988).

3.2.3. Requerimientos nutricionales de las plantas

Las plantas cultivadas, requieren de 16 elementos nutritivos esenciales, cuantitativamente los tres más importantes son: el carbono, hidrógeno y oxígeno. El primero alcanza, aproximadamente 45 %, de la materia seca, en tanto que el resto corresponde a hidrógeno y oxígeno, que forma las estructuras carbonadas como carbohidratos, ácidos orgánicos, etc. Los otros 13 nutrientes minerales aportan sólo, aproximadamente el 4 %, de la materia seca. (Sierra C. 2001).

La fertilización nitrogenada es indispensable para el crecimiento vegetativo, participando en la formación de aminoácidos y permitiendo la edificación de las proteínas vegetales (Mellado, 1988).

3.2.4. Fertilización nitrogenada

El nitrógeno es esencial para el funcionamiento de las plantas. Forma parte de todas las células vivientes, las plantas necesitan grandes cantidades de nitrógeno. Es fundamental para el crecimiento, por

constituir aminoácidos, proteínas, lecitinas, ácidos nucleicos y forma parte de la molécula de clorofila, forma parte de las estructuras básicas de los cloroplastos, aumenta la capacidad de producción pero hasta cierto punto, posterior a él se perjudica la calidad (Rouanet, J. 1994).

El nitrógeno se encuentra en el suelo principalmente como nitrato (NO_3^-) y amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+). También existe en la forma elemental (N_2) y en forma orgánica como proteínas (materia orgánica) y úrea (Rouanet, J. 1994).

Las raíces absorben el nitrógeno ya sea en forma de amonio (NH_4^+) o de nitrato (NO_3^-). Sin embargo, las plantas absorben la mayoría del nitrógeno como nitrato (NO_3^-) y de esta forma es transportado hacia las hojas. En este sitio el nitrato (NO_3^-) sufre una serie de transformaciones que terminan en la formación de proteínas y otros compuestos nitrogenados (Mellado.1988).

Con una fertilización adecuada lograremos un crecimiento rápido, gran desarrollo de hojas y brotes, acompañado de un intenso color verde oscuro, provocando un buen rendimiento (Mellado, 1988).

El nitrógeno cumple funciones vitales dentro de los seres vivos, encontrándose dentro de las plantas tanto en formas orgánicas como

inorgánicas. Estas últimas son en realidad de escasa magnitud, estando la mayoría como NO_3^- , única forma inorgánica capaz de ser almacenada. Por lo tanto, dentro de la planta la mayoría del nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Este nutriente juega un rol esencial en el crecimiento del vegetal, ya que es constituyente de moléculas como: (Clorofila, Aminoácidos esenciales, Proteínas, Enzimas, Nucleoproteínas, Hormona, Trifosfato de adenosina ATP). Además, el nitrógeno es esencial en muchos procesos metabólicos, como por ejemplo, la utilización de los carbohidratos (Díaz, 1980).

Una fertilización de 80-60-00, pero supeditado al análisis físico químico del suelo corresponde al momento de la siembra, la primera parte de nitrógeno y todo de fósforo, y la segunda aplicación de nitrógeno al momento del primer deshierbo o aporque. La quinua en su etapa vegetativa responde positivamente a la aplicación de nitrógeno (Videla, 1994).

La quinua es exigente a los nutrientes principalmente el nitrógeno, calcio, fósforo y potasio. Por ello requiere un buen abonamiento y fertilización adecuada, los niveles a utilizar dependerá de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalara la quinua (Mujica, 1996).

3.2.5. Eficiencia del uso del fertilizante nitrogenado

La eficiencia de uso del fertilizante nitrogenado se puede definir como la relación entre los kilogramos de nitrógeno absorbido proveniente del fertilizante y los kg de nitrógeno de fertilizante agregado. Como la absorción de nitrógeno depende del crecimiento del cultivo, la cantidad de nitrógeno absorbido proveniente del fertilizante generalmente se determina en madurez fisiológica, el momento de máxima absorción. Los valores de eficiencia obtenidos dependen del cultivo y del momento de aplicación del fertilizante, pero estos generalmente oscilan entre el 50 y el 70% (Casanova, 1992).

Una parte del nitrógeno no absorbido permanece en el suelo en forma orgánica, y en menor cantidad en forma mineral. El resto del nitrógeno se pierde del sistema suelo-planta por los procesos previamente descritos (Casanova, 1992).

3.2.6. Requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio por la quinua

Las plantas requieren nitrógeno en muy altas cantidades, sólo comparables a las de potasio. En la Tabla 1, se pueden comparar las cantidades de los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) consumidas por distintos cultivos según su producción de materia seca (Jansson, 1982).

Cuando el rendimiento de un cultivo se incrementa, las cantidades de nutrientes que éste demanda también aumentan. Sin embargo, no todos los nutrientes son demandados en forma proporcional al aumento de su rendimiento. Como puede observarse en la Tabla 1, cuando el rendimiento del cultivo de quinua se duplica, las cantidades de nitrógeno que el mismo debe absorber también se incrementan. En cambio el potasio, aunque también es requerido en grandes cantidades, se incrementa en un porcentaje menor.

Los contenidos de nitrógeno en la planta expresados en relación a su peso seco total generalmente oscilan entre 1 y 5 %. En general, los tejidos jóvenes tienen concentraciones mayores de nitrógeno, y las plantas leguminosas, los pseudocereales tienen concentraciones mayores que las gramíneas (Jansson, 1982).

3.2.7. Translocación de nitrógeno en la planta

Dentro de la planta el nitrógeno es muy móvil, por lo cual la planta lo puede redistribuir o translocar. A medida que el cultivo envejece, parte del nitrógeno (partes orgánicas) de las áreas vegetativas se mueve hacia las semillas. Este proceso ocurre en forma independiente de la magnitud del suministro del nitrógeno que el cultivo esté recibiendo desde el suelo. Sin embargo, si el cultivo dispone de una adecuada cantidad de nitrógeno en

las últimas etapas de su ciclo, la actividad fotosintética de la parte vegetativa tendrá una duración mayor, acumulándose más materia seca.

Por lo tanto, la concentración de nitrógeno total en las hojas es mayor cuando la planta se encuentra en la fase vegetativa que cuando se encuentra en la etapa de fructificación (Jansson, 1982).

3.2.8. Síntomas de deficiencia de nitrógeno en la quinua

Cuando existe una deficiencia de nitrógeno las hojas son pequeñas, los tallos finos y rectos y las ramificaciones escasas; de ahí que la planta parezca rala. En las primeras etapas de crecimiento las hojas suelen ser pálidas y de color verde-amarillento. Esto se debe a la poca síntesis de clorofila. A medida que la planta envejece las hojas pueden tornarse amarillas, rojas o púrpuras debido a la presencia de antocianina (Méndez, 1999).

En condiciones de deficiencia de nitrógeno se produce una competencia interna dentro de la planta que determina la movilización del nitrógeno desde los órganos de mayor edad cronológica (por ejemplo, hojas viejas) hacia los órganos más jóvenes. Si la planta se encuentra en la fase reproductiva, el nitrógeno es translocado preferentemente hacia los granos. Esto determina que los síntomas de deficiencia de nitrógeno

aparezcan en las hojas más viejas. Por esto, generalmente las hojas basales se tornan amarillentas. Incluso se ha sugerido que esta característica de las plantas sea utilizada para cuantificar el nivel de deficiencia de nitrógeno que ha sufrido el cultivo de quinua. Estos síntomas de deficiencia son comunes a la mayoría de los cultivos, pero cada especie manifiesta además síntomas específicos. (Méndez, 1999).

3.2.9. Nitrógeno y la calidad de la quinua

A diferencia de otros cultivos, en el cultivo de quinua se busca un grano con alto contenido de proteína. Esto se debe a que la calidad del grano de quinua tenga alto contenido proteico, disminuyendo así los carbohidratos al mínimo, por eso es considerado como un alimento con alto contenido nutricional, puesto que el nitrógeno es lo que le confiere esa característica, la fertilización nitrogenada afecta la calidad, puesto que una mala fertilización afecta en la baja concentración de proteínas, si es un producto netamente orgánico, pues ahí también entra a tallar el nitrógeno proveniente de la materia orgánica (Méndez, 1999).

3.2.10. Exceso de nitrógeno en el cultivo de la quinua

El aumento excesivo del nivel de suministro de nitrógeno puede afectar la incidencia de enfermedades tanto de modo positivo como negativo, y este cambio puede ser provocado por efectos directos o indirectos. Un

ejemplo de efecto directo es la mayor susceptibilidad de las plantas suculentas a la penetración y al desarrollo de ciertas enfermedades de hongos y bacterias. Un ejemplo de efectos indirectos es el aumento de la humedad relativa que se produce en el entorno de cultivos con crecimiento exuberante, lo que favorece el grado de infección de las enfermedades cuyos gérmenes son transportados por el aire, como en el caso de ciertos hongos y royas (Méndez, 1999).

La aplicación de altas dosis de nitrógeno generalmente alarga el ciclo vegetativo de los cultivos. Esto se debe en parte a que en condiciones de alto suministro de nitrógeno se desvían carbohidratos hacia el crecimiento vegetativo y se retarda la senescencia de las hojas. En general se ha observado que la dosis de nitrógeno interacciona con el momento de aplicación, cuando más tarde se aplica una misma dosis de nitrógeno mayor es el efecto de retraso en la maduración que se observa. En cambio, cuando se parte de situaciones de gran deficiencia de nitrógeno, la aplicación de dosis moderada de este nutriente puede acortar el ciclo del cultivo. La explicación de este fenómeno parece relacionarse con la formación más acelerada de ciertos compuestos orgánicos (Méndez, 1999).

3.2.11. Materia orgánica

3.2.11.1. Efectos benéficos de la materia orgánica

Los científicos agrícolas han reconocido los beneficios de la materia orgánica para la productividad de los cultivos. Esos beneficios han sido sujeto de controversia por mucho tiempo y algunos se mantienen actualmente. Muchos de estos beneficios de la materia orgánica han sido bien documentados, pero algunos efectos están íntimamente asociados con otros factores del suelo que es difícil atribuirle solo a la materia orgánica. Otro de los inconvenientes está ligado a la falta de precisiones para definir específicamente las varias fracciones dentro de la materia orgánica.

El efecto benéfico de la materia orgánica sobre la fertilidad de los suelos especialmente sobre aquellos altamente meteorizados es de una importancia dramática con relación a sus contenidos, pues está demostrado que incrementos mínimos benefician simultáneamente las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Aunque la interacción de estas tres propiedades dificulta la cuantificación del efecto benéfico de la materia orgánica, para complicar aún más la situación es muy factible que los distintos componentes de la materia orgánica estén

afectando simultáneamente y en forma distinta la dinámica, las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Aunque no se conoce a ciencia cierta la naturaleza de los procesos implicados ni las fracciones de materia orgánica que afectan las propiedades del suelo, es claro que ésta presenta efectos benéficos como los siguientes:

- Es fuente importante de micro y macronutrientes especialmente N, P, Y S, siendo particularmente importante el P orgánico en los suelos ácidos.
- Ayuda a la estabilización de la acidez del suelo.
- Actúa como agente quelatante del aluminio.
- Actúa como quelatante de micronutrientes previniendo su lixiviación y evita la toxicidad de los mismos.
- Regula los fenómenos de adsorción especialmente la inactivación de plaguicidas.
- Mejora la capacidad de intercambio del suelo.
- Mejora la cohesión y estabilidad de los agregados del suelo.
- Disminuye la densidad aparente.
- Aumenta la capacidad del suelo para retener agua.
- Es fuente energética de los microorganismos especialmente por sus compuestos de carbono.

- Estimula el desarrollo radicular y la actividad de los macro y microorganismos del suelo.

3.2.12. Mineralización de nutrientes de la materia orgánica

Una de las contribuciones más importante de la materia orgánica a la fertilidad de suelo es su capacidad de suplir nutrientes, especialmente nitrógeno, fósforo, y azufre. Los nutrientes son secuestrados en y liberados de la materia orgánica por 2 procesos distintos: biológicos (N, P, S) y químicos (Ca, Mg, K). Para un mejor entendimiento de estos procesos es necesario mencionar conceptos como mineralización e inmovilización. La mineralización incluye un conjunto de procesos por medio de las cuales, el N, P, entre otros en combinación con la materia orgánica son transformados a moléculas inorgánicas de constitución más simple.

3.2.13. La importancia de la materia orgánica en los agroecosistemas

El mantenimiento de la materia orgánica del suelo es un proceso clave relacionado con la sostenibilidad y productividad de los sistemas agrícolas, especialmente para los que están en suelos frágiles y manejados por agricultores de pocos recursos (Sánchez et al., 1989).

Como se mencionó anteriormente, la importancia de la materia orgánica descansa en su contribución a la capacidad de intercambio catiónico del suelo y, por ende, en la retención de los nutrimentos, su función como una fuente importante de nitrógeno y fósforo, y su rol en el mantenimiento de la agregación, estructura física, y retención del agua del suelo (Allison, 1973). Puesto que los agricultores pobres tienen poco acceso a los insumos químicos que se requieren para mantener la productividad de su terreno, el manejo adecuado de la materia orgánica adquiere suma importancia. Sin embargo, el conocimiento sobre cómo se pueden mantener o renovar los niveles de materia orgánica del suelo a través de la adición de insumos orgánicos es incompleto (Sánchez, 1989).

3.3. Marco referencial

Según (Mamani, 2008), en el trabajo de investigación “Respuesta de cinco niveles de nitrógeno en dos cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de la localidad de La Yarada”, menciona que con respecto al rendimiento de grano, el cultivar Toledo es más productivo con 4 317 kg por hectárea, requiriendo de 206,45 kg de nitrógeno. El cultivar Utusaya rindió 3 883,51 kg/ha de grano con un nivel de 232,27 kg/ha de nitrógeno.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental.

4.2. Población y muestra

La población estuvo constituida por plantas de quinua (*Chenopodium quinoa*, willd) var. Real boliviana.

4.3. Materiales y métodos

4.3.1. Ubicación del campo experimental

El experimento se realizó en el Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, tiene una extensión de 7,00 ha. El Centro Experimental Agrícola III “Los Pichones”, se encuentra ubicada geográficamente a:

- Latitud Sur : 17°59'38''
- Longitud Oeste : 70°14'22''
- Altitud : 532 m.s.n.m.

Políticamente se encuentra en la región Tacna, en la Provincia de Tacna Distrito de Tacna.

4.3.2 Situación edáfica del campo experimental

Se realizó el respectivo análisis del suelo en el año 2012 cuyos resultados se encuentran en el siguiente cuadro:

Tabla 2. Características físico – químicas del suelo

ANÁLISIS FÍSICO	RESULTADOS
Arena	64 %
Limo	25 %
Arcilla	11 %
Clase textural	Franco arenosa
ANÁLISIS QUÍMICO	RESULTADOS
pH	4,46
C.E.	3,42 dS/m
Materia orgánica	0,028 %
Fósforo	2,30 ppm
Potasio	441 ppm
Ca ⁺⁺	8,10meq/100gs
Mg ⁺⁺	0,90meq/100gs
K ⁺	1,15meq/100gs
Na ⁺	0,36 meq/100gs
CIC	12,80 meq/100gs
PSI	3,29 %
Saturación de bases	82%

Fuente: Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) 2012.

En la tabla 2, se presenta el análisis de suelo del campo experimental, los resultados del análisis indican que el suelo es de textura franco arenoso, el contenido de materia orgánica es muy bajo, el pH es de 4,46 o sea ácido con una conductividad eléctrica de 3,42 dS/m que no

representa problema para el desarrollo del cultivo debido a que la quinua es un planta rústica y tolerante a condiciones de salinidad del suelo. La capacidad de intercambio catiónico es de 12,80 meq/100 gr que se califica como bajo, debido a que la textura del suelo con alto contenido de arena; este valor está en el rango de 5 – 15 meq/100 g de la escala de U.S.D.A. para suelos francos.

El nitrógeno se encuentra en nivel bajo, el fosforo disponible se encuentra en un nivel bajo 2,30 ppm y el potasio se encuentra en un nivel alto 441 ppm.

4.3.3 Características climáticas

Las temperaturas máxima media durante el periodo de ejecución del experimento vario entre 27,6 °C en Enero del 2013 a 24,3 °C en Abril de 2012; con un promedio de 26,4 °C, por otra parte la temperatura mínima media fluctúa entre 16,4 °C en enero del 2013 a 12,6 °C en Abril del 2013, con un promedio de 15,9 °C. La temperatura ideal para el cultivo va de 15 a 20 °C, pero también puede prosperar hasta temperaturas de 32 °C sucedió en este experimento. Temperaturas por encima de los 35 °C ocasionan muerte del polen y no permiten la formación de grano.

Estos valores están dentro del rango en que la quinua puede desarrollarse sin mayores complicaciones (MUJICA, 1997).

Tabla 3. Datos meteorológicos

Meses	Temperatura máxima C°	Temperatura mínima C°	Precipitación mm	Humedad relativa %
Enero	27,6	16,4	0,0	74
Febrero	28,9	17,5	0,4	67
Marzo	27,2	16,1	1,2	74
Abril	24,3	12,8	0,0	73

Fuente: Senamhi, 2013

4.3.4 Material experimental

Material Vegetal: En el presente trabajo se utilizó la quinua.

- ✓ Quinua variedad Real boliviana

Se trabajó con una población de 1 248 plantas y una muestra de 720 plantas a evaluar.

4.3.5 Características del material experimental

a. Quinua var. Real Boliviana

De procedencia del altiplano boliviano, seleccionado por su alta calidad de grano (gran tamaño), de color de la planta marfil claro, su periodo vegetativo relativamente corto. (INIA, 2010).

- Es originario del altiplano boliviano.
- Se caracteriza por su tamaño de grano grande y de color blanco.
- El color de la planta es marfil claro
- De período vegetativo semi-precoz.
- De rendimiento elevado.
- En condiciones de costa rinde hasta 5000 kg/ha.

b. Nitrato. Urea CO₂ (NH₂)

La urea es un abono orgánico (amínico) que se encuentra en los orines de los animales. Su fabricación es relativamente barata. Es el abono más concentrado de todos los abonos sólidos y es fácilmente soluble en agua, y si es pura, tiene una riqueza en nitrógeno del 46,6 %. (Simpson, 1991).

La urea es higroscópica y por ello difícil de manejar aunque la tecnología actual ha agregado una pequeña cantidad de acondicionante logrando un producto comercial de 46 %. (Simpson, 1991).

La Urea, en su forma original, no contiene Amonio (NH₄⁺), sin embargo ésta se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” y por la temperatura del suelo. En suelos desnudos y con aplicaciones

superficiales de Urea, algún porcentaje de Amoniaco (NH_3) se pierde por volatilización.

c. Estiércol de vacuno

Uso de estiércol animal como abono orgánico con la finalidad de acondicionar el suelo mejorando su contenido de humus y estructura, estimulando la vida micro y meso biológica del suelo. Al mismo tiempo se fertiliza el suelo con micro y macro nutrientes. Contiene 1,1-3% de N, 0,31% de P y 0,8-2 % de K. Estos nutrientes se liberan paulatinamente (al contraste con el fertilizante químico). El estiércol vacuno libera aproximadamente la mitad de sus nutrientes en el primer año. Estiércol vacuno en 2-3 días en el sol puede perder el 50 % de su N y puede perder por lluvias en pocotiempo gran parte de su N y K. Otros estudios reportan que un ganado estabulado, el estiércol tiene las siguientes concentraciones:

- 2,8% de nitrógeno
- 0,2% de fósforo
- 1-3% de potasio
- 6 - 15 % de sales

(Castellanos, 1990).

4.3.6 Factores experimentales en estudio

Cuadro 2. Factores experimentales

a) Factor n: nitrógeno	b) Factor e: estiércol
n_1 : 80 Kg/ha	p_1 : 00 t/ha
n_2 : 130 Kg/ha	p_2 : 10 t/ha
n_3 : 180 Kg/ha	p_3 : 15 t/ha
n_4 : 230 Kg/ha	p_4 : 20 t/ha

Fuente: Elaboración propia

4.3.7 Tratamientos (combinación de factores)

Cuadro 3. Combinación de tratamientos.

Tratamientos	Nitrógeno	Estiércol	Combinaciones	
T ₁	80	00	80 – 00	n ₁ e ₁
T ₂	80	00	80 -10	n ₁ e ₂
T ₃	80	00	80 - 15	n ₁ e ₃
T ₄	80	00	80 – 20	n ₁ e ₄
T ₅	130	10	130 – 00	n ₂ e ₁
T ₆	130	10	130 – 10	n ₂ e ₂
T ₇	130	10	130 – 15	n ₂ e ₃
T ₈	130	10	130 – 20	n ₂ e ₄
T ₉	180	15	180 – 00	n ₃ e ₁
T ₁₀	180	15	180 – 10	n ₃ e ₂
T ₁₁	180	15	180 – 15	n ₃ e ₃
T ₁₂	180	15	180 – 20	n ₃ e ₄
T ₁₃	230	20	230 – 00	n ₄ e ₁
T ₁₄	230	20	230 – 10	n ₄ e ₂
T ₁₅	230	20	230 – 15	n ₄ e ₃
T ₁₆	230	20	230 – 20	n ₄ e ₄

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4. Aleatorización de tratamientos en el campo experimental para la evaluación.

BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
T ₁₁ (n ₃ e ₃)	T ₇ (n ₂ e ₃)	T ₃ (n ₁ e ₃)
T ₃ (n ₁ e ₃)	T ₅ (n ₂ e ₁)	T ₁₅ (n ₄ e ₃)
T ₁₀ (n ₃ e ₂)	T ₁ (n ₁ e ₁)	T ₈ (n ₂ e ₄)
T ₇ (n ₂ e ₃)	T ₁₄ (n ₄ e ₂)	T ₅ (n ₂ e ₁)
T ₄ (n ₁ e ₄)	T ₁₁ (n ₃ e ₃)	T ₁₂ (n ₃ e ₄)
T ₉ (n ₃ e ₁)	T ₁₆ (n ₄ e ₄)	T ₄ (n ₁ e ₄)
T ₁₃ (n ₄ e ₁)	T ₁₅ (n ₄ e ₃)	T ₁₄ (n ₄ e ₂)
T ₂ (n ₁ e ₂)	T ₈ (n ₂ e ₄)	T ₂ (n ₁ e ₂)
T ₅ (n ₂ e ₁)	T ₁₂ (n ₃ e ₄)	T ₁₆ (n ₄ e ₄)
T ₆ (n ₂ e ₂)	T ₉ (n ₃ e ₁)	T ₁ (n ₁ e ₁)
T ₁₄ (n ₄ e ₂)	T ₃ (n ₁ e ₃)	T ₆ (n ₂ e ₂)
T ₁ (n ₁ e ₁)	T ₂ (n ₁ e ₂)	T ₁₃ (n ₄ e ₁)
T ₁₂ (n ₃ e ₄)	T ₄ (n ₁ e ₄)	T ₇ (n ₂ e ₃)
T ₁₅ (n ₄ e ₃)	T ₆ (n ₂ e ₂)	T ₉ (n ₃ e ₁)
T ₈ (n ₂ e ₄)	T ₁₃ (n ₄ e ₁)	T ₁₀ (n ₃ e ₂)
T ₁₆ (n ₄ e ₄)	T ₁₀ (n ₃ e ₂)	T ₁₁ (n ₃ e ₃)

Fuente: Elaboración propia

4.3.8 Diseño experimental:

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar, 16 tratamientos y 3 repeticiones.

4.3.9 Análisis Estadístico

El análisis estadístico de los factores en estudio se realizó utilizando la técnica del análisis de varianza (ANVA). Con arreglo factorial de 4 x 4, usando la prueba en F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01. Para determinar la tendencia y hallar la interacción en los tratamientos se empleó la técnica de regresión, ajustándose a una función de respuesta, para lograr los resultados se hizo un paquete estadístico. El modelo que se utilizó es:

$$Y_{ijk} = U + T_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + E_{ijk}$$

Y_{ijk}	=	Observación
U	=	Media general
T_i	=	Efecto de tratamientos
A_j	=	Efecto del factor nitrógeno
B_k	=	Efecto del factor fósforo
$(AB)_{jk}$	=	Efecto de la interacción (n x p)
E_{ijk}	=	Efecto aleatorio del error

4.3.10 Características del campo experimental

Campo experimental

Largo	: 27 m
Ancho	: 24 m
Área total	: 648 m ²

Unidad experimental

Largo del tratamiento	: 9 m
Ancho del tratamiento	: 1,5 m
Área de unidad experimental	: 13,5 m ²

Bloque experimental

Largo	: 9 m
Ancho	: 24 m
Área	: 216 m ²

Otros

Número de líneas del campo experimental	: 16
Número de plantas por línea	: 80
Número de plantas por unidad experimental	: 26
Número de plantas en toda la parcela experimental	: 1248
Separación entre línea	: 1,5 m
Distanciamiento entre plantas	: 0,15 m
Número de plantas por golpe	: 1 planta

4.3.11. Variables en evaluación

4.3.11.1. Altura de planta (cm)

Esta variable se evaluó tomando 15 plantas por unidad experimental, en donde la evaluación se hizo con una wincha que se midió desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja.

4.3.11.2. Peso de biomasa área fresca (g/planta)

Para medir esta variable también se evaluó 15 plantas por unidad experimental, esta labor se realizó una vez cosechado. Primeramente se pesó las plantas frescas en laboratorio y luego se llevó a una estufa a 85°C por 24 h, para así obtener peso seco utilizando una balanza de precisión (biomasa seca).

4.3.11.3. Longitud de panoja (cm)

Para medir esta variable se tomaron 15 plantas por unidad experimental, midiendo las panojas desde la base de la panoja hasta el ápice de la panoja con una regla de metal

4.3.11.4. Ancho de panoja (cm)

Para medir esta variable se tomó 15 plantas por unidad experimental, midiendo las panojas en el tercio inferior, es decir la parte media de la panoja con una regla de metal

4.3.11.5. Rendimiento de grano (kg/ha)

Se obtuvo el peso total de todas las plantas cosechadas y previamente secadas. Es decir se tomó la totalidad para luego transformarlo a ha. y luego lo expresaremos en kg/ha.

4.3.12. Labores y conducción del experimento

4.3.12.1. Preparación del terreno

Se realizó en forma manual con la utilización del motocultor, palas, picos y rastrillos para uniformizar el terreno, se removió a lo largo de la cinta de riego, para incorporar materia orgánica, luego se hizo riegos cada tres días para una buena descomposición de la materia orgánica.

4.3.12.2. Toma de muestra (para análisis en laboratorio)

Una vez preparado el terreno se procedió a tomar las muestras, se tomó 30 submuestras en toda la parcela experimental. La toma de muestras se realizó en zigzag, para luego homogenizarlo y sacar 1kg para el laboratorio.

4.3.12.3. Tendido de cintas y marcado del terreno

Se utilizó cintas nuevas, además se marcó el terreno con tablillas, para todos los tratamientos.

4.3.12.4. Selección y adquisición de semilla

La semilla se adquirió de la Estación Experimental III (INIA)-Puno, semilla previamente seleccionada y certificada.

4.3.12.5. Siembra (07 de enero del 2013)

Una vez preparado el terreno con anticipación, incorporado la materia orgánica y la fertilización de fondo y los respectivos riegos, se realizó la siembra de manera manual.

4.3.12.6. Fertilización y aplicación de tratamientos

La fertilización se realizó previamente interpretado el análisis de suelo, con nitrógeno en tres aplicaciones, de acuerdo a los niveles establecidos para la investigación (cuadro 5), el fósforo y potasio se aplicó como factores fijos 80 kg/ha P_2O_5 y 40 Kg/ha de K_2O respectivamente antes de la siembra junto a la materia orgánica en sus cuatro niveles en estudio. El fraccionamiento del nitrógeno fue de la siguiente manera:

Cuadro 5. Fertilización

Época de aplicación (tres aplicaciones)	Urea (46 % de nitrógeno)	Fosfato diamónico (46% %P₂O₅)-80kg/ha	Sulfato de potasio (50 % k y 18 % S)- 40kg/ha
Abonado de fondo	33,3%	100%	100%
Ramificación (a los 30 días)	33,3%	0	0
Inicio de floración (40 a 50 días en el aporque)	33,3%	0	0

Fuente: Elaboración propia

4.3.12.7. Riegos

La frecuencia de riego se realizó semanalmente, de acuerdo a la capacidad de campo y al estado fenológico del cultivo.

4.3.12.8. Deshierbos

Esta labor cultural se hizo permanentemente, para evitar así la competencia de las malezas y el cultivo.

4.3.12.9. Raleo o entresaque

Se realizó días después de la siembra, se hizo el entresaque de aquellas plántulas que no tengan el vigor necesario, las más pequeñas, etc.

4.3.12.10. Aporque

Esta labor se realizó como a los 40 a 50 días, para evitar que las plantas se tumben. En esta labor se aplicó el tercer tratamiento de nitrógeno.

4.3.12.11. Control fitosanitario

El control se hizo con productos químicos contra la polilla de la quinua, pegador de hojas, destructor de panojas se utilizó un Carbaryl 1.5 kg/ha. También se aplicó algunos productos químicos para controlar el mildiu se utilizó un Metalaxil 4g/l de agua, mancha foliar se utilizó Mancazeb 2g/l de agua, podredumbre marrón del tallo se utilizó Benomil 0.4kg/ha, de manera preventiva.

4.3.12.12. Cosecha

La cosecha se realizóa los 110 días aproximadamente, el 15 de Abril.

CAPÍTULO V

TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

5.1. Resultados y discusión

5.1.1. Altura de planta

Cuadro 6. Análisis de varianza de altura de planta (cm) de quinua.

Variedad real boliviana.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	2	8,756979	4,37849	0,14	ns
Nitrógeno	3	1 168,641250	389,547083	12,61	**
Estiércol	3	795,309583	265,103194	8,58	**
Nitro x Estiércol	9	609,875000	67,763889	2,19	ns
Error Exp.	30	927,106354	30,903545		
Total	47	3 509,689167			

CV= 3,72%

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de variancia de altura de planta de quinua variedad Real Boliviana (cuadro 6), muestran que, bloques resultaron no significativos; en tanto que para el factor nitrógeno, se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, lo que implica que los niveles de nitrógeno utilizados en el experimento influyeron en la altura de planta; de otro lado el factor estiércol también resultó con alta significancia estadística, por lo que se infiere que los niveles aplicados al suelo, contribuyeron en la altura de planta de la quinua; sin embargo la interacción nitrógeno por estiércol, resultó no significativa, por lo que asume que ambos factores se comportaron de manera independiente.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los análisis deben realizarse para ambos factores en estudio, para ello, se realizó el análisis de regresión.

Cuadro 7. Análisis de regresión de altura de planta (cm) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	1 130,13600	1 130,13600	21,85 **
Error exp.	46	2 379,55317	51,72942	
Total	47	3 509,68917		

CV = 4,81% R² = 32,20%

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de altura de planta de quinua variedad Real Boliviana para el factor nitrógeno (cuadro 7), señala que la regresión resultó con alta significación estadística, en consecuencia, se acepta que el modelo empleado es adecuado para analizar la respuesta de la quinua a la aplicación de niveles de nitrógeno.

La ecuación resultante fue la siguiente:

$$Y = 135,99183 + 0,08680N$$

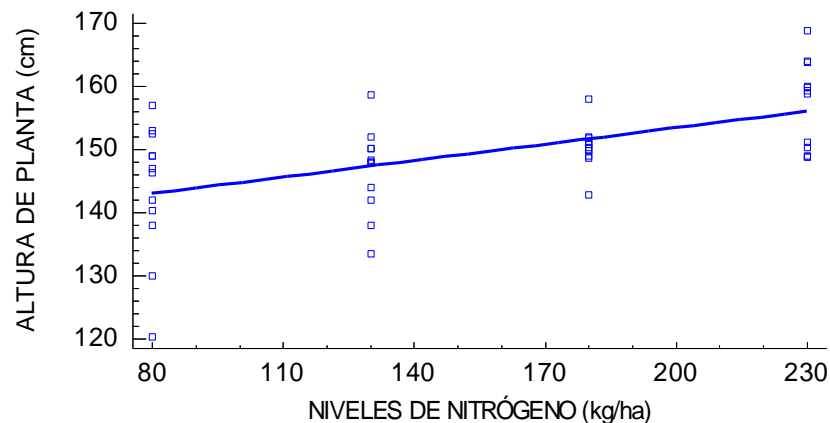


Figura 1. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno, en la expresión de altura de planta de quinua variedad Real Boliviana.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados encontrados con respecto a la altura de planta de quinua variedad Real Boliviana, demuestran que el nitrógeno influyó en esta variable permitiendo el incremento del tamaño de planta en función

de los niveles de nitrógeno utilizados hasta alturas máximas de 156 cm. Del mismo modo tal como se observa en la ecuación y la figura 01, la respuesta fue de tipo lineal, lo que indica que no se presentaron efectos contrarios del nitrógeno en relación a la altura de planta.

Igualmente se confirma la importancia que se le asigna al nitrógeno en el crecimiento de la quinua.

Cuadro 8. Análisis de regresión de altura de planta (cm) de quinua real boliviana para el factor estiércol.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	779,28193	779,28193	13,13 **
Error exp.	46	2 730,40724	59,35668	
Total	47	3 509,68917		

CV = 5,16% R² = 22,20%

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de altura de planta de quinua se presenta en el cuadro 8, que resultó con alta significación estadística, por lo tanto se considera que el modelo empleado fue apropiado para analizar la respuesta de la quinua a la aplicación de niveles de estiércol. La ecuación encontrada fue la siguiente:

$$Y = 143,316 + 0,054487E$$

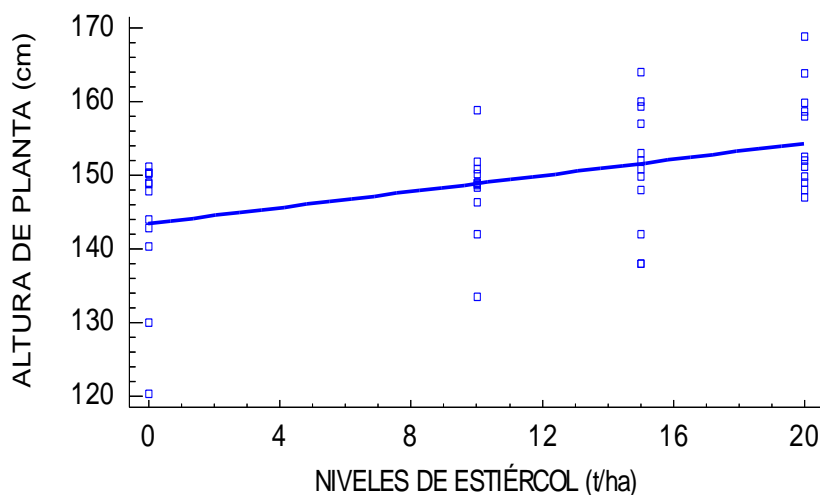


Figura 2. Influencia de cuatro niveles de estiércol, en la expresión de alturade planta de quinua variedad Real Boliviana.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados encontrados para los efectos de los niveles del factor estiércol en relación a la altura de planta de la variedad Real Boliviana, tomando en consideración la ecuación y su figura respectiva; indican una respuesta de tipo lineal similar al caso del nitrógeno. Observándose solamente efectos positivos en el tamaño de planta. Los resultados del presente experimento, puede aceptarse en razón de que el estiércol mejora las condiciones del suelo y del aporte de sus componentes como son los nutrientes que habrían contribuido en el crecimiento de la quinua.

5.1.2. Ancho de panoja

Cuadro 9. Análisis de varianza de ancho de panoja (cm) de quinua real boliviana.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	2	10,84666	5,42333	0,97	ns
Nitrógeno	3	112,56307	37,52102	6,68	**
Estiércol	3	12,33057	4,11019	0,73	ns
Nitro x Estiérc	9	30,01338	3,33482	0,59	ns
Error Exp.	30	168,44500	5,61483		
Total	47	334,19869			

CV = 17,64%

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de variancia de ancho de panoja de quinua, variedad Real Boliviana, se observa que los bloques no difieren entre sí; el factor nitrógeno resultó con alta significación estadística lo que indica que los niveles de Nitrógeno influyeron en la longitud de panoja; el factor estiércol no presentó significación estadística, por lo que se asume que no influyó en el ancho de panoja; igualmente la interacción nitrógeno por estiércol resultó no significativo, por lo que ambos factores fueron independientes.

En consecuencia se requiere analizar el factor nitrógeno, para lo cual se realizó el análisis de regresión.

Cuadro 10. Análisis de regresión de ancho de panoja (cm) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	101,85551	101,85551	20,7 **
Error exp.	46	232,34319	5,05094	
Total	47	334,19870		

CV = 16,73% R² = 30,48%

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de ancho de panoja (cuadro 10), resultó con alta significación estadística, por lo que se considera que el modelo empleado es apropiado para conocer la respuesta de la variable en estudio. La ecuación encontrada fue la siguiente:

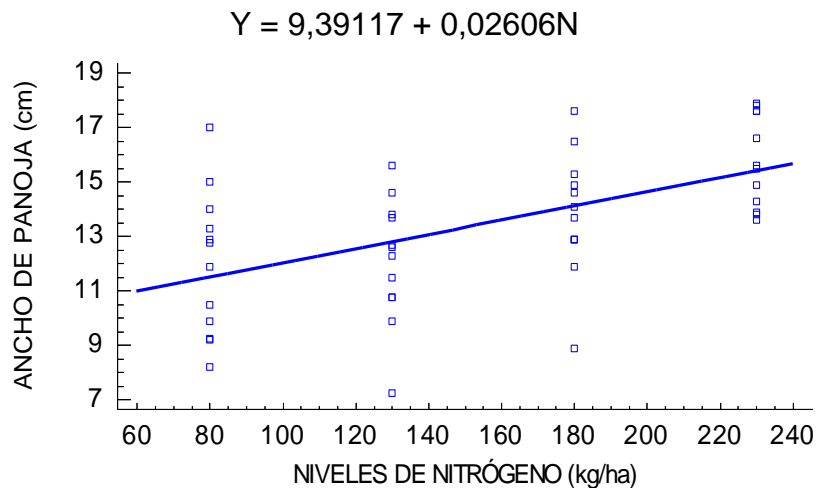


Figura 3. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno en la expresión de ancho de panoja de quinua variedad Real Boliviana.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión tal como se aprecia tanto en la ecuación como en la figura correspondiente, indican que la respuesta fue de tipo lineal, lo que quiere decir que el ancho de panoja de la quinua Real Boliviana, se incrementó de acuerdo a los niveles de nitrógeno aplicados al suelo hasta valores máximos de 15.38 cm. Confirmándose de esta manera el rol del nitrógeno para el cultivo de quinua.

5.1.3. Longitud de panoja

Cuadro 11. Análisis de variancia de longitud de panoja (cm) de quinua real boliviana.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	2	531,4962	265,7481	6,44	**
Nitrógeno	3	1 959,7595	653,2531	15,83	**
Estiércol	3	191,4675	63,8225		ns
Nitro x Estiérc	9	364,7970	40,5330		ns
Error Exp.	30	1 237,3320	41,2444		
Total	47				

CV = 11,38%

Fuente: Elaboración propia

El análisis de variancia de longitud de panoja de quinua Real Boliviana, se presenta en el cuadro 11, en el que se observa que, entre bloques no

se presentaron diferencias estadísticas; para el factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que se asevera que los niveles de nitrógeno influyeron en la longitud de panoja. De otra parte el factor estiércol no presentó diferencias estadísticas, similar respuesta se encontró para la interacción nitrógeno por estiércol; estos resultados indican que el estiércol no influyó de manera notoria en la longitud de panoja, además ambos factores se comportaron de manera independiente.

En consecuencia, los análisis siguientes se centraron en el factor nitrógeno.

Cuadro 12. Análisis de regresión de longitud de panoja (cm) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	1 836,51337	183,51337	34,5 **
Error exp.	46	2 448,33912	53,22476	
Total	47	4 284,85250		

CV = 12,93% R² = 42,86%

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de longitud de panoja de quinua Real Boliviana para el factor nitrógeno (cuadro 12), resultó con significación estadística

altamente significativa, por tanto se considera que el modelo empleado fue apropiado para conocer la respuesta de la variable analizada. La ecuación encontrada fue la siguiente:

$$Y = 39,2618 + 0,11065N$$

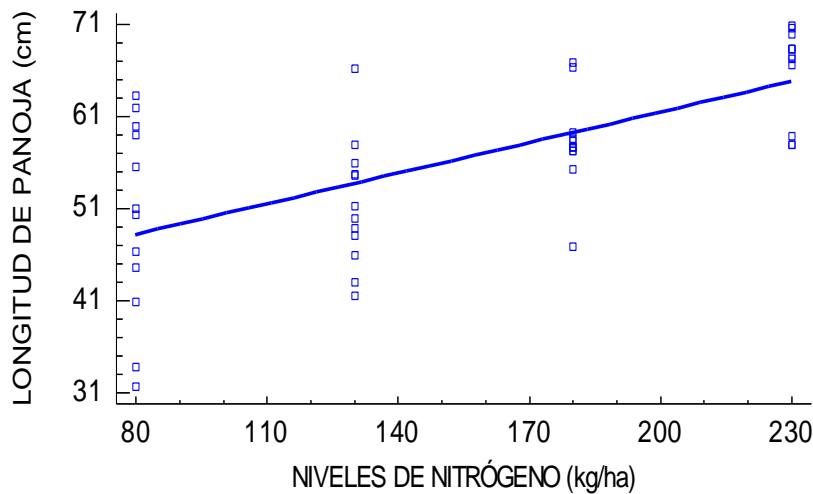


Figura 4. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno, en la expresión de longitud de panoja de quinua variedad Real Boliviana.

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de los efectos de la fertilización nitrogenada en la longitud de panoja de quinua variedad Real Boliviana (tabla 09), la ecuación obtenida y su figura correspondiente, demuestran que la respuesta fue de tipo lineal; por consiguiente la longitud de panoja de

quinua variedad Real Boliviana se incrementó en función de los niveles de nitrógeno aplicados al suelo, alcanzando un máximo de 64,7 cm.

5.1.4. Peso de biomasa fresca

Cuadro 13. Análisis de variancia de biomasa fresca (g) de quinua real boliviana.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	2	14 806,993	7 403,4969	6,03	**
Nitrógeno	3	71 441,552	2 3813,850	19,41	**
Estiércol	3	9 105,071	3 035,023	2,47	ns
Nitro x Estiérc	9	17 997,162	1 227,022	1,63	ns
Error Exp.	30	36 810,672			
Total	47	150 161,452			

CV = 11,16%

Fuente: Elaboración propia

El análisis de variancia de biomasa fresca de quinua Real Boliviana, se presenta en el cuadro 13, en el que se observa que, entre bloques se presentaron diferencias estadísticas; para el factor nitrógeno se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas, por lo que se asevera que los niveles de nitrógeno influyeron en el peso de biomasa fresca. De otra parte el factor estiércol no presentó diferencias estadísticas, similar respuesta se encontró para la interacción nitrógeno

por estiércol; estos resultados indican que el estiércol no influyó de manera notoria en la acumulación de biomasa fresca, además ambos factores se comportaron de manera independiente.

En consecuencia, se requiere ampliar el análisis del factor nitrógeno, para ello se realizó el análisis de regresión.

Cuadro 14. Análisis de regresión de biomasa fresca (g) de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	69 425,00	69 425,0000	39,56 **
Error exp.	46	80 736,00	1 755,13385	
Total	47	150 161,00		

CV = 13,35 % $R^2 = 46,23$

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de peso de biomasa fresca de quinua variedad Real Boliviana, resultó con alta significancia estadística, consecuentemente el modelo empleado es apropiado para conocer la respuesta de la quinua a la aplicación de niveles de nitrógeno. La ecuación resultante fue la siguiente:

$$Y = 208,18207 + 0,66032N$$

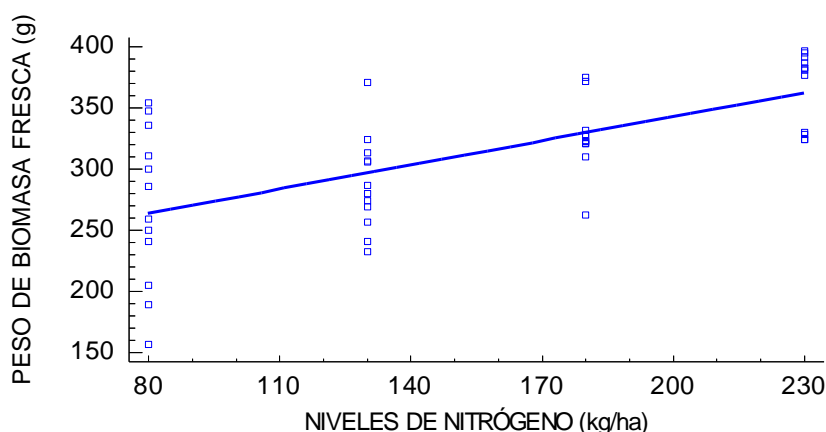


Figura 5. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno en la expresión de peso de biomasa fresca de quinua variedad Real Boliviana.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados encontrados, muestran que la respuesta de la quinua Real Boliviana a la aplicación de niveles de nitrógeno fue de tipo lineal, por lo que se puede inferir que el nitrógeno influyó directamente en el peso de biomasa fresca, en razón de que se incrementa en relación a los niveles crecientes de fertilizante nitrogenado aplicado, sin embargo en el presente estudio no fue posible determinar un nivel a partir del cual ocurrieran posibles efectos contrarios. El mayor peso de biomasa fresca fue de 360 gramos por planta.

Los resultados de la presente investigación con respecto a la biomasa fresca muestran que a medida que los niveles de nitrógeno aplicados se

elevaron. Se incrementó el peso de las plantas, la razón de la respuesta obedece a que el nitrógeno es un elemento muy importante porque forma parte de la clorofila y a niveles más altos de nitrógeno se tiene mayor cantidad de clorofila y en consecuencia mayores tasas de fotosíntesis, lo que explicaría la variación de biomasa en relación a los niveles de nitrógeno

4.1.5. Rendimiento de grano por hectárea

Cuadro 15. Análisis de variancia de rendimiento de grano por hectárea de quinua real boliviana.

F de V	GL	SC	CM	Fc	Sign.
Bloques	2	2 173 822,04	1 086 911,02	18,60	**
Nitrógeno	3	10 288 418,06	3 429 472,69	58,68	**
Estiércol	3	488 746,40	162 915,47	2,79	ns
Nitro x Estiérc	9	1 006 102,52	111 789,17	1,19	ns
Error Exp.	30	1 753 163,96	58 438,80		
Total	47	15 710 252,98			

CV = 11,31%

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de variancia de rendimiento de grano por hectárea de la variedad Real boliviana (cuadro 15), se observa que para bloques se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas; el factor

nitrógeno también resultó con diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que los niveles de nitrógeno influyeron en el rendimiento de grano; en cambio el factor estiércol resultó no significativo por lo que se asume que no influyó de manera apreciable en el rendimiento de grano; la interacción nitrógeno por estiércol al resultar sin significancia estadística indica que ambos factores se comportaron de forma independiente.

Con el propósito de ampliar los análisis para el factor nitrógeno se procedió a realizar el análisis de regresión.

Cuadro 16. Análisis de regresión de rendimiento de grano por hectárea de quinua real boliviana para el factor nitrógeno.

F de V	GL	SC	CM	Fc
Regresión	1	9 493 497,00	9 493 497,00	70,25 **
Error exp.	46	6 216 756,00	135 147,00	
Total	47	15 710 235,00		

CV = 17,20 % $R^2 = 60,43\%$

Fuente: Elaboración propia

El análisis de regresión de longitud de panoja de quinua Real Boliviana para el factor nitrógeno (cuadro 16), resultó con significación estadística

altamente significativa, por tanto se considera que el modelo empleado fue apropiado para conocer la respuesta de la variable analizada. La ecuación encontrada fue la siguiente:

$$Y = 904,25167 + 7,95550N$$

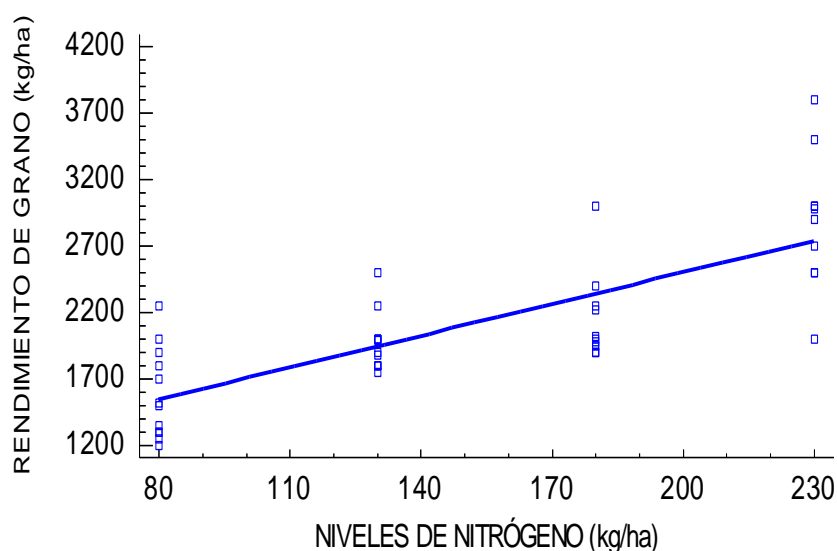


Figura 6. Influencia de cuatro niveles de nitrógeno en el rendimiento de grano por hectárea de quinua de la variedad Real Boliviana.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del análisis de regresión tal como se aprecia tanto en la ecuación como en la figura correspondiente, indican que la respuesta fue de tipo lineal, lo que quiere decir que el rendimiento de grano por hectárea de la quinua Real Boliviana, se incrementó de acuerdo a los

niveles de nitrógeno aplicados al suelo hasta valores máximos de 2 734 kilogramos por hectárea; confirmándose de esta manera el rol importante del nitrógeno en los rendimientos de quinua. Sin embargo debe considerarse que al resultar la respuesta de tipo lineal hasta un nivel de 230 kilogramos de nitrógeno por hectárea indica que debe existir un nivel superior al cual el rendimiento de grano podría afectarse negativamente.

Los resultados del presente estudio muestran que con niveles de 80 kilogramos por hectárea de nitrógeno no se observaron síntomas de deficiencia visibles, tales como hojas pequeñas o amarillentas y tallos delgados (Méndez, 1999). De otra parte se debe mencionar que para el caso de la sierra se recomienda el empleo de 80 kg de nitrógeno por hectárea (Mujica y Jacobsen, 2000), a partir de la presente investigación se observa que las exigencias en nitrógeno para la variedad Real Boliviana serían superiores a los 230 kg/ha.

Los rendimientos de grano registrados en el presente trabajo son superiores a los obtenidos por flores (2005), quien en condiciones de la yarada informa que obtuvo rendimientos de 1 544,80 kg/ha para la variedad Real Boliviana con 100 kg de nitrógeno por hectárea. En otra investigación al comparar rendimiento de variedades en la Yarada Baja Alfaro (2001) con aplicación de 80 kilogramos de nitrógeno por hectárea, para la variedad Real Boliviana reporta rendimientos de 1 979,036 kg/ha.

Lo que se puede inferir al contrastar estos resultados, es que aparentemente las necesidades en nitrógeno de la quinua Real Boliviana en condiciones de Tacna no serían muy altas; sin embargo con la presente investigación se demostró que niveles de hasta 230 kg de nitrógeno por hectárea serían aún insuficientes para cubrir las exigencias nutricionales de la quinua.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de 230 kg de nitrógeno por hectárea, se obtuvo un rendimiento de grano de quinua de 2 734 kilogramos por hectárea; y un promedio de biomasa fresca 360 gramos, constituyendo en ambos casos los promedios más altos.
2. La mayor altura de planta fue de 156 cm con 230 kg de nitrógeno por hectárea, mientras que con 20 t/ha de estiércol fue de 144cm.
3. La longitud de panoja desarrolló un máximo de 64,7 cm y el mayor ancho promedio de panoja fue de 15,38 cm, en ambos casos con 230 kg/ha de nitrógeno.
4. Los niveles de nitrógeno en quinua Real Boliviana, influyeron en la altura de planta, longitud y ancho de panoja, biomasa fresca y en el rendimiento de grano. El estiércol influyó solamente en la altura de planta.

RECOMENDACIONES

1. Para condiciones similares a las que llevó a cabo el estudio, se recomienda aplicar 230 kilogramos de nitrógeno por hectárea para la variedad Real Boliviana. El estiércol se puede utilizar en cantidades menores a 20 t/ha con el propósito de mantener las condiciones del suelo.
2. Experimentar con mayores niveles de nitrógeno, a fin de determinar el nivel óptimo para la variedad.
3. Investigar sobre fraccionamientos de nitrógeno para quinua.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUILAR, P.C. (1999). Manejo de cultivo de quinua en el Perú. En: Primer Curso Internacional sobre Quinua. Fisiología de la Resistencia a Sequia en Quinua. Proyecto Quinua/CIP-DANIDA, UNALM, UNA. Puno-Peru.
- AYALA, G., L. ORTEGA Y C. MORÓN. (2004). *Valor nutritivo y usos de la quinua*. In: A. MUJICA, S. JACOBSEN, J. IZQUIERDO Y JP. MARATHEE. *Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile.
- BARRIGA, P., R. PESSOT Y R. SCAFF. (1994). *Análisis de la diversidad genética en el germoplasma de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) recolectado en el sur de Chile*. Agro Sur. Chile.
- BERNAL, J. Y ESPINOSA, J. (2003). *Manual de Nutrición y Fertilización de Pastos*. Instituto de la Potasa y el Fósforo. INPOFOS. Quito – Ecuador.
- BONIFACIO, A., A. MUJICA, A. ALVAREZ Y W. ROCA. (2004). *Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla*. In: A. MUJICA, S. JACOBSEN, J. IZQUIERDO Y JP. MARATHEE.

Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.

FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 125-187.

CARDENAS, M. (1944). *Descripción preliminar de las variedades de Chenopodium quinoa de Bolivia.* Revista de Agricultura. Universidad Mayor San Simón de Cochabamba. Bolivia. Vol. 2. pp13-26.

CASANOVA, O. N. (1992). *Principales procesos de pérdida de nitrógeno.* Cátedra de Fertilidad de suelos y Fertilizantes. Facultad de Agronomía.

CCASO, E. (1999). *Selección de cultivares rendidores de quinua en dos zonas agroecológicas de Puno.* Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNA. Puno-Peu.

DÍAZ-ROSELLO, R. M.; F. GARCÍA Y A. BOZZANO. (1980). *Dinámica de la disponibilidad de nitrógeno y las propiedades físicas del suelo en rotaciones de pasturas y cultivos.* Miscelánea 24. CIAB. Estación Experimental La Estanzuela. p. 1-25.

FAO/WHO. 2000. *Necesidades de Energía y de proteínas.* Serie de Informes Técnicos 724. Organización Mundial de Salud. Ginebra.

- GANDARILLAS, H. (1979). *Genética y origen*. In: M. TAPIA. *Quinoa y Kañiwa, cultivos andinos*. Bogotá, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 45-64.
- GUERRERO, R. (1998). *Fertilización de Cultivos en Clima Frío*. Monómeros ColomboVenezolanos. Santa Fe de Bogotá. 425p.
- GONZALES, J. (1999). *Ecofisiología y morfología del estrés debido a factores adversos*. En: Primer Curso Internacional de Fisiología de la Resistencia a Sequia en Quinoa. Proyecto Quinoa. Puno-Perú.
- INIA. (2010). *Illpa-Puno-Perú*.
- JANSSON, S. L., AND J. PERSSON, (1982). *Mineralization and immobilization of soil nitrogen*. p 229-252. In F. J. STEVENSON (ed.). *Nitrogen in agricultural soils*. Monography Nº 22. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, USA.
- JACOBSEN, S. E. AND S. SHERWOOD. (2002). *Cultivo de granos andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros de quinua, chocho y amaranto*. CIP y FAO Global IPM Facility. Editorial AbyaYala. Quito, Ecuador.
- LESCANO, J.L. 1994. *Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca*. Programa Interinstitucional de WaruWaru, Convenio INADE/PELT - COTESU. 459 p.

- MARSCHNER, H. (1995). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2a edición. Editorial Academic Press Limited. London. pp. 21-40.
- MELLADO, M. Y D. GRANGER. (1988). *Respuesta al nitrógeno y fósforo de variedades de trigo altas y semienanas*.
- MÉNDEZ, C. A. (1999). *Fertilización Nitrogenada en Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad de Concepción, Chillán-Chile.
- MUJICA, A. (1992). *Granos y leguminosas andinas*. In: J. HERNANDEZ, J. BERMEJO Y J. LEON (eds). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- MUJICA, A. Y CANAHUA A. (1989). *Fenología del cultivo de la quinua*. Puno-Peru.
- MUJUCA, A.; JACOBSEN, S.E. (2000). *Agrodiversidad de las aynocas de quinua y la seguridad alimentaria*. En *agrodiversidad en la región andina y amazónica*. Lima-Peru.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. (2009).
- ROJAS, W. (1998). *Análisis de la diversidad genética del germoplasma de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) de Bolivia, mediante*

métodos multivariados. Tesis M.Sc., Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia - Chile. 209 p.

ROUANET, J. (1994). *Eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno por cultivos anuales en futura agricultura sustentable*. Agric. Tec. 54(2): 169-179.

ROJAS, W. (2008). *Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos, en el marco del SINARGEAA*. Informe Fase 2003-2008, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 49 p.

ROJAS, W., M. PINTO, JL. SOTO Y E. ALCOCER. (2010). *Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos*. In: W. ROJAS, M. PINTO, JL. SOTO, M. JAGGER Y S. PADULOSI. *Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Bioersivity International, Roma, Italia. pp 151- 164

REPO-CARRASCO, R. (1991). *Contenido de aminoácidos en algunos granos andinos*. En: *Avances en Alimentos y Nutrición Humana*. Programa de Alimentos Enriquecidos. Universidad Nacional Agraria La Molina.

RISI, J. (1991). *La Investigación de la quinua en Puno*. In: L. ARGUELLES Y R. ESTRADA. *Perspectivas de la investigación*

agropecuaria para el Altiplano. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Proyecto de Investigación en Sistemas Agropecuarios Andinos. Convenio ACIDI-CIID-INIAA. Lima, Perú. pp 209-258.

RUALES, J. Y B.M. NAIR. (1992). *Effect of processing on the digestibility of protein and availability of starch in quinoa (Chenopodium quinoa willd) seeds*. Department of Applied Nutrition, University of Lund, Sweeden. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 23 p.

ROJAS, W. (2003). Multivariate analysis of genetic diversity of Bolivian quinoa germplasm. *Food Reviews International*. Vol. 19 (1-2): 9-23.

SALISBURY, F. B. Y ROSS, C.W. (1994). *Fisiología Vegetal*. Cuarta Edición. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. México. D.F. 758 p.

ANEXOS

Anexo 01. Altura de planta (cm)

CÓDIGO	COMBINACIÓN	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
T ₁	n _{1e1}	120.3	130	140.3	130.2
T ₂	n _{1e2}	142	146.25	149	145.75
T ₃	n _{1e3}	138	157	153	149.33
T ₄	n _{1e4}	149	152.5	147	149.50
T ₅	n _{2e1}	144	150.25	147.8	147.35
T ₆	n _{2e2}	150.25	148.3	133.5	144.01
T ₇	n _{2e3}	148	142	138	142.66
T ₈	n _{2e4}	158.6	148	152	152.86
T ₉	n _{3e1}	150.3	142.8	149	147.36
T ₁₀	n _{3e2}	151.9	148.6	150.8	150.43
T ₁₁	n _{3e3}	152	149.8	150.9	150.90
T ₁₂	n _{3e4}	158	151.25	149.9	153.05
T ₁₃	n _{4e1}	171.2	150.3	148.9	156.80
T ₁₄	n _{4e2}	149	158.9	148.9	152.26
T ₁₅	n _{4e3}	160	159.3	164	161.10
T ₁₆	n _{4e4}	159.9	163.9	168.8	164.20

Anexo 02. Longitud de panoja (cm)

CÓDIGO	COMBINACIÓN	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
T ₁	n _{1e1}	31.6	40.9	50.3	40.93
T ₂	n _{1e2}	33.8	63.25	59	52.01
T ₃	n _{1e3}	44.6	60	62	55.53
T ₄	n _{1e4}	46.3	55.5	63	54.93
T ₅	n _{2e1}	41.5	54.75	51.25	49.16
T ₆	n _{2e2}	45.9	48.9	66.25	53.68
T ₇	n _{2e3}	48	50	43	47.00
T ₈	n _{2e4}	54.6	57.9	55.9	56.13
T ₉	n _{3e1}	57.6	58.3	58.6	58.16
T ₁₀	n _{3e2}	55.3	57.3	66.9	59.83
T ₁₁	n _{3e3}	57.3	46.9	66.3	56.83
T ₁₂	n _{3e4}	59.3	57.7	57.6	58.20
T ₁₃	n _{4e1}	57.9	66.6	70.6	65.03
T ₁₄	n _{4e2}	69.9	57.9	68.3	65.36
T ₁₅	n _{4e3}	58.9	67.3	68.3	64.83
T ₁₆	n _{4e4}	70.9	68.3	67.6	68.93

Anexo 03. Ancho de panoja (cm)

CÓDIGO	COMBINACIÓN	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
T ₁	n ₁ e ₁	11.9	17	9.9	12.93
T ₂	n ₁ e ₂	13.3	9.25	12.75	11.76
T ₃	n ₁ e ₃	9.2	15	12.9	12.36
T ₄	n ₁ e ₄	8.2	14	10.5	10.90
T ₅	n ₂ e ₁	14.6	12.3	7.25	11.38
T ₆	n ₂ e ₂	10.75	11.5	10.75	11.00
T ₇	n ₂ e ₃	15.6	9.9	13.7	13.06
T ₈	n ₂ e ₄	13.8	12.6	12.7	13.03
T ₉	n ₃ e ₁	11.9	8.9	14.9	11.90
T ₁₀	n ₃ e ₂	14.6	12.9	13.7	13.73
T ₁₁	n ₃ e ₃	16.5	12.9	15.3	14.90
T ₁₂	n ₃ e ₄	17.6	14.1	12.9	14.86
T ₁₃	n ₄ e ₁	15.5	13.9	14.3	14.56
T ₁₄	n ₄ e ₂	17.6	14.9	17.6	16.70
T ₁₅	n ₄ e ₃	16.6	17.8	13.6	16.00
T ₁₆	n ₄ e ₄	17.9	13.8	15.6	15.76

Anexo 04. Peso de biomasa fresca por planta (g)

CÓDIGO	COMBINACIÓN	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
T ₁	n _{1e1}	156.96	205.04	240.68	200.89
T ₂	n _{1e2}	189.28	354.20	300.04	281.17
T ₃	n _{1e3}	124.76	336	347.20	269.32
T ₄	n _{1e4}	259.28	310.8	285.6	285.22
T ₅	n _{2e1}	232.40	306.6	287	275.33
T ₆	n _{2e2}	257.04	273.84	371	300.62
T ₇	n _{2e3}	268.8	280	240.8	263.20
T ₈	n _{2e4}	305.76	324.24	313.04	314.34
T ₉	n _{3e1}	322.56	326.48	328.16	325.73
T ₁₀	n _{3e2}	309.68	320.88	374.64	335.06
T ₁₁	n _{3e3}	320.88	262.64	371.28	318.26
T ₁₂	n _{3e4}	332.08	323.12	322.56	325.92
T ₁₃	n _{4e1}	324.24	372.96	395.36	364.18
T ₁₄	n _{4e2}	391.44	324.24	380.48	365.38
T ₁₅	n _{4e3}	329.84	376.88	382.48	363.06
T ₁₆	n _{4e4}	397.04	382.48	386.56	388.69

Anexo 05. Rendimiento de grano (kg/ha)

CÓDIGO	COMBINACIÓN	REPETICIONES			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
T ₁	n ₁ e ₁	1300	1800	1700	1600.00
T ₂	n ₁ e ₂	1520	1500	2000	1673.33
T ₃	n ₁ e ₃	1200	1300	1900	1466.66
T ₄	n ₁ e ₄	1250	1350	2250	1616.66
T ₅	n ₂ e ₁	1800	1750	1900	1816.67
T ₆	n ₂ e ₂	1800	2000	2500	2100.00
T ₇	n ₂ e ₃	1800	2000	1990	1930.00
T ₈	n ₂ e ₄	2000	1880	2250	2043.33
T ₉	n ₃ e ₁	2020	1950	2400	2123.33
T ₁₀	n ₃ e ₂	1900	1900	1900	1900.00
T ₁₁	n ₃ e ₃	1950	2000	2223	2057.66
T ₁₂	n ₃ e ₄	2250	1980	3000	2410.00
T ₁₃	n ₄ e ₁	2500	2000	2700	2400.00
T ₁₄	n ₄ e ₂	3000	2500	3500	3000.00
T ₁₅	n ₄ e ₃	2500	2900	3800	3066.66
T ₁₆	n ₄ e ₄	3000	2980	3000	2993.33

Anexo 06. Análisis de Suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

Solicitante : CRUZARTURO VELASCO LUQUE
 Departamento : TACNA
 Distrito : TACNA
 Referencia : H.R. 42011-087C-13

Provincia : TACNA
 Predio : C. E.A. III
 Fecha : 26/11/12
 FUNDO LOS PICHONES

Numero de muestras Lab.	pH (1:1)	C.E. (1:1) Ds/m	CaCO ₃ %	NVO %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase textural	CIC	Cationes cambiabiles mg/100g					Suma de bases	% Sat. De Bases	
							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺			
34414	4.43	3.42	0.00	1.47	2.3	441	64	25	11	FRA	12.80	8.10	0.90	1.15	0.36	0.20	10.71	10.51	82

Arena : A.Fr. = Arena Franca ; F.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; F.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; F.Fr.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

[Signature]
Dr. Sady Garcia Bendeza
 Jefe del Laboratorio

Anexo 07. Datos Meteorológicos

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DIRECCION REGIONAL TACNA - MOQUEGUA

ESTACION : MAP-JORGE BASADRE G. LAT.: 18° 01' 36" DPTO. : TACNA
 PARAMETRO : TEMP. MAXIMA MEDIA (°C) LONG. : 70° 15' 2,4" PROV.: TACNA
 CODIGO : 110901 ALT. : 560 msnm. DIST. : TACNA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	27.6	28.9	27.2	24.3	21.9	19.7	18.9	19.2	21.6	22.9	24.9	26.9
2014	29.1	27.9	27.3	24.0	22.1	19.3	18.9	20.2	19.9			

PARAMETRO : TEMP. MINIMA MENSUAL (°C)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	16.4	17.5	16.1	12.8	12.7	10.8	10.0	10.3	11.5	12.3	13.4	15.4
2014	17.3	15.6	15.8	15.3	13.5	11.4	9.9	10.8	11.8			

PARAMETRO : HUMEDAD RELATIVA MENSUAL (%)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	74	67	74	73	78	80	82	82	80	78	72	70
2014	72	74	73	83	84	85	79	80	84			

PARAMETRO : PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	0.0	0.4	1.2	0.0	0.2	0.4	0.9	1.9	0.9	0.2	0.2	0.0
2014	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	5.4	1.6	0.9	12.5			

PARAMETRO : HELIOFANIA MENSUAL (h/s.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	7.3	8.6	8.3	8.8	5.7	5	5.6	6.2	6.8	7.6	9.1	8.8
2014	276.2	221.4	169.2	184.6	192.6	142.9	189.6	210.8	135.6			

PARAMETRO : EVAPORACION TANQUE MEDIA (mm.)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	150.8	146.8	131.2	98.1	65.8	59.6	56.3	73.2	83.0	115.1	130.5	154.5
2014	161.8	136.6	129.3	91.4	79.0	570.4	43.5	70.7	73.2			

PARAMETRO : DIRECCION DEL VIENTO (m/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2013	SW-2	SW-3	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2	SW-3	SW-3
2014	SW-2	SW-3	SW-3	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2	SW-2			

Informacion preparada para UNJGB - FCAG

MELR

Fecha : 29/10/14



[Handwritten Signature]
 Ing. GUADALUPE MIRANDA ESPINOZA
 C.I.P. 37705
 Directora Regional SENAMHI TACNA