

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y
AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**DOSIS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO
EN EL RENDIMIENTO DE LA QUINUA EN
ACOPALCA – HUARI**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER
JHON BEKER CHAVEZ MELGAREJO

HUACHO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**DOSIS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO
EN EL RENDIMIENTO DE LA QUINUA EN
ACOPALCA – HUARI**

Ing. Edison Goethe Palomares Anselmo
PRESIDENTE

Ing. María del Rosario Utia Pinedo
SECRETARIO

Ing. Fredy Román Paredes Aguirre
VOCAL

Ing. Eroncio Mendoza Nieto
ASESOR

HUACHO – PERÚ

2018

Universidad Nacional
José Faustino Sánchez Carrión
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA, INDUSTRIAS ALIMENTARIAS y AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

En la ciudad de Huacho, el día 15 de octubre del 2018, siendo las *1:00 pm* en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Agraria Industrias Alimentarias y Ambiental, los miembros del Jurado Evaluador integrado por:

PRESIDENTE:	Ing. EDISON GOETHE PALOMARES ANSELMO	DNI N° <i>15605363</i>
SECRETARIO:	Ing. MARIA DEL ROSARIO UTIA PINEDO	DNI N° <i>07922793</i>
VOCAL:	Ing. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE	DNI N° <i>15859960</i>
ASESOR:	Ing. ERONCIO MENDOZA NIETO	DNI N° <i>06723932</i>

El postulante al Título Profesional de **Ingeniero Agrónomo**, don: **JHON BEKER CHAVEZ MELGAREJO**, identificado con DNI N°46798539, procedió a la Sustentación de la Tesis titulada: **DOSIS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN EL RENDIMIENTO DE LA QUINUA EN ACOPALCA-HUARI**, autorizado mediante Resolución de Decanato N°0522-2018-FIAIAyA de fecha 03/10//18, de conformidad con las disposiciones vigentes absolvió las interrogantes que le formularon los miembros del Jurado.

Concluida la sustentación de Tesis, se procedió a la votación correspondiente resultando el candidato *APROBADO* por *UNANIMIDAD* con la nota de :

CALIFICACIÓN		EQUIVALENCIA	CONDICIÓN
NÚMERO	LETRAS		
18	<i>Dieciocho</i>	<i>EXCELENTE</i>	<i>APROBADO</i>

Siendo las *1:30 pm* del día 15 de octubre, se dio por concluido el acto de Sustentación, firmando los presentes el libro de Actas de Sustentación de Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo correspondiéndole el folio N° *49* del Libro de Actas.

Ing. EDISON GOETHE PALOMARES ANSELMO
PRESIDENTE

Ing. MARIA DEL ROSARIO UTIA PINEDO
SECRETARIO

Ing. FREDY ROMAN PAREDES AGUIRRE
VOCAL

Ing. ERONCIO MENDOZA NIETO
ASESOR

DEDICATORIA

“A mis padres, principales fuentes de energía y ejemplo de vida, mis hermanos, abuelos, tíos y familiares quienes me apoyaron para seguir adelante esperando siempre lo mejor para mí”

Bach. JHON BEKER CHAVEZ
MELGAREJO

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros y profundos agradecimientos.

A Dios, por guiarme por el camino correcto de la vida, guardándome y fortaleciéndome cada día.

A mis padres, hermanos, abuelos, primos, tíos, primos y amigos por creer y confiar siempre en mí, apoyándome en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A mi pareja quien me dio su apoyo incondicional en todo momento y a mi hermosa hija que es mi inspiración para mi superación profesional.

Al Ing. Eroncio Mendoza Nieto, por ser mi asesor que me brindo su valiosa cooperación en el presente trabajo de tesis.

Al Ing. Edison Goethe Palomares Anselmo, Ing. María del Rosario Utia Pinedo, Ing. Fredy Román Paredes Aguirre, Ing. Sergio Eduardo Contreras Liza, Ing. Oswaldo F. del Solar la Rosa, por la revisión del presente trabajo y las correcciones acertadas.

A todos los catedráticos, por sus consejos y por compartir desinteresadamente sus amplios conocimientos y experiencias.

A mis compañeros de clases, por el apoyo y motivación que de ellos he recibido.

A todo el personal que labora en la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión por su alto espíritu de colaboración.

Bach. JHON BEKER CHAVEZ MELGAREJO

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Marco teórico	8
2.2.1 Importancia	8
2.2.2 Origen	9
2.2.3 Ubicación taxonómica	10
2.2.4 Sinonimia	11
2.2.5 Requerimientos	11
2.2.6 Descripción botánica y morfológica	12
2.3 Manejo del cultivo.....	17
2.3.1 Preparación del suelo	17
2.3.2 Fertilización química	18
2.3.3 Ferulización orgánica.....	19

2.3.4	Fertilización con guano de isla.....	20
2.3.5	Siembra	21
2.3.6	Densidad de siembra	22
2.3.7	Semilla	22
2.3.8	Raleo o desahíje	22
2.3.9	Deshierbo	23
2.3.10	Rotación de cultivos.....	23
2.3.11	Control de plagas y enfermedades	24
2.3.12	Adaptabilidad del cultivo de quinua	29
2.4	Marco conceptual	32
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1	Lugar de ejecución	33
3.2	Insumos, equipos y materiales.....	33
3.2.1	Insumos	33
3.2.2	Equipos	33
3.2.3	Materiales.....	33
3.3	Factores de estudio	34
3.4	Diseño experimental.....	36
3.4.1	Descripción del campo experimental.....	37
3.5	Diseño estadístico.....	38
3.5.1	Modelo estadístico	38
3.6	Metodología del trabajo de investigación del cultivo de quinua.....	38
3.6.1	Preparación del terreno y surcado.....	38

3.6.2	Siembra	40
3.6.3	Desahíje y raleo.....	41
3.6.4	Control de malezas.....	42
3.6.5	Fertilización y aporque	43
3.6.6	Cosecha	44
3.6.7	Secado de la planta después del corte	46
3.6.8	Desprendimiento del grano y venteado.....	46
3.7	Evaluaciones biométricas	47
3.7.1	Altura de planta.....	47
3.7.2	Longitud de planta	47
3.7.3	Número de ramas por planta	47
3.7.4	Rendimiento.....	48
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1	Altura de planta	50
4.2	Longitud de panoja.....	51
4.3	Numero de ramas/planta.....	53
4.4	Rendimiento de quinua t/ha.....	55
V.	CONCLUSIONES	60
VI.	RECOMENDACIONES.....	61
VII.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	62
	ANEXO	65

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 <i>Prueba de Duncan del rendimiento de quinua, variedad Blanca de Junín, en Chontaca - Acocro, Ayacucho (Mejía, 2010)</i>	4
Tabla 2 <i>Rendimiento de quinua, variedad Blanca de Junín, para diferentes Combinaciones de NPK, en Manallasaq - Chiara, Ayacucho (Tineo, 1999)</i>	5
Tabla 3 <i>Requerimientos medioambientales del cultivo de quinua</i>	12
Tabla 4 <i>Fases de desarrollo de la quinua según la escala de Darwinkel y Stolen</i>	13
Tabla 5 <i>Combinación de factores de estudio y sus números de bloque por tratamiento.....</i>	33
Tabla 6 <i>Análisis de varianza de cuadrados medios de las evaluaciones biométricas</i>	49
Tabla 7 <i>Análisis de varianza de para altura de planta</i>	50
Tabla 8 <i>Análisis de varianza para tamaño de panoja.....</i>	52
Tabla 9 <i>Análisis de varianza para número de ramas por panoja</i>	54
Tabla 10 <i>Análisis de varianza para el rendimiento de quinua.....</i>	56
Tabla 11 <i>Resultados de las evaluaciones biométricas realizadas</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Panoja de la quinua variedad INIA 415 – Pasankalla.....	3
<i>Figura 2.</i> Adulto de <i>Eurysacca melanocampta</i>	24
<i>Figura 3.</i> Hoja de quinua con síntoma de mildiu	26
<i>Figura 4.</i> Croquis de distribución de los tratamientos en el campo experimental.....	36
<i>Figura 5.</i> Volteo de terreno de campo experimental con yunta	39
<i>Figura 6.</i> Surcado del terreno manual a 0.70 m entre surco	40
<i>Figura 7.</i> Siembra de quinua a chorro continuo	41
<i>Figura 8.</i> Control de malezas	42
<i>Figura 9.</i> Fertilización química en la quinua	44
<i>Figura 10.</i> Cosecha de quinua de las muestras representativas	46
<i>Figura 11.</i> Cosecha de quinua de los diferentes tratamientos	46
<i>Figura 12.</i> Secado de quinua en diferentes mantadas de acuerdo a los bloques	46
<i>Figura 13.</i> Medición de altura de planta.....	47
<i>Figura 14.</i> Altura de planta de diferentes tratamientos de fertilización de NPK	51
<i>Figura 15.</i> Longitud de panoja de diferentes tratamientos de fertilización de NPK	53
<i>Figura 16.</i> Numero de ramas/planta de diferentes tratamientos de fertilización de NPK.....	55
<i>Figura 17.</i> Rendimiento de quinua de diferentes tratamientos de fertilización de NPK.....	58
<i>Figura 18.</i> Curva de respuesta del rendimiento de quinua a los diferentes tratamientos de fertilización de nitrógeno	58

Figura 19. Curva de respuesta del rendimiento de quinua a los diferentes tratamientos de fertilización de fósforo	59
Figura 20. Curva de respuesta del rendimiento de quinua a los diferentes tratamientos de fertilización de potasio	59
Figura 21. Preparación del campo experimenta	70
Figura 22. Proceso de surcado del campo experimental	70
Figura 23. Diseño y marcado de las unidades experimentales.....	71
Figura 24. Ubicación de las dosis de NPK según tratamiento correspondiente.....	71
Figura 25. Aplicación de las dosis de NPK en el fondo del surco según corresponde	72
Figura 26. Aplicación y tapado de las dosis de NPK.....	72
Figura 27. Siembra de la quinua en el campo experimental	73
Figura 28. Desmalezado a los 30 días después de la siembra.....	73
Figura 29. Segundo abonamiento con nitrógeno a los 50 días después de la siembra.....	74
Figura 30. Campo experimental con cultivo de quinua en estado de floración	74
Figura 31. Evaluación de la altura de la planta en las unidades experimentales	75
Figura 32. Evaluación de la longitud de la panoja y numero de ramas por planta	76
Figura 33. Proceso de evaluación del rendimiento por cada unidad experimental	76

DOSIS DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN EL RENDIMIENTO DE LA QUINUA EN ACOPALCA – HUARI

DOSAGE OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN THE PERFORMANCE OF THE QUINUA IN ACOPALCA - HUARI

Jhon Beker Chávez Melgarejo¹, Eroncio Mendoza Nieto¹, Edison Goethe Palomares Anselmo¹,
María del Rosario Utia Pinedo¹, Fredy Román Paredes Aguirre².

RESUMEN

Objetivo: Determinar la fórmula de abonamiento adecuada de nitrógeno, fósforo y potasio en función al rendimiento de la quinua variedad INIA 415 - Pasankalla, para su uso en condiciones similares a la localidad de Acopalca – Huari – Ancash. **Métodos:** Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) cuatro bloques en el análisis de varianza, se utilizó la prueba de F y para la comparación de promedios de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey al nivel de $\alpha = 0.05$. Se ubicó los 15 tratamientos (fórmulas de abonamiento) más un (testigo) en cada bloque, haciendo un total de 5 tratamientos y 64 unidades experimentales; Para cada unidad experimental se instalaron tres surcos y la siembra a una hilera/surco. Variables evaluadas fueron: altura de planta (m), longitud de panoja (cm), número de ramas/planta y Rendimiento (t/ha). **Resultados:** Los tratamientos 3, 8, 13, 4, 7, 5 y 9 fueron muy superiores que los demás tratamientos con las fórmulas de abonamiento 160 N – 100 P₂O₅ – 160 K₂O, 160 N – 100 P₂O₅ – 160 K₂O, 160 N – 100 P₂O₅ – 160 K₂O, 240 N – 100 P₂O₅ – 160 K₂O, 160 N – 50 P₂O₅ – 160 K₂O, 320 N – 100 P₂O₅ – 160 K₂O y 160 N – 150 P₂O₅ – 160 K₂O respectivamente. **Conclusión:** De acuerdo a la curva de respuesta se ha encontrado la mejor fórmula de abonamiento a las cantidades de 160 kg/ha de N, 100 kg/ha de P₂O₅ y 160 kg/ha de K₂O, con rendimiento óptimo de 6.59 kg/ha. De quinua variedad INIA 415 Pasankalla.

Palabras claves: Quinua, rendimiento, curva de respuesta, fórmula de abonamiento, NPK.

¹Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

²Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia

DOSAGE OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN THE PERFORMANCE OF THE QUINUA IN ACOPALCA - HUARI

Jhon Beker Chávez Melgarejo¹, Eroncio Mendoza Nieto¹, Edison Goethe Palomares Anselmo¹,
María del Rosario Utia Pinedo¹, Fredy Román Paredes Aguirre².

ABSTRACT

Objective: To determine the formula for the adequate fertilization of nitrogen, phosphorus and potassium according to the performance of the INIA 415 - Pasankalla quinoa variety, for use in conditions similar to the town of Acopalca - Huari - Ancash. **Methods:** A randomized complete block design (DBCA) four blocks was used in the analysis of variance, the F test was used and for the comparison of averages of the treatments the Tukey test was used at the level of $\alpha = 0.05$. We located the 15 treatments (fertilizer formulas) plus one (control) in each block, making a total of 5 treatments and 64 experimental units; For each experimental unit three furrows were installed and the planting to a row / furrow. Variables evaluated were: plant height (m), panicle length (cm), number of branches / plant and Yield (t / ha). **Results:** Treatments 3, 8, 13, 4, 7, 5 and 9 were much higher than the other treatments with the fertilizer formulas 160 N - 100 P₂O₅ - 160 K₂O, 160 N - 100 P₂O₅ - 160 K₂O, 160 N - 100 P₂O₅ - 160 K₂O, 240 N - 100 P₂O₅ - 160 K₂O, 160 N - 50 P₂O₅ - 160 K₂O, 320 N - 100 P₂O₅ - 160 K₂O and 160 N - 150 P₂O₅ - 160 K₂O respectively. **Conclusion:** According to the response curve, the best fertilizer formula has been found for the amounts of 160 kg / ha of N, 100 kg / ha of P₂O₅ and 160 kg / ha of K₂O, with optimum yield of 6.59 kg / ha . Quinoa variety INIA 415 Pasankalla.

Keywords: Quinoa, yield, response curve, fertilizer formula, NPK.

¹Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental

²Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia

I. INTRODUCCION

La quinua es un grano andino perteneciente a la familia Amaranthaceae, que es cultivada desde tiempos ancestrales en los Andes. Bolivia y Perú son los países donde se ha desarrollado la mayor diversidad de este cultivo y cubren aproximadamente el 80% de la demanda internacional. Debido a su gran capacidad de adaptación a condiciones ecológicas extremas, este grano también se cultiva en más de 50 países en todos los continentes, en diferentes pisos y zonas agroecológicas. En Sudamérica se cultiva en zonas que van desde el nivel del mar hasta los 4 000 m.s.n.m., pero su producción se centra principalmente en la zona alto andina de Argentina, Bolivia, Chile, Ecuador y Perú (Tapia et al., 1979; Saravia et al., 2014; Gómez & Aguilar, 2015).

Recientemente la quinua se ha revalorizado en el mercado nacional e internacional debido a su gran valor nutricional y motivado por las iniciativas relacionadas a la promoción en el Año Internacional de la Quinua, lo que ha conllevado a un incremento extraordinario en el área sembrada en los principales países de producción. En el Perú, el área sembrada creció de 25 601 ha en el 2001 a 68 037 ha en el 2014; asimismo, su producción, tradicionalmente en los Andes, se ha expandido a nuevas áreas de producción. En Bolivia la superficie cultivada pasó de 37 223 ha en el año 2001 a 173 960 ha en el 2014. En Ecuador, en el año 2001 se sembraban solo 650 ha de este cultivo, y para el 2014 la superficie sembrada se incrementó a 1 230 ha (FAOSTAT, 2015).

La quinua es un cultivo reconocido por sus excelentes cualidades alimenticias, por ello ha sido considerado como el alimento más completo que posee la humanidad, debido a que es un producto de excepcionales cualidades nutritivas, ya que posee un alto valor de proteínas (15%), aminoácidos esenciales, vitaminas minerales, un alto contenido de poli fenoles, firoesteroles y flavonoides (Abugoch, 2009). Además, es considerado como el único alimento vegetal que proporciona los 10 aminoácidos esenciales (leucina, arginina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, tirosina, triptófano, treonina, valina e histidina) (FAO, 2011).

Actualmente el cultivo de quinua tiene una buena demanda en mercados internacionales como: la Unión Europea, Japón, Canadá y USA. (Mullo. 2011). Las expectativas por cultivar la quinua han crecido por parte de los agricultores, debido a la demanda que ha empezado a generarse en mercados locales e internacionales. Además, es un cultivo que tiene cualidades que le permiten adaptarse a condiciones ambientales diversas como son: suelos pobres, sequia, heladas e incluso se puede cultivar en diferentes altitudes, que van desde los 3000 msnm hasta el nivel del mar (Wahli, 1990).

Dada la importancia del cultivo de quinua y sus problemas en usar una fórmula de abonamiento adecuada de macro elementos primarios, es necesario establecer un programa de manejo del cultivo. Para ello, este trabajo de investigación presenta distintas fórmulas de abonamiento con nitrógeno, fosforo y potasio donde se evaluarán los rendimientos de la quinua de la variedad INIA 415 - Pasankalla en el Centro Poblado de Acopalca – Huari - Ancash. Finalmente, se propone las pautas para la implementación de un manejo del cultivo.

OBJETIVOS

- Establecer las curvas de repuesta de los nutrientes Nitrógeno, Fosforo y Potasio para incrementar el rendimiento de la quinua variedad INIA 415 – Pasankalla.
- Determinar la fórmula de abonamiento adecuada de nitrógeno, fosforo y potasio en función al rendimiento de la quinua variedad INIA 415 - Pasankalla, para su uso en condiciones similares a la localidad de Acopalca – Huari – Ancash.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes

Instituto de innovación agraria (INIA, 2006), menciona que la variedad INIA 415 - Pasankalla tiene origen en la accesión Pasankalla, en la localidad Caritamaya (Ácora, Puno) colectada el año 1978. El proceso de selección de la variedad se inició el año 2000 hasta el 2005, en el ámbito de la Estación Experimental Agraria Illpa - Puno. Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 msnm, con clima frío seco, precipitación pluvial de 400 a 550 mm, y temperatura de 4°C a 15°C. Su periodo vegetativo es de 144 días, altura de planta a madurez: 102,8 cm, color del tallo verde, color de panoja púrpura. Forma de panoja amarantiforme, contenido de proteína en grano 17,41 %, tamaño del grano 2,0 mm, rendimiento de 4.0 t/ha.

Gómez y Aguilar (2012), manifiesta que la variedad INIA 415 - Pasankalla, resultado del mejoramiento de la variedad Pasankalla (Bolivia) en INIA Illpa en Puno, obtenida en el 2006, sus características son: periodo vegetativo 140 días (precoz); sabor de grano dulce, tamaño 2.00 mm de diámetro y forma cónica; el grano tiene el pericarpio color plomo y epispermo de color castaño - rojo; tolerante al mildiu; rendimiento 3 t/ha. Es un producto que se consume en el exterior del país, tiene gran demanda en la exportación.



Figura 1. Panoja de la quinua variedad INIA 415 – Pasankalla

Tabla 1

Prueba de Duncan del rendimiento de quinua, variedad Blanca de Junín, en Chontaca - Acocro, Ayacucho (Mejía, 2010)

Trat.	Código		Niveles reales (Kg.ha ⁻¹)		Rendimiento (Kg.ha ⁻¹)	Signif
	X ₁	X ₂	G.I.	N-P-K sintético		
T(04)	2	2	4000	120-100-080	3773.8	a
T(11)	0	1	2000	090-075-060	3752.6	a
T(07)	1	0	3000	060-050-040	3655.8	a
T(12)	0	2	2000	120-100-080	3461.7	a b
T(08)	2	0	4000	060-050-040	3310.9	a b
T(13)	0	0	2000	060-050-040	2979.3	a b
T(03)	2	2	0000	120-100-080	2906.2	a b
T(10)	0	-1	2000	030-025-020	2720.6	a b
T(06)	1	0	1000	060-050-040	2677.9	a b
T(02)	2	-2	4000	000-000-000	2567.4	a b
T(05)	2	0	0000	060-050-040	2377.5	b
T(09)	0	-2	2000	000-000-000	2328.2	b
T(01)	2	-2	0000	000-000-000	934.4	c

Es notable la diferencia entre el testigo (934 kg/ha) y el abonamiento orgánico (guano de islas), el sintético (formulación N-P₂O₅-K₂O), o la combinación de 2 - 2 ambos. Con el guano de isla sólo, se llega a 2567 kg/ha; con el abono sintético sólo se alcanza hasta 2906 kg/ha, y con la combinación de ambos, rendimientos superiores a los 3500 kg/ha (Mejía, 2010). Mejía (2010), determino que para un rendimiento óptimo de 3598 kg/ha en la variedad Blanca de Junín se requieren 117, 98 y 78 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O respectivamente.

Tabla 2

Rendimiento de quinua, variedad Blanca de Junín, para diferentes combinaciones de NPK, en Manallasq - Chiara, Ayacucho (Tineo, 1999).

Trat.	N (kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	Rendimiento (kg.ha ⁻¹)
1	30	20	16	840,8
2	120	20	16	1048,3
3	30	80	16	1182,5
4	120	80	16	1265,0
5	30	20	64	990,8
6	120	20	64	1191,7
7	30	80	64	1544,2
8	120	80	64	1722,5
9	0	50	40	1105,8
10	150	50	40	2035,8
11	75	0	40	236,7
12	75	100	40	1924,2
13	75	50	0	1712,5
14	75	50	80	2034,2
15	75	50	40	1820,7

Es notable la diferencia cuando se comparan tratamientos en las que se ha omitido algún elemento. El suministro de N a niveles medios de P y K permite incrementar el rendimiento de 1106 kg/ha (T9) a 2036 kg/ha (T10); el aporte de P a niveles medios de N y K permite incrementar el rendimiento de 237 kg/ha (T11) a 1924 kg/ha (T12); la aplicación de K a niveles medios de N y P permite incrementar el rendimiento de 1712 kg/ha (T13) a 2034

kg/ha (T14). El análisis del suelo indicaba un nivel bajo de P disponible (7 ppm), un nivel alto de potasio (230 ppm) y de N total (0.3%). El nutriente más crítico en este suelo es el P, seguido del N (aun cuando el contenido en el suelo es alto; su mineralización es baja (Tineo 1999).

Tineo (1999), señala que el rendimiento máximo de quinua variedad Blanca de Junín es alrededor de 2143 kg/ha en la localidad de Manallasaq, con la fórmula empleada de 102, 72 y 96 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente.

En general en la zona andina, cuando se siembra después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes es favorable para el cultivo de la quinua, por la descomposición lenta del estiércol y preferencias nutricionales de la papa, en algunos casos casi está completo sus requerimientos y solo necesita un abonamiento complementario, sin embargo cuando se siembra después de una gramínea (maíz o trigo en la costa), cebada o avena en la sierra, es necesario utilizar no solo materia orgánica en una proporción de tres toneladas por hectárea, sino fertilización equivalente en promedio a la fórmula: 80-40- 0 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O. Lo que equivaldría a 174 kg/ha de urea del 46% y 88 kg/ha de superfosfato de calcio triple, y nada de potasio por la gran disponibilidad en los suelos de los andes y en general de Sudamérica debido a que en el suelo existen arcillas que retienen en grandes cantidades al potasio (Mujica 1997).

La producción promedio en la sierra peruana es de cerca de 2,000 kg/ha, pero desde que se comenzó a sembrar en zonas cercanas a la costa como Majes o Pedregal se ha reportado hasta 7,000 kg/ha, informo la jefa del programa de cereales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Luz Gómez.

El bajo contenido de gluten y los altos valores nutritivos es que sea apreciado en el mercado internacional. La quinua es uno de los alimentos rico en vitaminas, calcio, hierro y fósforo. Asimismo, posee gran cantidad y calidad de proteínas; la presencia de aminoácidos en la quinua interviene en el desarrollo. Todas estas características permitieron que, en 1975, sea declarado como el mejor alimento de origen vegetal para consumo humano por la Academia de Ciencias de Estados Unidos.

Gómez Pando en la campaña noviembre 2009 - junio 2010 se sembraron 35,9 mil Has de quinua a nivel nacional, alcanzando una productividad de 39,3 mil TM y un rendimiento promedio de 1,1 mil Kg. por hectárea. Finalmente, añadió que Puno tiene mayor superficie sembrada (27 mil Ha) y que en el resto del país el cultivo de quinua es mínimo, así tenemos en La Libertad (395 Ha); Cajamarca (129 Ha); Áncash (133 Ha); Huánuco (371 Ha); Junín (1,1 mil Ha); Huancavelica (442 Ha); Arequipa (404 Ha); Ayacucho (2,6 mil Ha); Apurímac (1000 Ha) y en Cusco (2 mil Ha).

Según Cari (1988), la quinua extrae de suelo 65, 16, 126, 49 y 11 kg/ha de nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y magnesio, respectivamente para producir 5000 kg/ha de materia seca entre la cual se encuentra el grano y la broza, la fertilización debe satisfacer estos requerimientos a lo largo del cultivo.

Morales (1968), en palacios (1997), encontró en un ensayo de abonamiento diferencias altamente significativas entre los niveles de nitrógeno, observando que aplicaciones de 40 y 80 kg/ha de N conducen a los beneficios económicos más altos, no encontrado respuestas a los niveles de P y K.

Mujica et al. (2001) recomienda una fórmula de 240-200-80, fraccionando el nitrógeno en tres partes: siembra, deshierbo y floración. Esto para suelos pobres en nutrientes, además incorporar abonos orgánicos.

Potasio en las plantas

Dentro de las principales funciones en la planta del potasio se encuentran la del crecimiento meristemático y turgencia celular ideales y elongación celular. Ya que la presencia de K^+ en el apoplasto debido a la salida del H^+ desde el citoplasma por medio de la ATPasa resultado en un aflojamiento del material de la pared celular, asimismo el K es responsable directo de la absorción de agua, lo que ocasiona una óptima turgencia celular que se requiere para la expansión de células. (Mengel y Kirkby, 1987)

Rehm y Schmitt (2002), han enfocado las funciones del k en los cultivos hacia el estímulo del crecimiento, incremento en la producción de proteínas, mejor eficiencia en el uso del agua y mayor resistencia a enfermedades y plagas. Por otra parte, el potasio también cumple una función importante para mejorar la calidad de los cultivos, razón por la cual se ha llamado el “elemento de la calidad” en la producción agrícola.

La importancia crucial del potasio en la calidad de órganos de almacenaje radica en la promoción de la síntesis de los fotosintatos y su transporte hacia estos tejidos para aumentar su conversión en almidón, proteínas y vitaminas (Mengel, 1997; Singh y Berma, 2001)

La planta requiere potasio para la producción de moléculas de alta energía (ATP). El potasio mantiene el balance de cargas eléctricas en los cloroplastos, lo cual es necesario para la formación de ATP. Por lo tanto, el potasio mejora la transferencia de la energía solar hacia energía química primaria en la forma de ATP (fotofosforilación) y NADPH (Shabala et al., 2000). Esta energía se utiliza para todos los procesos de síntesis en el metabolismo de la planta, resultando en la producción de carbohidratos, proteínas y lípidos, que se expresan en la calidad del cultivo (Mengel y Kirkby, 2001)

2.2 Marco teórico

2.2.1 Importancia

En los últimos tiempos la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) ha adquirido mayor importancia debido al incremento de la demanda del mismo, por su alto valor proteico (15%), aminoácidos esenciales, fuentes de vitaminas y minerales y su alto contenido de polifenoles, fitoesteroles y flavonoides (Abugoch, 2009).

El grano puede ser producido como harina, biscochos y galletas y las hojas en ensaladas por su alto contenido de proteína (Calderón et al, 2010). Según la FAO (2011), este grano sería el único alimento vegetal que proporciona los diez aminoácidos esenciales (leucina, arginina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, tirosina,

triptófano, treonina, valina e histidina). Esto hace que su proteína sea equivalente a la de la leche (PROINSA, 2011).

2.2.2 Origen

El origen de *Chenopodium quinoa* aún es complejo porque están involucradas muchas posibilidades. La historia tiene pocas evidencias arqueológicas, lingüísticas y etnográficas, sobre la quinua, pues no se conoce muchos ríos religiosos. Las evidencias geológicas del norte chileno señalan que la quinua fue utilizada 3000 años antes de Cristo, hallazgos en la zona de Ayacucho indican como inicio de la domesticación de la Quinua hace 5000 años antes de Cristo (Mujica, 1998 citado por PROINPA, 2011)

La quinua fue descrita por primera vez 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, 1994 citado por PROINSA, 2011).

Según Lescano (1994) citado por PROINPA (2011), se identifican cuatro grandes grupos de quinuas según las condiciones agroecológicas donde se desarrolla: valles interandinos, altiplano, salares y nivel del mar, los cuales, presentan características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes.

Lenin (2003), atribuye su origen a la zona andina del Altiplano Perú - Boliviano, por estar caracterizado por la gran cantidad de especies silvestres y la gran variabilidad genética, principalmente en eco tipos, reconociéndose cinco categorías básicas.

- a. **Quinua de los Valles.** Que crecen en los valles interandinos de 2000 y 3600 m.s.n.m., se caracterizan porque tienen un gran desarrollo, pueden llegar de 2 a 2,5 metros de altura, son ramificadas, su periodo vegetativo es largo, con panojas laxas, con inflorescencia amarantiforme, son tolerantes al mildiu, en este grupo tenemos a la blanca de Junín, amarilla y rosada de Junín.

- b. Quinuas altiplánicas.** Crecen en lugares aledaños al lago Titicaca a una altura de 3800 m.s.n.m., estos cultivos se caracterizan por tener buena resistencia a las heladas, son bajos en tamaño, no ramificados (tienen un solo tallo y panoja terminal que es glomerukada densa), llegan a tener una altura de 1,00 a 2,00 m., con periodo vegetativo corto, se tiene quinuas precoces como LIIPA.INIA y Salcedo-INIA, semi-tardías: blanca de Juli, tardías: como la kancolla, chewecca, tahuaco, amarilla de Marangani.
- c. Quinoa de los salares.** Son nativas de los salares de Bolivia, como su nombre lo indica son resistentes y se adaptan a los suelos salinos y alcalinos, los granos son amargos y tienen alto porcentaje de proteínas miden de 1 a 1,5 metros de altura, presentan un solo tallo desarrollado; tenemos: la real boliviana, raturi, rabra, sayaña (variedades del altiplano boliviano)
- d. Quinoa a nivel del mar.** Crecen en el sur de Chile, son en su generalidad no ramificadas y los granos son de color amarillo a rosados y a su vez amargas, como en el sur de Chile en concepción, las quinuas se caracterizan por tener una foto periodo largo y la coloración de los granos de color verde intenso y al madurar toman una coloración anaranjada y los granos son de tamaño pequeño y de color blanco o anaranjado.
- e. Quinuas subtropicales.** Crecen en los valles interandinos de Bolivia, se caracterizan por ser plantas de color intenso y al madurar toman una coloración anaranjada y los granos son de tamaño pequeño y de color blanco o anaranjado.

2.2.3 Ubicación taxonómica

Este cultivo fue escrito por primera vez por el científico Alemán Luis Cristhian Willdow la quinua está ubicada taxonómicamente de la siguiente forma: (Mujica, 2005)

Clasificación Taxonómica

Reino: Plantea

Sub-reino: Embriobionta

División: Fanerógamas

Sub-división: Angyospermas

Clase: Dicotyledoneae

Sub-clase: Archichlamydea

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: Chenopodium

Especie: quinoa

Chenopodium quinoa Willd “quinua”

2.2.4 Sinonimia

León (2003), menciona la sinonimia de la quinua en distintos países de Sudamérica: pero, es conocido únicamente como quinua. En Colombia la conocen con el nombre de quinua, suba, supha, pasca, uva, ulva, avala, juba y oca. En Bolivia, es conocida como quinua y algunas zonas la llaman jura, Piura. En Chile, la conocen como quinua, quinoa, Daule. En Ecuador quinua, juba, subacguque, ubaque, uvate.

2.2.5 Requerimientos

Según la FAO (2001), el cultivo de la quinua tiene los siguientes requerimientos medioambientales que se muestran en el Cuadro N° 03.

Tabla 3***Requerimientos medioambientales del cultivo de quinua***

Suelo	Buen drenaje, textura franco-arenosa y pH neutro, la quinua es susceptible a altas humedades especialmente en primeros estadios.
Clima	Diversas zonas agroecológicas, genotipos adaptados a diferentes climas. Existen variedades de Perú, Bolivia, Ecuador, Colombia, Argentina, México y Europa.
Riego	3/4 de la capacidad de campo; se ha observado el mejor desarrollo a este nivel de humedad. 250-500mm de lluvia anual; donde se cultiva en condiciones de secano (zona andina)
Humedad relativa	40-100%; susceptibilidad a mildiu en condiciones de alta H.R.
Temperatura	15-20 C
Fotoperiodo	Diversos regímenes de luz; genotipos adaptados a días cortos, largos e independientes al fotoperiodo.
Altura	0-4000 m.s.n.m.; se ha observado el mayor potencial productivo a nivel del mar (6000kg/ha)

***Fuente: Guía del cultivo de quinua (EU Project, AIR PROJECT 931426)**

2.2.6 Descripción botánica y morfológica

La quinua es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0.2 a 3.0 m las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre otros. (FAO, 2011).

El fruto es un aquenio; cubierto por perigonio, el cual se desprende con facilidad al frotarlo, cuando el grano este seco. A su vez, la semilla está envuelta por un epispermo casi adherido. El epispermo está formado por cuatro capas: una extrema, la cual determina el color de la semilla, de superficie rugosa, quebradiza y seca que se desprende fácilmente; la segunda capa defiere en color de la primera y se observa solo cuando la primera es traslucida; la tercera capa delgada, opaca, de color amarillo; la

cuarta es traslúcida y está formada por una sola hilera de células que cubre el embrión. Las saponinas se ubican en la primera membrana, su contenido y adherencia en los granos es muy variable. El grano de quinua almacena los almidones en el perisperma, a diferencia de los cereales que lo hacen en el endospermo (Repo, et. al., 2003).

A) Fenología

La quinua tiene 10 fases de desarrollo y cada fase a su vez 10 sub fases, los cuales se presentan en el Cuadro N° 4.

Tabla 4

Fases de desarrollo de la quinua según la escala de Darwinkel, y Stolen (0.0-0.9)

ETAPA PRINCIPAL	DESCRIPCION	SUB-FASE
0	Germinación	0.0-0.9
1	Emergencia	1.0-1.9
2	Desarrollo Vegetativo	2.0-2.9
3	Desarrollo De La Inflorescencia	3.0-3.9
4	Inicio De Floración	4.0-4.9
5	Floración	5.0-5.9
6	Llenado De Semillas/Coloración De Panojas	6.0-6.9
7	Maduración De Panojas	7.0-7.9
8	Senescencia O Marchitez De Hojas	8.0-8.9
9	Madurez De Tallo	9.0-9.9

**Fuente: Guía del cultivo de quinua (EU Project, AIR PROJECT 931426)*

Mujica (2006), determino que la fenología de la quinua atraviesa por 13 fases importantes y claramente distinguibles. Las fases son las siguientes:

Emergencia

Es cuando los cotiledones emergen del suelo a manera de una cabeza de fósforo y es distinguible solo cuando uno se pone al nivel del suelo, en esta etapa es muy susceptible de ser consumido por las aves por su succulencia y exposición de la semilla encima del talluelo, ello ocurre de los 5-6 días después de la siembra, en condiciones adecuadas de humedad.

Hojas cotiledóneas

Es cuando los cotiledones emergidos se separan y muestran las dos hojas cotiledóneas extendidas de forma lanceolada angosta, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hilera nítida., en muchos casos se puede distinguir la colaboración que tendrá la futura planta sobre todo las pigmentadas de color rojo o purpura, también en esta fase es susceptible al daño de aves, debido a la carnosidad de sus hojas, esto ocurre de los 7-10 días después de la siembra.

Dos hojas verdaderas

Es cuando, fuera de las dos hojas cotiledóneas, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles y se encuentran en botón foliar el siguiente par de hojas, ocurre de los 15-20 días después de la siembra, mostrando un crecimiento rápido del sistema radicular, en esta fase puede ocurrir el ataque de los gusanos cortadores de plantas tiernas (Copitarsia, Feltia) “Tecuchis”

Cuatro hojas verdaderas

Es cuando ya se observa dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aun se nota la presencia de las hojas cotiledóneas de color verde, encontrándose en botón foliar de las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas; ocurre entre los 25-30 días después de la siembra, en esta fase ya la planta tiene buena

resistencia a la sequía y al frío, porque ha extendido fuertemente sus raíces y muestra movimientos náticos nocturnos cuando ase frío, dada la presencia de hojas tiernas, se inicia el ataque de insectos masticadores de hojas, *Apiri* y *Diabrotica*” pulguilla saltona y loritos” sobre todo cuando hay escasez de lluvias,

Seis hojas verdaderas

Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose amarillas y flácidas, las hojas cotiledóneas, se puede notar los botones axiliares e incluso algunos en apertura, siendo evidente la presencia de hojas axiliares, la cual inicia en la base de la planta y se dirige hacia el ápice de la misma. Esta fase ocurre de los 35-45 días después de la siembra, en la cual se nota con mayor claridad la protección de ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, sequía y sobre todo al anochecer.

Ramificación

Se nota 8 hojas verdaderas extendidas y las hojas axiliares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, las hojas cotiledóneas se caen y dejan cicatrices claramente notorias en el tallo, también se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubrimiento la panoja, ocurre de los 45 a 50 días después de la siembra.

En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle, así mismo es la etapa de mayor resistencia al frío y se nota con mucha nitidez la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina e incluso de colores que caracterizan a los distintos genotipos; debido a la gran cantidad de hojas es la etapa en la que mayormente se consume las hojas como verdura, hasta esta fase el crecimiento parecer ser lento, para luego alargarse rápidamente.

Inicio de panojamiento

La inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de las pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Ello ocurre de los 55 a 60 días después de la siembra; así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que dejaron de ser fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento.

Panojamiento

La inflorescencia sobresale con mucha nitidez por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días después de la siembra; a partir de esta etapa se puede consumir las panojas como verdura.

Inicio de floración

Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillo, ocurre de los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas. Ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética.

Plena floración

Es cuando el 50 por ciento de las flores de la inflorescencia principal (cuando existan inflorescencia secundaria) se encuentran abiertas, esto ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C , esta fase debe observarse al medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas. Adicionalmente, la planta elimina en mayor cantidad las hojas inferiores

que son menos activas fotosintéticamente y existe abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla.

Grano lechoso

Fase durante la cual los granos al ser presionados entre las uñas de los dedos pulgares, explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días después de la siembra. En esta fase el déficit de agua es perjudicial para la producción.

Grano pastoso

Es cuando los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurissacca quioae* Povolny “Kcona-Kcona” causa daños considerables, así mismo el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción.

Madurez fisiológica

Es la fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presentan resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 por ciento; el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el periodo de llenado de grano.

2.3 Manejo del cultivo

2.3.1 Preparación del suelo

Rivera (1995), indica que la quinua al poseer granos pequeños requiere de suelos bien preparados y nivelados con la humedad adecuada. Se busca que el

suelo se encuentre en óptimas condiciones para recibir a la semilla en el momento de la siembra. Para ello, luego de la preparación habitual, se pasa la rastra cruzada, luego el rodillo desmenuzador y finalmente la niveladora. El surcado se realiza dependiendo del distanciamiento óptimo para cada variedad.

En el caso de la agricultura orgánica es deseable trabajar hacia una labranza mínima o cero. Sin embargo, Jacobsen y Mujica (2002), recomiendan que durante la preparación del terreno se voltee el suelo para exponer larvas y pupas de insectos a la acción erosiva de los rayos ultravioleta y a la alimentación de aves y roedores. Además se recomienda que para el cultivo de quinua orgánica el contenido de materia orgánica del suelo deba ser alto para promover la actividad biológica del suelo.

También se recomienda que el terreno no debe haber sido objeto de aplicación de químicos por un periodo mínimo de 3 años o que el suelo sea virgen, o que haya permanecido en descanso como mínimo 5 años con la finalidad de que la actividad biológica del suelo se encuentre en su máximo potencial. Jacobsen y Mujica (2002).

2.3.2 Fertilización química

Según Cari (1988), la quinua extrae de suelo 65, 16, 126, 49 y 11 kg/ha de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, respectivamente para producir 5000 kg/ha de materia seca entre la cual se encuentra el grano y la broza, la fertilización debe satisfacer estos requerimientos a lo largo del cultivo.

Morales (1968), en palacios (1997), encontró en un ensayo de abonamiento diferencias altamente significativas entre los niveles de nitrógeno, observando que aplicaciones de 40 y 80 kg/ha de N conducen a los beneficios económicos más altos, no encontrado respuestas a los niveles de P y K.

Mujica *et al.* (2001) recomienda una fórmula de 240-200-80, fraccionando el nitrógeno en tres partes: siembra, deshierbo y floración. Esto para suelos pobres en nutrientes, además incorporar abonos orgánicos.

2.3.3 Fertilización orgánica

Para cumplir con los requerimientos del cultivo en el sistema orgánico es necesario la incorporación o el uso de estiércoles descompuestos, residuos de cosecha, residuos agroindustriales, compost, humus de lombriz, cenizas, etc. además para el caso de los elementos menores o micronutrientes, se podrían usar elementos puros quizás como el azufre, magnesio, boro y calcio. Cuando se utilicen materias con bajo o nulo nivel de descomposición se recomienda aplicar con anticipación, para que los nutrientes se puedan liberar a tiempo y la planta los pueda aprovechar. Estas materias deben ser aplicados al suelo dos meses antes de la siembra e incorporados mediante una rastra (Jacobsen y Mujica, 2002).

Además de aportar nutrientes al suelo, esta incorporación de estiércoles o residuos, incrementara el contenido de materia orgánica del suelo lo cual trae consigo mejoras en los aspectos físicos, químicos y biológicos. Los cuales a su vez favorecen el desarrollo de la quinua. La materia orgánica mejora la calidad física del suelo. Al descomponerse cumple la función de cementación entre las partículas del suelo formando agregados y dándole mejor estructura. Esta mejora de la estructura ayuda a tener mejor drenaje e incrementa la retención de agua, facilita la labranza y disminuye el riesgo de erosión. Todas estas mejoras son favorables para la germinación de semillas y el desarrollo de la raíz. La calidad química se ve mejorada mediante el incremento de reacciones de óxido-reducción que se dan en la solución suelo. Incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) al incrementar las cargas negativas del suelo. La materia orgánica determina el efecto "*buffer*" del suelo o efecto tampón, que sirve para mantener estable el pH y evitar los cambios bruscos que podrían estresar a la planta. Biológicamente, la materia orgánica es alimento de todos los organismos que viven en el suelo, especialmente de aquellos microorganismos que se encargan de fijar nutrientes en el suelo, generando de esta manera el almacenamiento de los nutrientes (Guerrero, 1996).

En la zona andina se recomienda incorporar 10 ton/ha de estiércol de vacuno u ovino, 6 ton/ha de gallinaza. 5 ton/ha de compost, o 0.5 ton/ha de guano de islas, 2 ton/ha de humus de lombriz. Como también realizar 3 veces la aplicación de biol con dosis de 1.5lt/ha (Suquilanda, 1995).

2.3.4 Fertilización con Guano de islas

Es una fuente de fertilización orgánica que se adopta a las condiciones de nuestro país debido a que la fuente de extracción y producción se encuentra próxima al Perú. La materia prima del guano de isla la conforman peces pequeños los cuales están compuestos por tejidos muy ricos en nitrógeno (2.3%) y ácido fosfórico (1.7%), que al ser metabolizados y excretados por las aves guaneras pasan a formas disponibles. esta disponibilidad aumenta al ser descompuesto por los microorganismos en las zonas de acumulación. por estas razones el guano de islas es considerado un abono inmediato, ya que contiene diferentes formas disponibles de nutrientes que se van liberando poco a poco.

El contenido de nutrientes del guano de islas peruano es 130-125-25-10.4 kg/ton de N, P₂O₅, MgO y S respectivamente; la calidad y riqueza de estos nutrientes es muy variable, ya que depende del tiempo que lleva de formación, de las aves que lo producen, de la profundidad de la capa de yacimiento y las condiciones climatológicas del lugar (Domínguez, 1997). Así encontramos guanos de isla de alta calidad, como también guanos de isla de baja calidad, este último puede ser enriquecido con guano de mejor calidad o en otros casos con urea o sulfato de amonio. En 100 partes de nitrógeno total, una parte se encuentra en estado nítrico (NO₃), directamente aprovechable por las raíces de las plantas, el 30% en estado amoniacal (NH₄), fácil e inmediatamente transformable a la forma nítrica, y el 65% restante se encuentra en forma de nitrógeno orgánico en alto grado de descomposición, que posteriormente será descompuesta y liberada fácilmente por los microorganismos del suelo (Espinal, 2001).

En la fertilización orgánica de la quinua, se hace referencia a un experimento que se realizó en Puno donde se probaron dosis de guano de islas, Se demuestra que el mayor rendimiento promedio se obtiene al aplicar 60kg/ha de N, decreciendo los rendimientos al aplicarse 90kg/ha de N (Echegaray, 2003). También se menciona experimentos realizados en Puno y Junín donde se muestra el incremento de la producción de quinua como efecto de la incorporación de 30 kg/ha de N procedente de dos fuentes diferentes (abono y guano).

Calzada (1951), citado por Tapia *et al.* (1979), estableció que la dosis de aplicación de guano de islas no tuvo relación directa al aumento de rendimientos en su ensayo.

2.3.5 Siembra

Para obtener una buena germinación se recomienda sembrar en adecuada temperatura ambiental, entre el 15-20°C y la humedad del suelo en por lo menos 3/4 de la capacidad de campo. (FAO, 2001).

La siembra se puede realizar sembrando la semilla l directamente al campo definitivo o mediante el trasplante. En condiciones de costa se usan de 5 -10Kg/ha colocado las semillas al fondo del surco a chorro continuo y posteriormente cubriéndola con tierra a 1.5 cm de profundidad evitando que quede enterrada. (Jacobsen y Mujica, 2002). El trasplante básicamente se usa para disminuir el costo en mano de obra a la hora de raleo o desahijar, (FAO, 2001).

Bajo irrigación, una vez que la semilla este en el terreno se procede a realizar el primer riego, el cual debe humedecer lo suficiente para imbibición de la semilla. Se ha intentado realizar la siembra en suelo húmedo, sin embargo, los resultados no han sido favorables debido al problema de enfermedades como la chupadera (Echegaray, 2003). El trasplante se puede realizar en suelo húmedo o ligeramente húmedo, pero se debe de regar inmediatamente después de haberlo realizado, esto para asegurar un buen soporte de la planta (Lena, 2006).

2.3.6 Densidades de siembra

Respecto a las densidades probadas en quinua, se han obtenido diversos resultados. Por ejemplo, en un experimento se probaron dos distanciamientos entre surcos (0.4 y 0.8) obteniendo como resultado: plantas pequeñas y con menor porcentaje de tumbado o acame y plantas grandes con panojas de mayor longitud pero con alto porcentaje de tumbado para 0.4m y 0.8m de distanciamiento entre surcos respectivamente (Tapia, 2003).

En otro caso para Bolivia en condiciones de secano se demostró que 0.6m y 0.8m son los mejores distanciamientos entre surcos. Además se observó que hubo mayor porcentaje de plantas vigorosas conforme se va incrementando el distanciamiento (Blanco, 1969).

Otro experimento probó distanciamientos de 0.2, 0.3 y 0.4m obteniendo como resultado que el distanciamiento de 0.4m fue significativamente superior, además señaló que las labores agronómicas como el deshierbo y la aplicación de plaguicidas fueron más efectivas fáciles de realizar ya que no se dañó a la planta.

2.3.7 Semilla

Se debe utilizar semillas procedentes de semilleros oficiales con garantía de sanidad, calidad agronómica, genética y fitosanitaria. Así también la semilla deberá tener como mínimo 95% de poder germinativo (Gómez y Aguilar, 2012).

2.3.8 Raleo o desahíje

Dado que en la siembra del cultivo de la quinua se usa gran cantidad de semillas, la cantidad de plantas emergentes es alta, trae como consecuencia el enanismo de las plantas debido a un retraso en su crecimiento y desarrollo, esto es efecto de la competencia por luz y nutrientes. Por esta razón se realiza la labor de raleo o desahíje que consiste en retirar del campo las plantas sobrantes o en exceso (débiles, enfermas o pequeñas) y dejar las plantas más vigorosas, las cuales darán

la producción fina. Se estima un total de 25-50 plantas/m, dependiendo de la densidad de plantas deseadas (Jacobsen y Mujica, 2002).

2.3.9 Deshierbo

Consiste en retirar las plantas involuntarias que se encuentren en el campo, ya que tienen un efecto negativo en el cultivo de la quinua. En la costa se tienen malezas endémicas que afectan seriamente al cultivo. Existen dos estadios o momentos críticos en la quinua, el primero se da cuando las plántulas alcanzan los primeros

15cm de altura y el otro se da antes de la floración. El control químico es muy limitado en la quinua ya que los herbicidas afectan severamente al cultivo. (Mujica *et al*, 2001)

Una de las formas de control en la agricultura orgánica es el deshierbo manual o con el uso de escardas, se recomienda recoger y eliminar o hacer compost de los rastros de mala hierbas para evitar que se sigan propagando. (Jacobsen y Mujica, 2002). Las malezas se deben de controlar desde la preparación del terreno mediante un riego de machaco para hacer germinar las semillas para posteriormente voltear el terreno y ejercer un control mecánico (Gómez y Aguilar, 2012).

2.3.10 Rotación de cultivos

La rotación se debe realizar con cultivos de otras familias botánicas. Por ejemplo en costa la rotación se da de la siguiente manera: papa-quinua-maíz o trigo-hortalizas- alfalfa (FAO, 2001).

Jacobsen y Mujica (2002) mencionan una rotación con chocho (*Lupinus mutabilis* sweet); esta especie es una leguminosa que fija nitrógeno del medio ambiente, sus plagas no ocasionan daños a la quinua y la incidencia de malezas es mínima, dado que el crecimiento y ramificación de esta planta es rápida y tapa el suelo completamente.

Las rotaciones se realizan con el fin de mejorar las características del suelo y disminuir la incidencia de las plagas y enfermedades. Por esta razón se recomienda utilizar especies que contribuyan a este fin, como es el caso de las leguminosas, que fijan nitrógeno. en experiencias vividas en quinua orgánica se observa que la quinua crece y se desarrolla mejor en suelos vírgenes, terrenos descansados por cinco años como mínimo y en suelos donde el último cultivo ha sido una leguminosa (Jacobsen y Sherwood, 2002).

2.3.11 Control de plagas y enfermedades:

a. Q'onaq'ona (*Eurysacca melanocampta*)

El gusano comedor de hojas e inflorescencias *Eurysacca melanocampta* es la plaga clave en el cultivo de la quinua. Echegaray (2003), menciona como plagas claves a *Copitarsia turbata* "gusano cortador" y también a *Eurysacca melanocampta* "polilla de la quinua".

El control de *Eurysacca melanocampta* se debe realizar en los primeros estadios larvales, ya que las larvas son más pequeñas y fáciles de controlar. Esta plaga puede desarrollar dos ciclos a lo largo del desarrollo vegetativo de quinua, por lo tanto se recomienda realizar el control en la primera generación.



Figura 2. Adulto de *Eurysacca melanocampta*

Sánchez y Vergara (1991), recomiendan deshierbes oportunos, evitar periodos prolongados de sequía y realizar una cosecha oportuna. Cuando la infestación es alta se recomienda utilizar insecticidas para evitar tener altas poblaciones en pleno desarrollo de las inflorescencias de lo contrario se reducirán los rendimientos. Cabe mencionar también que las aves efectúan un importante control sobre las larvas de últimos estadios que se encuentran en las inflorescencias, manteniendo de esta manera las poblaciones en niveles bajos (Jacobsen y Mujica 2002).

Control orgánico, si se quiere realizar el control orgánico de *Eurysacca melanocampta* se debe priorizar la prevención, por lo tanto es importante establecer un sistema de control de adultos utilizando por ejemplo; feromonas, atrayentes alimenticios, trampas de luz y trampas pegantes para evitar la postura de huevos y la posterior emergencia de larvas. En caso de encontrar posturas y larvas de los primeros estadios se recomienda realizar la aplicación de insecticidas orgánicos, ya que es más fácil controlar larvas de los primeros estadios con insecticidas orgánicos que larvas más desarrolladas.

El extracto de Neem (*Azadirachta indica*) es el insecticida orgánico más conocido y comercial (Suquilanda, 1995). Otros insecticidas orgánicos hechos a partir de extractos vegetales son: el piretro (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), la muña (*Satureja perviflora*), la ñacatola (*Baccharis incarum*), la umathola (*Parastrephia lucida*), el ccamsayre (*Nicotiana tabacum*), el molle (*Schinus molle*), y el chachacomo (*Polylepis incana*) (Jacobsen y Mujica, 2002).

Los insecticidas orgánicos son biocidas y tienen mejores efectos cuando hay temperaturas altas. El B-lac es un bionutriente extraído de la papa mediante procesos fermentativos, rico en ácidos orgánicos, macro y micro nutrientes y factores de crecimiento. Este compuesto es aplicado foliarmente y sirve como repelente de insectos y bio estimulante, asimismo

como mejorador de procesos de compostaje y mejorador del suelo (Castillo, 2008)

Debido a que el contenido de saponinas ejerce un control sobre las plagas y enfermedades, se recomienda cultivar variedades con alto contenido de saponinas para evitar alta incidencia de plagas.

b. Mildiú (*Peronospora variabilis* =*Peronospora farinosa*)

Peronospora variabilis es una enfermedad cosmopolita y es la enfermedad más importante que afecta la quinua tanto en costa como en sierra como en valles interandinos.



Figura 3. Hoja de quinua con síntoma de mildiú

El control se debe realizar en forma preventiva, para lo cual se recomienda el uso de semilla sana, buena preparación del terreno y buenas labores culturales. La enfermedad debe controlarse desde los primeros estadios de la planta. El uso de fungicidas es importante ya que ayudan a mantener en niveles bajos a la enfermedad (FAO, 2001)

Control orgánico, cuando se desea realizar un control orgánico se debe tener en cuenta el empleo de variedades con resistencia a la enfermedad (Gómez y Aguilar, 2012) y el control cultural básicamente. Utilizar semilla de buena calidad, sana y libre del patógeno; es decir procedente de campos sin presencia de esta enfermedad. La preparación del terreno debe ser profunda para generar buena aireación y drenaje, el campo debe estar bien nivelado, el diseño del riego debe evitar el encharcamiento de agua. Los microclimas favorecen el desarrollo de la enfermedad, por lo tanto se debe manejar la densidad de siembra y también el distanciamiento. Se deben eliminar todas las fuentes de inóculo como por ejemplo las malezas, restos de cultivo y las plantas enfermas. La rotación de cultivos ayuda a disminuir la intensidad de la enfermedad. Las normas orgánicas mencionan que se permite el uso de caldo bórdales el cual se debe aplicar preventivamente. El uso de ceniza vegetal también es permitido (Jacobsen y Mujica, 2002).

2.3.12. Cosecha

La cosecha se realiza después de que la planta alcance la madurez fisiológica. Se recomienda hacerla durante las primeras horas de la mañana para evitar el desprendimiento del grano por efectos mecánicos. Se inicia con la siega, luego sigue el emparvado, que consiste en dejar secar las panojas formando parvas hasta que alcancen un estado óptimo de humedad (12-15%). Se inicia con el corte de la panoja tratando de no dañarla, luego se acumulan formando parvas para que pueda secar hasta que alcance una humedad óptima para el trillado (entre 12 a 15%). La trilla es el proceso mediante el cual se busca separar el grano de quinua de la panoja, este se puede realizar manual o mecánicamente. En este proceso se obtiene el grano con contaminantes y restos de la inflorescencia. El siguiente paso es el venteado, donde por medio de una corriente de aire se busca separar el grano de la broza. Finalmente se hace secar el grano natural o artificialmente hasta

alcanzar el 10% de humedad del grano. Recién con este porcentaje se puede almacenar el grano. Si se almacena a un porcentaje de humedad mayor el grano perderá calidad y hasta podría fermentarse. (Jacobsen y Mujica, 2002).

Pre limpieza o venteado

Consiste en separar el grano de las impurezas orgánicas e inorgánicas después de la trilla. Entre los materiales orgánicos tenemos pedazos de tallos (killi), hojas pequeñas, cascara de quinua, granos partidos, semillas de malezas y larvas de insecto. Entre los materiales inorgánicos contamos con piedrecillas, arena y otros.

Secado de granos

Después de la trilla, la humedad se encuentra en forma líquida en el interior de las células del grano y en forma gaseosa en los espacios intercelulares. En el secado ocurren dos procesos simultáneos.

El primero consiste en la transferencia del vapor de agua(humedad) de la superficie de los granos hacia el aire(medioambiente) y el segundo, trata del movimiento de agua desde la parte interna del grano hacia la parte superficial. Para realizar este proceso se requiere de calor.

Limpieza, selección y clasificación del grano

Consiste en la obtención de granos libres de impurezas que pudieron haber quedado después de la primera limpieza. Luego se seleccionan y clasifican de acuerdo a su tamaño y requerimiento de calidad (color). Se usan zarandas (suisunas) para limpiar, seleccionar y clasificar, dependiendo de la cantidad de granos será el tamaño de las zarandas (suisuna).

2.3.13 Adaptabilidad del cultivo de quinua

Las condiciones donde se desarrolla el cultivo y la amplia variabilidad genética que se dispone, la quinua tiene una extraordinaria adaptabilidad deferentes piscos agroecológicos. Se adapta a diferentes climas desde el desértico hasta clima caluroso y seco, el cultivo puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 80% de humedad. Y la temperatura adecuada para el cultivo es de 15 a 20°C, pero puede soportar temperaturas desde - 4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, obteniéndose producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 20 mm. (FAO, 2011)

La distribución geográfica de la quinua en los andes 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 m.s.n.m en el altiplano que comparten Perú y Bolivia (Rojas, 1998 citado por PROINPA, 2011).

La distribución de la quinua en un territorio amplio con diversas de climas, suelos, precipicio y altitud ha sido posible gracias a una serie cambios en las características morfológicas y fisiológicas que han permitido la adaptación del cultivo a diversos ambientes. Se puede afirmar que los subtipos climáticos y nichos ecológicos tiene eco tipos propios, producto de la sección natural y adaptación (Mujica et. al.; 2001).

La quinua tiene cualidades que le permiten adaptarse a condiciones ambientales diversas como son suelos pobres, sequía y heladas, y se puede cultivar a diferentes altitudes, que van desde los 3000 m, hasta el nivel del mar (Wahli, 1990).

a) Clima

La quinua se adapta a variados climas como el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, llegando hasta la ceja de selva con mayor humedad relativa, a la puna y zonas andinas de grandes altitudes. Por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas (Mujica et. al., 2001). En general, este cultivo puede soportar más 35°C, pero no desarrolla adecuadamente, también puede tolerar climas fríos, de hasta -1°C en cualquier etapa de su desarrollo, excepto durante la floración, debido a los problemas de esterilidad del polen a bajas temperaturas.

b) Suelo

Mujica *et. al.*, (2001) señalan que la quinua prospera en los suelos francos, poco arenosos, arenosos o francos arcillosos; semi profundos, con alto contenido de materia orgánica, con pendientes moderadas; y que en estos suelos se obtienen los mejores rendimientos. Además, señalan que suelos deben tener buen drenaje, porque la quinua es muy susceptible al exceso de la humedad, sobre todo en los primeros estados. Tapia *et al.*, (2000) señalan que puede desarrollarse en suelos arenosos y con déficit de agua con rendimientos aceptables y que en suelos pobres tienen un bajo rendimiento de grano.

La quinua de preferencia prefiere suelos francos, con buen drenaje, con un pH de neutro a básico, y se menciona que algunas quinuas son de carácter halofítico (FAO, 2011).

c) Riego

En cuanto al agua León (2003) refiere: -Óptimo: 300 – 500 mm y
Máximo:600 – 800 mm

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 al 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 si heladas se obtiene buena producción.

La disponibilidad de humedad en el suelo es un factor determinante en la primera etapa del cultivo, desde que emerge hasta las primeras cuatro hojas, El requerimiento mínimo de precipitación para la germinación es de 30 mm a 45 mm, de 2 a 5 días. Puede soportar veranillos por la presencia de papilas higroscópicas en las hojas. Su sistema radículas está desarrollado para resistir esas condiciones de sequía. La cantidad óptima de agua es de 300 a 500 mm de precipitación por campaña. En la fase de maduración y cosecha requiere condiciones de sequía o esteres hídrico. Agrobanco (2012).

Apaza (2000), El cultivo de quinua requiere 408 mm de agua en los 161 días de su periodo vegetativo (choquecallata, 1990). El cultivo soporta déficit hídrico, excepto en las fases fenológicas de germinación a 4 hojas verdaderas y floración).

d) Humedad

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)

2.4 Marco conceptual

Fórmula de abonamiento. Representación numérica de las cantidades de dosis de nutrientes que se debe aplicar a un cultivo, generalmente está referida a nitrógeno, fosforo y potasio, que generalmente se expresa en kg/ha de N-P₂O₅-K₂O.

Panoja. Conjunto racimos que nacen de un mismo tallo y que se ramifican a su vez en nuevos racimos

Diseño experimental: Es el campo experimental debidamente delimitado con sus unidades experimentales.

Diseño estadístico: Es el modelo matemático.

Desahije: Es una operación agronómica también conocido como “raleo”, “descañe” o “entresaque”, que consiste en extraer las plantas que se consideran en exceso, ya sea en la hilera, en el “golpe” o “sitio”

Producción. Conjunto de actividades que se desarrolla en el manejo de un cultivo, desde la siembra hasta la cosecha en una superficie no definida.

Productividad. Capacidad o grado o cantidad de producción por una superficie definida de tierra cultivable, por lo general por una hectárea.

Rendimiento máximo. Mayor producción que se obtiene por efecto de la fertilización.

Rendimiento óptimo. Rendimiento más rentable que se obtiene por efecto de la fertilización.

Volumen de producción total. Es la cosecha comercial lograda. Se expresa en kilogramos o toneladas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El trabajo de investigación se instaló en el terreno ubicado en el centro poblado de Acopalca del distrito y provincia de Huari del departamento de Ancash. Geográficamente, ubicado en las coordenadas UTM 09°21'9.31" de latitud sur, 77°09'09.65" de longitud oeste y a 3100 m.s.n.m. de altitud.

3.2 Insumos, equipos y materiales.

3.2.1 Insumos

- Semilla de quinua, 15kg/ha variedad INIA 415 Pasankalla
- Urea (46 %N)
- Fosfato di amónico (46% P₂O₅)
- Cloruro de potasio (60% K₂O)

3.2.2 Equipos

- Cámara fotográfica
- Computadora portátil
- Balanza analítica

3.2.3 Materiales

- Letreros
- Rafia
- Tijera
- Bolsas

- Libreta de apuntes
- Bolígrafo
- Calculadora
- Wincha
- Mantas
- Estacas
- Hoz
- Racuana
- Barreta

3.3 Factores de estudio

A: Formula de abonamiento (F)

$f_1 = 0 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_2 = 80 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_3 = 160 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_4 = 240 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_5 = 320 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_6 = 160 \text{ kg N} - 0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_7 = 160 \text{ kg N} - 50 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_8 = 160 \text{ kg N} - 150 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_9 = 160 \text{ kg N} - 200 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 160 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_{10} = 160 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 0 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_{11} = 160 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 80 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_{12} = 160 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 240 \text{ kg K}_2\text{O}$

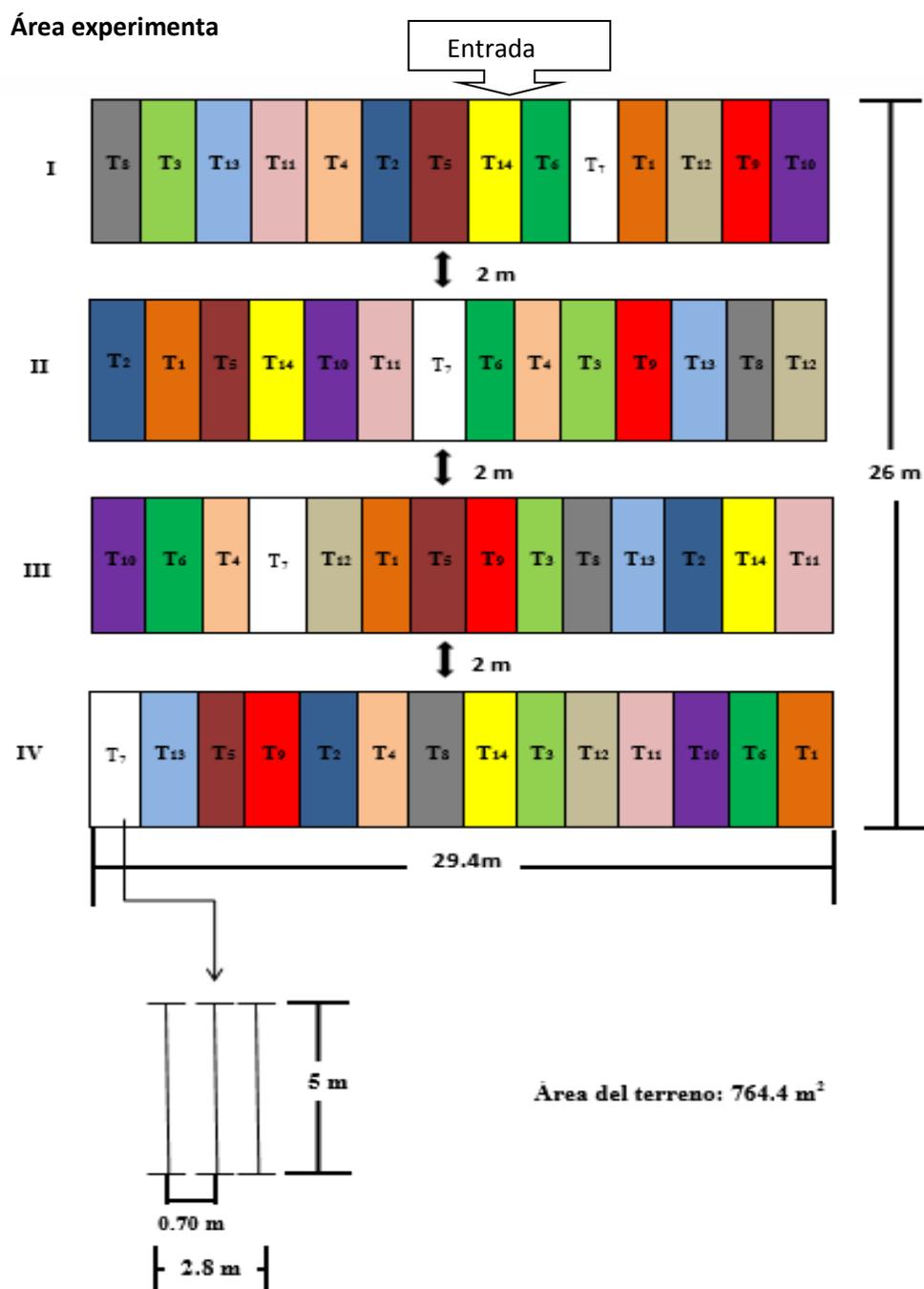
$f_{13} = 160 \text{ kg N} - 100 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 320 \text{ kg K}_2\text{O}$

$f_{14} = 0 \text{ kg N} - 0 \text{ kg P}_2\text{O}_5 - 0 \text{ kg K}_2\text{O}$

Tabla 5*Combinación de los factores de estudio y sus números de bloque por tratamiento*

TRAT.	FACTORES EVALUADOS (Kg/ha)			BLOQUE			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	I	II	III	IV
T ₁	0	100	160	1,1	1,2	1,3	1,4
T ₂	80	100	160	2,1	2,2	2,3	2,4
T ₃	160	100	160	3,1	3,2	3,3	3,4
T ₄	240	100	160	4,1	4,2	4,3	4,4
T ₅	320	100	160	5,1	5,2	5,3	5,4
T ₆	160	0	160	6,1	6,2	6,3	6,4
T ₇	160	50	160	7,1	7,2	7,3	7,4
T ₈	160	150	160	8,1	8,2	8,3	8,4
T ₉	160	200	160	9,1	9,2	9,3	9,4
T ₁₀	160	100	0	10,1	10,2	10,3	10,4
T ₁₁	160	100	80	11,1	11,2	11,3	11,4
T ₁₂	160	100	240	12,1	12,2	12,3	12,4
T ₁₃	160	100	320	13,1	13,2	13,3	13,4
T ₁₄	0	0	0	14,1	14,2	14,3	14,4

3.4 Diseño experimental



Sector del área experimental: Agrícola/cereales

Figura 4. Croquis de distribución de los tratamientos en el campo experimental

3.4.1 Descripción del campo experimental

Dimensiones del campo experimental

Del área total:

- Largo	: 26 m
- Ancho	: 29.4 m
- Área total	: 764.4 m ²
- Largo del bloque	: 5 m
- Área neta del experimento	: 588 m ²

De la unidad experimental (u. e.):

- Largo de la u. e.	: 5 m
- Ancho de la u. e.	: 2.10 m
- Área de la u. e.	: 10.5 m ²

Densidad de siembra:

- Distancia entre sucos	: 0.70 m
- N° de semillas a sembrar/metro lineal	: 100
- N° de plantas definitivas /metro lineal	: 15
- N° de semillas/u. e.	: 1 500
- N° de plantas definitivas/u. e.	: 225
- Plantas/ha	: 214 286

3.5 Diseño Estadístico

En el trabajo de investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA); con 14 tratamientos en cuatro bloques.

El análisis de varianza (ANVA) y las comparaciones de las mediciones biométricas (altura de planta, longitud de panoja, número de ramas/panoja y Rendimiento toneladas/hectárea) la prueba de comparaciones de medias se realizará con Tukey a un nivel de $\alpha = 0,05$. Dichos análisis se realizarán mediante el uso del programa informático MINITAB versión 17.

3.5.1 Modelo estadístico

$$YK(ij) = \mu + \beta_j + E_i + EK(ij)$$

DONDE:

$YK(ij)$ = Resultado de una unidad experimental

μ = Media o promedio general (evaluaciones biométricas)

β_j = Efecto de tratamientos (fórmulas de abonamiento con N, P_2O_5 y K_2O)

E_i = Efecto de los bloques

$EK(ij)$ = Error unidad experimental

3.6 Metodología del trabajo de investigación del cultivo de quinua.

3.6.1 Preparación del terreno y surcado

Para realizar la preparación del terreno y surcado primero se realizó un muestreo de suelo al azar en diferentes puntos del terreno con la ayuda de una racuana, una vez encontrados estas condiciones por las constantes precipitaciones se hizo la aradura con la ayuda de bueyes (yunta).

Esperar el inicio de lluvias, surcar ligeramente el campo para enterrar semillas de malezas y cultivos anteriores y estiércol del pastoreo, un mes o antes de las labores de preparación del suelo. Esta actividad favorece la exposición de huevos -larvas de insectos, retención de agua, la germinación de semillas en el campo y el inicio de descomposición del estiércol. Las plantas germinadas serán eliminadas durante la aradura y reducirán la población inicial de malezas en el campo.



Figura 5. Volteo de terreno de campo experimental con yunta

El surcado se realizó al día siguiente de la preparación del terreno, fue diseñado a 0.7 m de ancho y 5.00 de largo para cada unidad experimental con la ayuda de una racuana donde toda el surcado tuvo una duración de cinco horas de tres. Las líneas de los surcos están orientadas igual a las curvas de nivel.



Figura 7. Surcado del terreno manual a 0.70 m entre surco

Después de culminar el surcado se realizó el diseño del croquis experimental y se colocaron los letreros según corresponden.

3.6.2 Siembra

La siembra se realizó inmediatamente de concluida la preparación del suelo. De esta forma las semillas tuvieron una humedad adecuada y se redujo la competencia con malezas. Las semillas de quinua son pequeñas y deben ser sembradas cuidadosamente para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo

Antes de realizar la siembra se aplicó al fondo del surco en forma de chorro continuo los fertilizantes (Urea se aplicó el 50%, súper fosfato triple 100% y cloruro de potasio 100%, de todas las formulas designadas para cada tratamiento)

La siembra se realizó en el fondo del surco a chorro continuo, la cantidad de semilla que se utilizó es en referencia a 12 kg/ha. Una persona después de la siembra fue tapando con una rama de árbol. Con la finalidad tapar uniformemente los granos de quinua en el surco.



Figura 7. Siembra de quinua a chorro continuo

3.6.3 Desahije o raleo

Si la siembra fue directa y hecha con semilla de calidad, puede ser que algunos campos tengan una alta cantidad de plántulas, por lo que es necesario realizar un desahije o raleo que permitirá dar a las plántulas más espacio, nutrientes y aire para crecer.

Las altas densidades resultan en plantas débiles y pequeñas, y con menor rendimiento por planta. Por otra parte, el uso de menos plantas por área da lugar a plantas ramificadas que prolongan el ciclo vegetativo y proveen más espacio para el crecimiento de las malezas y dificultan la cosecha.

Se ha establecido que una buena densidad es aquella que tiene 50 plantas por metro lineal; es decir aproximadamente unas 500,000 plantas por hectárea.

Esta labor cultural se realiza junto al deshierbo, con plantas de quinua de 15 a 20 cm y una humedad apropiada en el suelo. Se recomienda dejar plantas vigorosas de la variedad y eliminar plantas más débiles, enfermas o pequeñas, o fuera de tipo. Esto es muy importante especialmente en la conducción de semilleros certificados. Plantas vigorosas pueden ser trasplantadas a zonas del campo con baja población.

El desahijé se realizó con la finalidad que no haiga competencia entre las plantas tanto para luz y fertilización y tengan un mejor espacio para su desarrollo, para ello se dejó 75 plantas por cada unidad experimental en 10.50m², Para su respectivo de evaluación.

3.6.4 Control de malezas

El control de malezas se llevó a cabo con la ayuda una racuana y lampa, en las primeras etapas fenológicas.



Figura 8. Control de malezas

3.6.5 Fertilización y Aporque

Para la fertilización se utilizó los siguientes fertilizantes: urea, fosfato diatómico y cloruro de potasio, las fórmulas de fertilización fueron aplicadas tal como fueron mencionadas para cada tratamiento. La fertilización se realizó en el momento de aporque. Las fertilizaciones se aplicaron en el fondo de curso a chorro continuo para cada tratamiento.

Cada uno de las fuentes de fertilizantes fueron pesados de acuerdo a los cálculos realizados para cada uno de los tratamientos, y estos serán guardadas en una bolsa de plástico con una identificación del tratamiento. Por cada unidad experimental se utilizó 9 bolsas en total por lo que tenemos 3 surcos por u. e. y 3 elementos en estudio, (los cálculos se hicieron para cada surco de u. e.), Cada uno de los elementos se aplicó el total a la siembra a excepción del nitrógeno que se aplicará 50% a la siembra y 50% en el aporque (la dosificación se hará en el pesado para evitar fallas en la aplicación).

En la siembra y el aporque se ubicaran cada una de los fuentes de fertilizantes en bolsas a las lugares que corresponden, esto será fácil de ubicar porque el campo experimental estará edificados con un letrero para cada una de las unidad experimental, ya teniendo ubicados en sus lugares que corresponden se aplicó en forma de choro continuo, y esto se aplicó casi por encima de la semilla ya que a estos les separa una capa de suelo, y por último se procedió a cubrir el fertilizante aplicado con otra capa de suelo.



Figura 9. Fertilización química en la quinua

El aporte se realizó el mismo día de fertilización con la finalidad que el fertilizante que no se volatiliza. El aporte se realizó anualmente con ayuda de (lampa de aporte)

3.6.6 Cosecha

La cosecha empezó de acuerdo a los periodos vegetativos de las cinco variedades. Cuando la planta llega a la madurez fisiológica es decir cuando el grano están secas y cuando aplastas o presionas presenta resistencia, pero es fácil reconocer cuando la planta llega a esta etapa entra en un proceso de amarilla miento completo y una gran defoliación, viendo características se realizó el cote o cosecha a nivel del cuello de la planta con la ayuda de tijera de podar. Esta labor se realiza en las mañanas antes que salga sol para evitar la caída de los granos. Una vez está cortado se traslada en un costal o matada de acuerdo la variedad.



Figura 10. Cosecha de quinua de las muestras representativas



Figura 11. Cosecha de quinua de los diferentes tratamientos.

3.6.7 Secado de la planta después del corte

El trabajo se realiza de la siguiente manera: Todas las plantas cortadas se colocaron en diferentes mantadas de acuerdo a cada variedad y bloques. Las plantas cortadas se tendiendo con sus respectivas mantadas en un lugar plano para ser secado y todos los días se realizan el volteo para que las panojas que secan uniforme.



Figura 12. Secado de quinua en diferentes mantadas de acuerdo a los bloques.

3.6.8 Desprendimiento del grano y venteado

Una vez que esta seca la panoja se empieza sacudir y aplastar con las manos para que no se queda los grano en la panoja. Luego se empieza a realizar, la labor del venteo con la finalidad de eliminar todo los desechos o pajitas de panoja y dejar granos limpios

3.7 Evaluaciones biométricas

3.7.1 Altura de planta



Figura 13. Medición de altura de planta.

Los datos de altura de planta fue evaluada en metros (m), dicha evaluaciones se realizó una semana antes de la cosecha, las medidas fueron tomadas desde el tallo al ras de suelo hasta la parte terminal de la panoja.

3.7.2 Longitud de la panoja

La evaluación se realizó antes de cosecha faltando 5 días para cosecharla la quinua del campo y las medidas fueron tomadas en centímetros (cm), tomamos las medidas de la primera rama hasta el final de la panoja.

3.7.3 Rendimiento

Se evaluaron diez plantas de cada unidad experimental, primero se realizó la siega y/o corte en la parte basal del tallo muy próximo al suelo dejando 5 cm de altura. Luego se llevó al tendido las muestras en una manta para el secado de los granos, se realizó el desprendimiento de los granos por la fricción de las dos manos poniendo en el centro a la panoja, posterior a ello se realizó el venteado para dejar los granos libres de impurezas, luego se procedió a realizar el peso de los granos de las diez plantas con ayuda de la balanza donde fueron expresados en g/ 10 plantas. Luego cada unidad experimental, se realizó los cálculos para representar en toneladas /hectáreas (t/ha), fue estimado con los valores encontrados por cada unidad experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANVA) y las comparaciones de las mediciones biométricas (altura de planta, longitud de panoja, número de ramas/planta y Rendimiento (toneladas/hectárea)) fueron procesadas para la prueba de comparaciones de medias con Tukey a un nivel de $\alpha = 0,05$. Dichos análisis se realizaron mediante el uso del programa informático MINITAB versión 17.

Las evaluaciones biométricas obtenidos en el campo experimental y procesadas en el análisis estadístico (ANOVA) fueron, altura de planta (m), longitud de panoja (m), número de ramas por planta y rendimiento (t/ha) (Tabla 6), donde para la fuente de variación de bloque se encontraron diferencias significativas en las variable; altura de planta (m) y longitud de panoja (m) mientras que para las variables número de rama/panoja y rendimiento (t/ha) no se encontraron diferencias significativas. Para la fuente de variación de tratamientos (fórmulas de abonamiento), todas las variables; altura de planta (m), longitud de panoja (m), número de ramas/planta y rendimiento (t/ha) se encontraron diferencias altamente significativas (Tabla 6).

Tabla 6

Análisis de varianza de cuadrados medios de las evaluaciones biométricas

CUADRADOS MEDIOS (CM)					
FUENTE DE VARIACIÓN	GL	Altura de planta(m)	Longitud de panoja (cm)	Nº ramas /Planta	Rendimiento (t/ha)
BLOQUE	3	0.012 **	0.003 **	0.587 NS	0.140 NS
TRATAMIENTOS	13	0.048 **	0.040 **	5.696 **	3.557 **
ERROR	39	0.001	0.001	0.317	0.125
TOTAL	55				
R ²		93.60%	96.00%	85.97%	90.54%
p < 0.05		* Significativo		p < 0.01 ** Altamente significativo	

pertenecientes al grupo “D”, y finalmente los tratamientos 2, 11, 6 y 1 pertenecientes al grupo “F” con valores de (1.27, 1.26, 1.23 y 1.21 metros) son estadísticamente inferiores a los demás tratamientos pertenecientes a los grupos antes mencionados teniendo la forma de $A > B > C > D > E > F$ (figura 15).

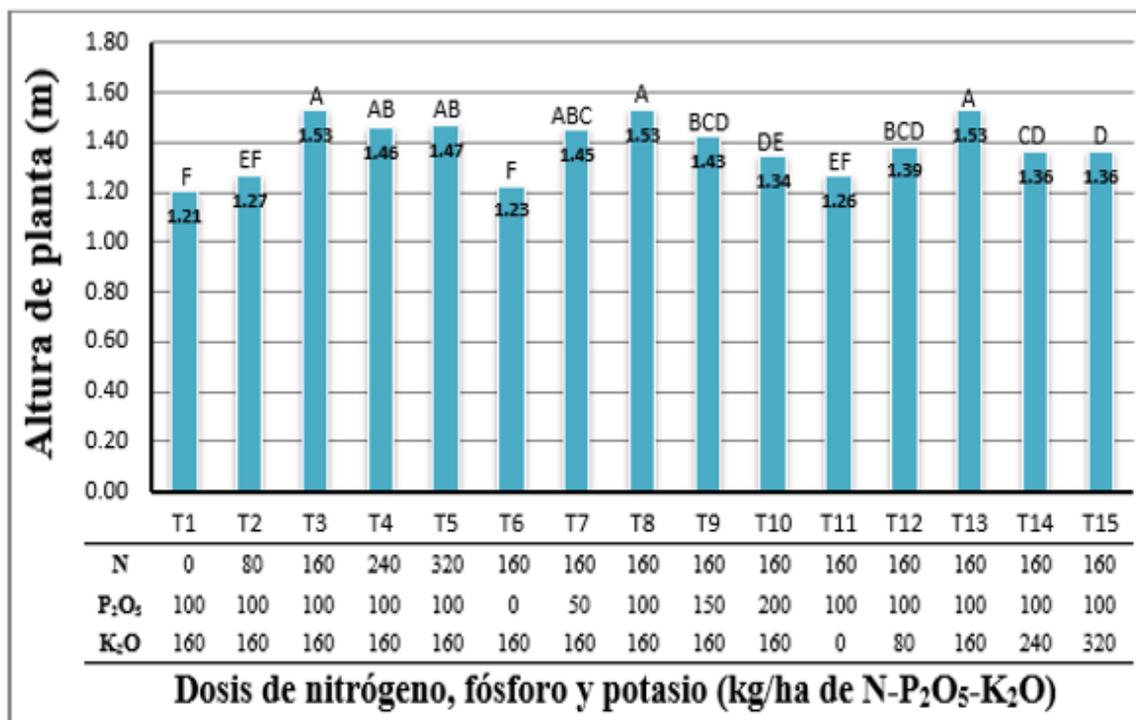


Figura 14. Altura de planta de diferentes tratamientos de fertilización de NPK.

4.2 Longitud de panoja

Los datos de tamaño de panoja pasaron las pruebas de asunciones por lo tanto se realizó en estadística paramétrica mediante el análisis de varianza (ANOVA), en la fuente de variación, para bloques y tratamientos se encontró diferencias altamente significativas (Tabla 8)

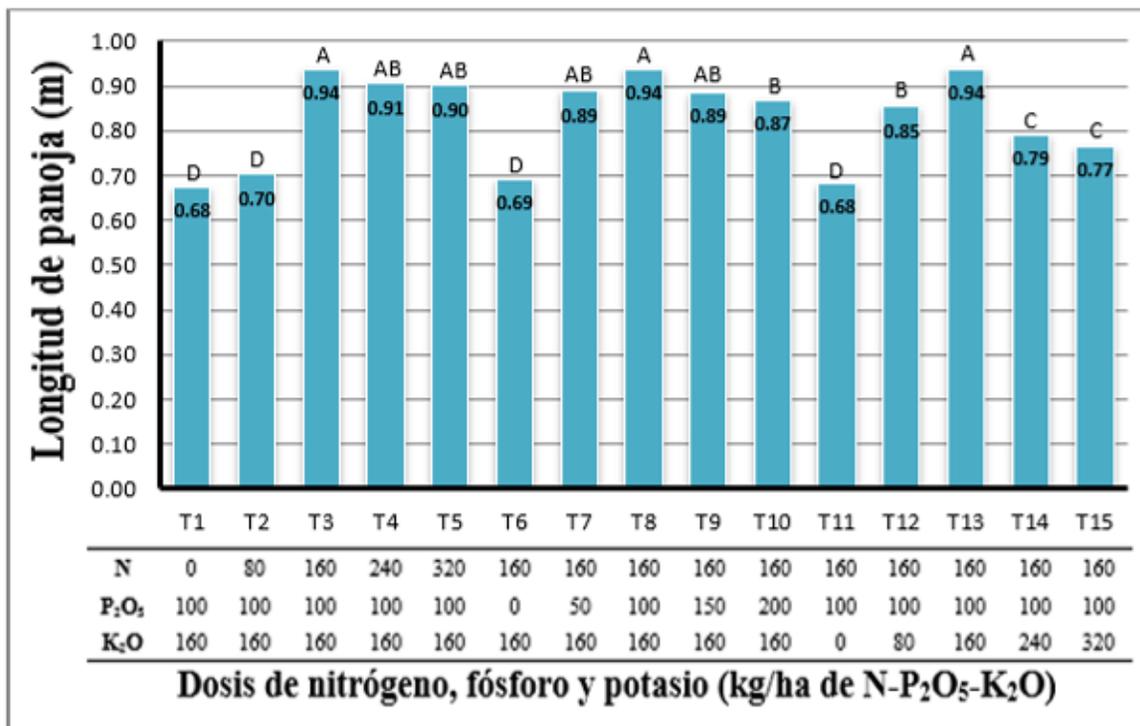


Figura 15. Longitud de panoja de diferentes tratamientos de fertilización de NPK.

4.3 Número de ramas/planta

Los datos de número de ramas por panoja pasaron las pruebas de asunciones por lo tanto se realizó en estadística paramétrica mediante el análisis de varianza (ANOVA), en la fuente de variación para bloques no se encontraron diferencias significativas, y en la fuente de variación para los tratamientos se encontró diferencias altamente significativas (Tabla 9)

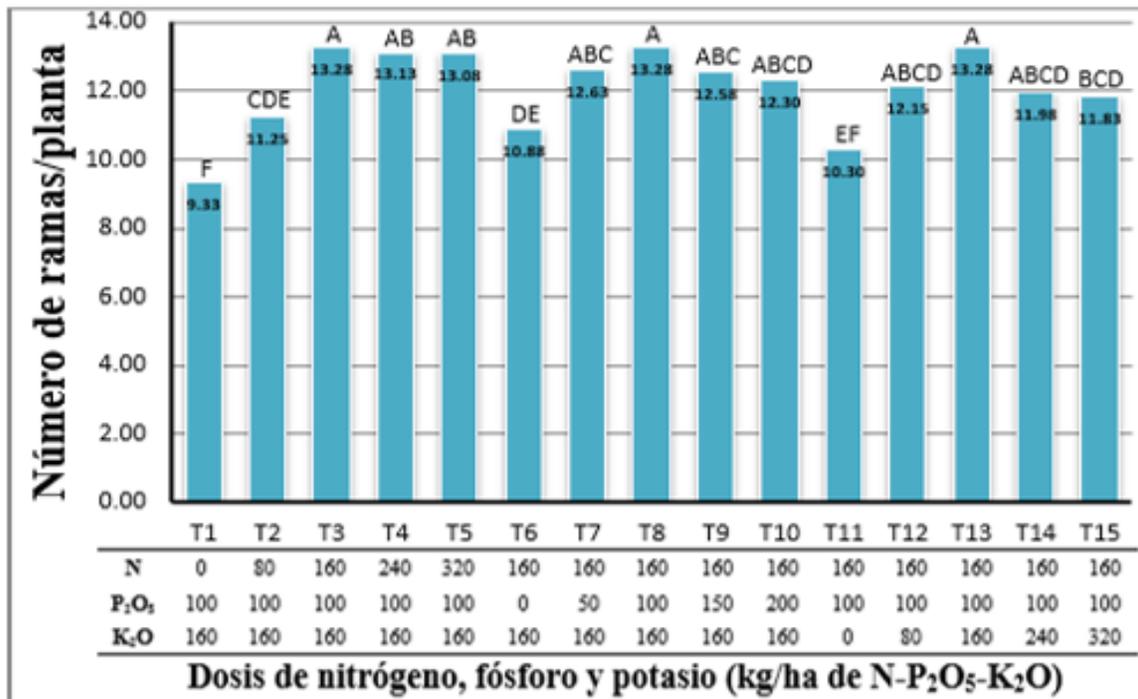


Figura 16. Numero de ramas de diferentes tratamientos de fertilización de NPK.

4.4 Rendimiento de quinua t/ha.

Para los datos de rendimiento t/ha pasaron las pruebas de asunciones por lo tanto se realizó en estadística paramétrica mediante el análisis de varianza (ANOVA), en la fuente de variación de bloques no se encontraron diferencias significativas y para la fuente de variación de tratamientos se encontró diferencias altamente significativas (Tabla 10)

Tabla 10

Análisis de varianza para el rendimiento de quinua.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	SC Ajustado	CM Ajustado	Valor F	Valor P	Sig.
BLOQUE	3	0.4208	0.1403	1.12	0.350	NS
TRATAMIENTO	14	49.7981	3.5570	28.49	0.000	**
ERROR	42	5.2444	0.1249			
TOTAL	59	55.4634				

$p < 0.05$ * **Significativo.**

$p < 0.01$ ** **Altamente significativo**

$R^2 = 90.54\%$

De los 15 tratamientos evaluados para la variable; rendimiento de grano de quinua en toneladas/hectárea, los tratamientos 3, 8, 13, 4, 7, 5 y 9 fueron de mayor rendimiento siendo superiores a los demás tratamientos estadísticamente significativo perteneciendo al grupo “A” con valores de (6.59, 6.59, 6.59, 6.17, 6.17, 6.16 y 5.96 toneladas/hectárea), seguido por los tratamientos 4, 7, 5, 9 y 12 pertenecientes al grupo “B” con valores de (6.17, 6.17, 6.16, 5.96 y 5.49 toneladas/hectárea), que son menores estadísticamente a los tratamientos pertenecientes al grupo “A”, así mismo los tratamientos 12, 10, 14, 15 y 2 pertenecientes al grupo “C” con valores de (5.49, 5.04, 5.03, 4.99 y 4.73 toneladas/hectárea) son estadísticamente inferiores a los tratamiento pertenecientes al grupo “B”, de misma forma los tratamientos 10, 14, 15, 2 y 11 pertenecientes al grupo “D” con valores de (5.04, 5.03, 4.99, 4.73 y 4.27 toneladas/hectárea) son estadísticamente inferiores a los tratamiento pertenecientes al grupo “C”, seguido por los tratamientos 14, 15, 2, 11 y 6 pertenecientes al grupo “E” con valores de (5.03, 4.99, 4.73, 4.27 y 4.13 toneladas/hectárea) son estadísticamente inferiores a los tratamiento pertenecientes al grupo “D”, y finalmente los tratamientos 2, 11, 6 y 1 pertenecientes al grupo “F” con valores de (4.73, 4.27, 4.13 y 3.86 toneladas/hectárea) son estadísticamente inferiores a los demás tratamientos pertenecientes a los grupos antes mencionados teniendo la forma de A>B>C>D>E>F (*figura 18*).

Los tratamientos 3, 8, 13, 4, 7, 5 y 9 fueron muy superiores que los demás tratamientos con las fórmulas de abonamiento $160\text{ N} - 100\text{ P}_2\text{O}_5 - 160\text{ K}_2\text{O}$, $160\text{ N} - 100\text{ P}_2\text{O}_5 - 160\text{ K}_2\text{O}$, $160\text{ N} - 100\text{ P}_2\text{O}_5 - 160\text{ K}_2\text{O}$, $240\text{ N} - 100\text{ P}_2\text{O}_5 - 160\text{ K}_2\text{O}$, $160\text{ N} - 50\text{ P}_2\text{O}_5 - 160\text{ K}_2\text{O}$, $320\text{ N} - 100\text{ P}_2\text{O}_5 - 160\text{ K}_2\text{O}$ y $160\text{ N} - 150\text{ P}_2\text{O}_5 - 160\text{ K}_2\text{O}$ respectivamente.

La misma en la que también fue superior en altura de planta (*Figura 15*) y longitud de panoja (*Figura 16*), para las condiciones de Acopalca - Huari a una altitud de 3200 m.s.n.m. Con un suelo de características químicas de pH 4:78 según la tabla de interpretación siendo una clasificación de fuertemente ácido y conductividad eléctrica de 0.12 dS/m siendo muy ligeramente salino, con un porcentaje de Materia orgánica de 2.14, de fósforo disponible 8.6 ppm y 166 ppm de potasio disponible, encontrándose en la clasificación en un rango medio.

Mientras que para Mejía (2010), quien realizó un trabajo de investigación para su tesis de pregrado en la UNALM quien determinó que para un rendimiento óptimo de 3.774 toneladas/hectárea en la variedad Blanca de Junín se requieren 120, 100 y 80 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O para las condiciones de Chontaca - Acocro, Ayacucho (Mejía, 2010). Dicho dato es muy inferior a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación realizado para las condiciones de Acopalca - Huari. En el trabajo de Tineo, (1999). Muestra que para tener un mayor rendimiento de quinua se necesita una fórmula de abonamiento de 150, 50 y 40 kg/ha de N-P₂O₅-K₂O, para obtener un rendimiento de 2.036 toneladas/hectárea para las condiciones de Manallasaq - Chiara, Ayacucho con un análisis del suelo indicaba un nivel bajo de P disponible (7 ppm), un nivel alto de potasio (230 ppm) y de N total (0.3%). (Tineo 1999).

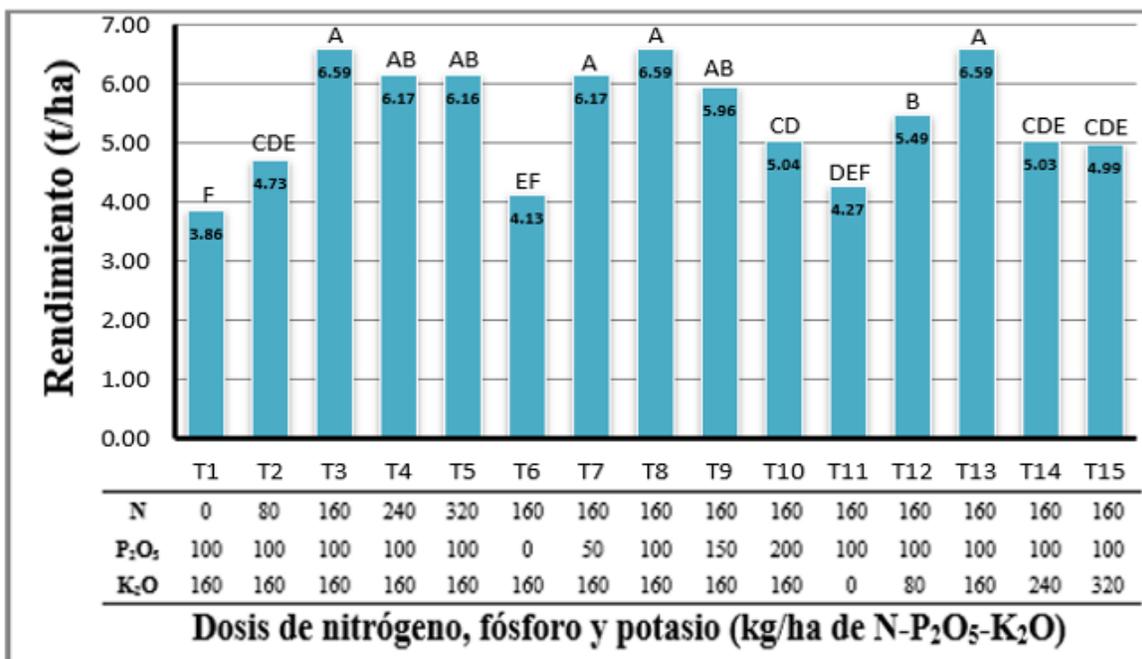


Figura 17. Rendimiento de quinua en t/ha de diferentes tratamientos de fertilización en NPK.

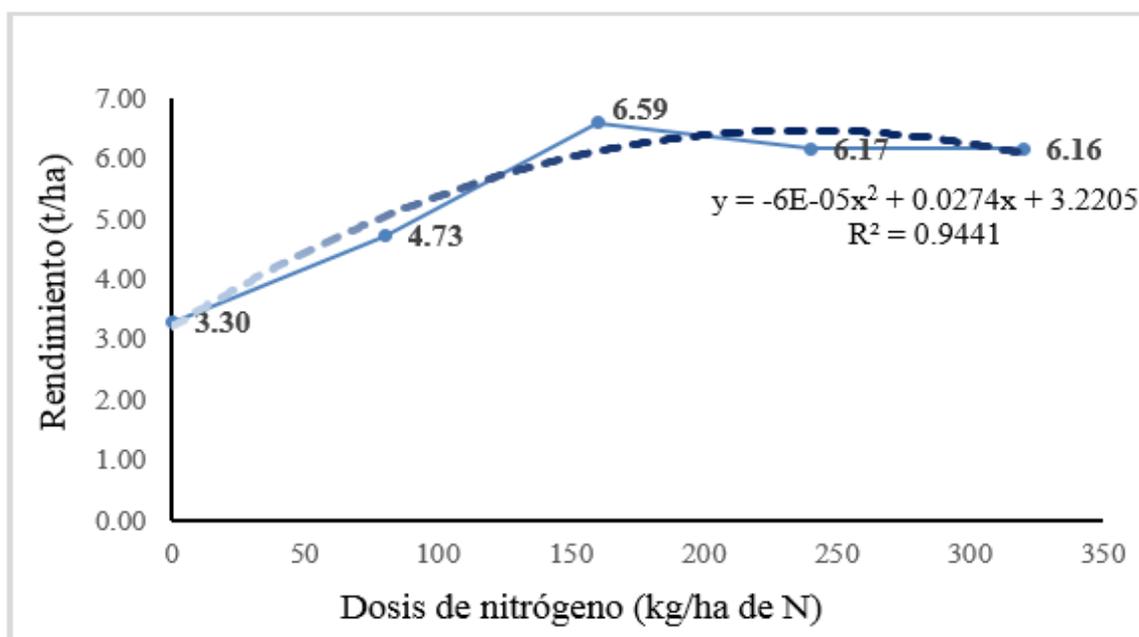


Figura 18. Curva de respuesta de quinua en t/ha de los diferentes tratamientos de fertilización en nitrógeno.

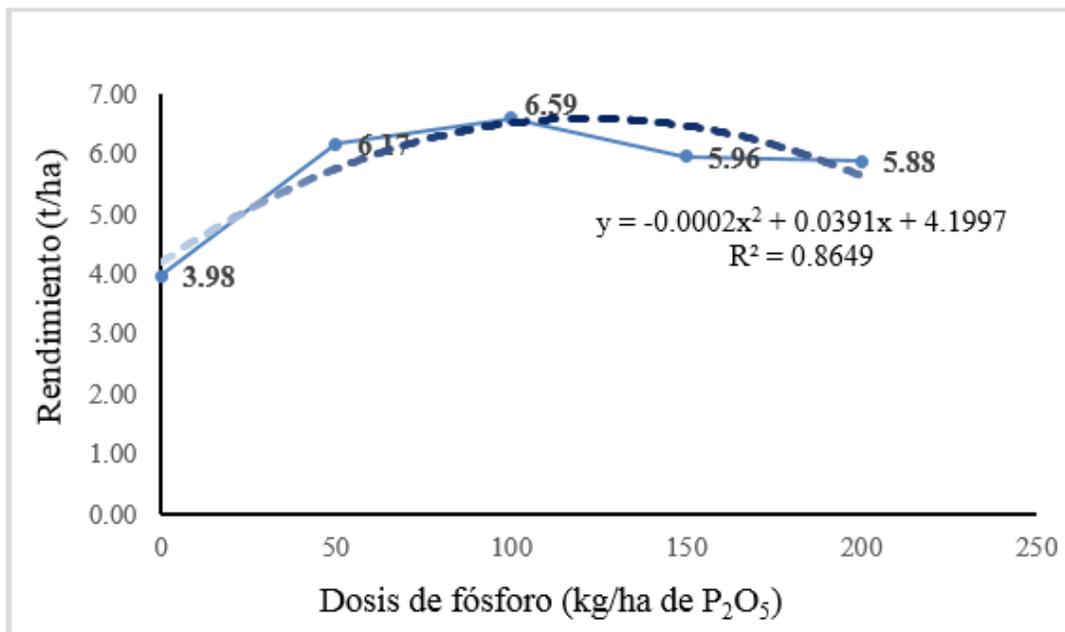


Figura 19. Curva de respuesta de quinua en t/ha de los diferentes tratamientos de fertilización en fósforo.

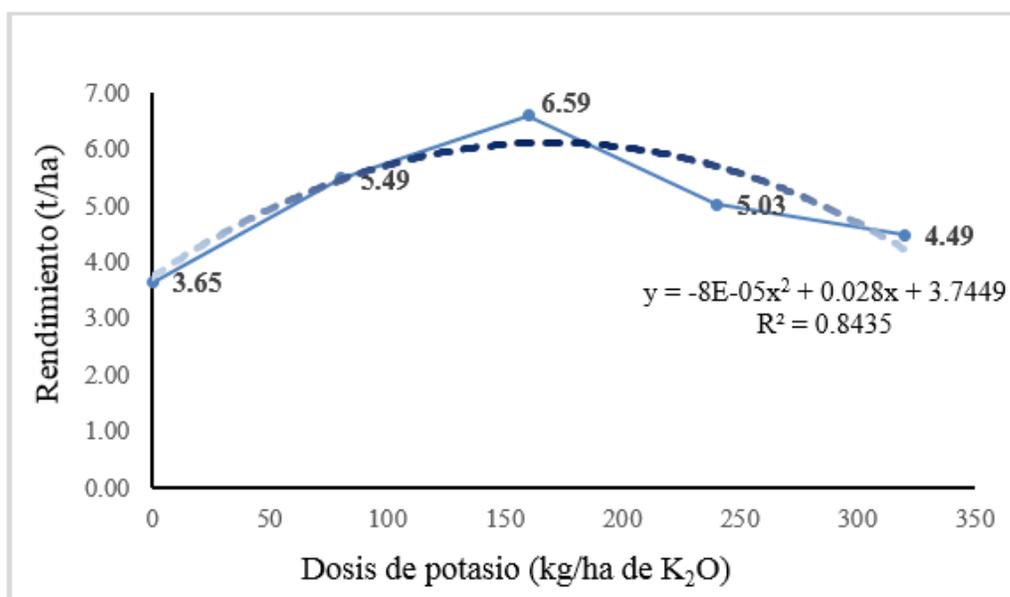


Figura 20. Curva de respuesta de quinua en t/ha de los diferentes tratamientos de fertilización en potasio.

V. CONCLUSIONES

Las curvas de respuesta de los nutrientes nos demuestran que en el caso del Nitrógeno el rendimiento de la quinua se incrementa conforme se incrementa la cantidad del nutriente hasta llegar al máximo que es 160 Kg/ha de N con un rendimiento de 6.59 Kg/ha. En el caso del Fósforo el rendimiento se incrementa hasta llegar al máximo que es 100 Kg/ha de P_2O_5 con un rendimiento de 6.59 Kg/ha. En el caso del Potasio el rendimiento se incrementa hasta llegar al máximo que es 160 Kg/ha de K_2O con un rendimiento de 6.59 t/ha. Si se incrementa la cantidad de cada uno de los nutrientes por encima del máximo el rendimiento empieza a disminuir.

De acuerdo a la curva de respuesta se ha encontrado la mejor fórmula de abonamiento a las cantidades de 160 kg/ha de N, 100 kg/ha de P_2O_5 y 160 kg/ha de K_2O , con rendimiento óptimo de 6.59 kg/ha. De quinua variedad INIA 415 Pasankalla.

De los 15 tratamientos evaluados para la variable; rendimiento de grano de quinua en toneladas/hectárea, los tratamientos 3, 8, 13, 4, 7, 5 y 9 fueron de mayor rendimiento siendo superiores a los demás tratamientos estadísticamente significativo perteneciendo al grupo "A" con valores de (6.59, 6.59, 6.59, 6.17, 6.17, 6.16 y 5.96 toneladas/hectárea).

VI. RECOMENDACIONES

Para las condiciones similares del lugar de la presente investigación se recomienda utilizar la siguiente fórmula de abonamiento 160 kg/ha de N, 100 kg/ha de P_2O_5 y 160 kg/ha de K_2O , debido a que se obtiene un alto rendimiento.

Para obtener resultados óptimos en la cosecha, mejorar la producción utilizando, por lo menos una tecnología intermedia de acuerdo a las exigencias de calidad del mercado y tener en cuenta la importancia de las labores agronómicas en el cultivo, antes y después de realizar la siembra.

Realizar trabajos similares en distintas zonas andinas que permita comparar las necesidades nutricionales y así mismo la producción de distintas variedades de quinua identificando las mejores, ya que de acuerdo a las condiciones naturales que presentan se pueden tener distintos niveles de expresión potencial en el rendimiento de cada variedad.

A nivel de los productores y comercializadores se debe difundir e incentivar la utilización de los estándares de calidad de quinua las buenas prácticas agrícolas (BPA), con el propósito de mejorar la calidad y obtener mejores precios.

VII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Abugoch, L. (2009) quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, chemistry, Nutritional and Functional Properties. Santiago de Chile: Elsevier Inc
- Apaza, V. & Delgado, P. (2005). Manejo y mejoramiento de quinua orgánica. Puno: EEA IILPA.
- Apaza, w (1995). Efecto de densidad y niveles de fertilización en el rendimiento de quinua (*Chenmopodium quinu* Willd) en costa central (Tesis de ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima
- Basilio, A. (1976). La producción de quenopodiáceas desde el punto de vista de los campesinos. In: Convención Intern. de Quenopodiáceas, II. Potosí, Bolivia. IICA, Serie de Informes, Cursos y Reuniones No. 96.
- Canahua, A. (1997). Producción de quinua en Juliaca. Boletín Técnico No. 9, Serie Quinua. Puno, Perú. Fundo Simón Bolívar, IICA, Zona de Alimentación XII.
- Calzada, J. (1951). El abonamiento de la quinua. Perú, Dirección General de Agricultura. Boletín Inf. no. 32. 6p.
- Estrada,R., apaza, V., & Delgado, P. (2012). Tecnología en la producción de quinua para el mercado interno y externo. Lima. INIA.
- Flores, J., Chilquillo, M., Cusiatado, G., Pujaico, G., Alanya, J., Chávez, V., risco, a (2010). Tecnología productiva de quinua. Lima
- Gandarillas, H. y Tapia, G. (1976). Requerimientos de fertilizantes en la quinua, Altiplano Central de Bolivia. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2ª, potosí, Bolivia. IICA. Informes de conferencias, cursos y reuniones no. 96.
- Huamancusi, J. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada y de la modalidad de aplicación de micronutrientes en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*

- Willd) (Tesis de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria la molina. Lima
- Huanca, V. R. (2007). Incorporación de tres especies como abono verde y su efecto en el rendimiento de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Tesis de Grado) Universidad Nacional Mayor de San Andrea Facultad de Agronomía. La paz.
- León Hanco, J. M. (2003). Cultivo de la Quinua en Puno-Perú. Descripción, manejo y producción. Puno-Perú: ciencias Agrarias UNA PUNO.
- Mujica, A. (1997). Cultivo de quinua. INIA. Serie Manual RI, No. 1-97. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección General de Investigación Agraria. Lima, Perú. 130 p.
- Martínez, E., De la torre, J. y Von, B. (2007). La quinua: Las potencialidades de un cultivo subutilizado en Chile. Tierra Adentro-INIA 75:24-27.
- Mejía, K. (2010). *Rendimiento de quinua, variedad Blanca de Junín*, en Chontaca - Acocro, Ayacucho.
- Mujica, A. (1997). Cultivo de quinua. INIA. Serie Manual RI, No. 1-97. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección General de Investigación Agraria. Lima, Perú. 130 p.
- Mujica, A., Canahua, A & Saravia, R. (2001). Agronomía del cultivo de quinua. FAO, UNA Puno, CIP, Lim-Perú.
- Núñez, Z. y Morales, D. (1980). Fertilización nitrogenada en 15 eco tipos de quinua. In: Segundo Congreso Internacional de Cultivos Andinos, 4-8 Junio 1997, Riobamba, L. corral y J. Cáceres (eds). Escuela Superior de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, pp. 133-141.

- Pizarro, M. (2009). “Influencia de distintos tipos de fertilización sobre el crecimiento, fenología y rendimiento del cultivo de Quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd)”. Tesis Ing. Agronómico, Universidad de la Serena.
- Rivero, L. (1985). Efecto del distanciamiento entre surcos y entre plantas sobre el rendimiento y otros caracteres de dos eco tipos de quinua (*Chenopodium quínoa* Willd) bajo diferentes dosis de fertilización nitrogenada. Tesis M.S. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Tagle, M. y Planella, M. (2002). La quinua en la Zona Central de Chile: Supervivencia de una tradición pre-Hispánica. Editorial IKU. Santiago, p. 117.
- Tineo, M. (1999). Rendimiento de quinua, variedad Blanca de Junín, para diferentes combinaciones de NPK, en Manallasq - Chiara, Ayacucho.
- Veas, E. (2006). Caracterización del desarrollo y producción de Quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd), bajo condición de riego y secano, en dos localidades de la IV región. Tesis Ing. Agronómica, universidad de la Serena.

ANEXOS



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



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : JHON CHAVEZ MELGAREJO

Departamento : ANCASH
 Distrito : ACOPALCA
 Referencia : H.R. 63049-036C-18

Provincia : HUARI
 Predio :
 Fecha : 18/04/18

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g				Suma de Cationes Bases	Suma de Bases	% Sat. De Bases		
								Arena %	Limo %			Arcilla %	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺				Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺
2680		4.78	0.12	0.00	2.14	8.6	166	39	36	25	Ft.	12.32	5.16	1.65	0.26	0.08	0.60	7.74	7.14	58

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

Dr. Sady García Bendezy
 Jefe del Laboratorio

MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %M.O.=%C x 1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COOH)₄N; pH 7.0
10. Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃-COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. Al³⁺, H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl, N lones solubles:
12. lones solubles:
 - a) Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica
 - b) Cl, Co₃, HCO₃, NO₃ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄ turbidimetría con cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona

Equivalencias:

- 1 ppm=1 mg/kilogramo
- 1 milimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
- 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg
- Saltes solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
- CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad		Materia Orgánica		Fósforo disponible		Potasio disponible		Relaciones Catiónicas		
Clasificación del Suelo	CE(es)	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg			
*muy ligeramente salino	<2	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9			
*ligeramente salino	2 - 4	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5				
*moderadamente salino	4 - 8	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2				
*fuertemente salino	>8				*defc. Mg		>10			

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES			
Clasificación del Suelo	pH	A	Fr.A	Ar	Distribución de Cationes %
*fuertemente ácido	<5.5	= arena	Fr.Ar.A = franco arcillo arenoso	Fr.Ar = franco arcilloso	Ca ²⁺ = 60 - 75
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0	= arena franca	Fr.Ar = franco arenoso	Fr.Ar.L = franco arcilloso limoso	mg ⁻² = 15 - 20
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5	= franco	Fr.A = arcilloso arenoso	Ar.L = arcilloso limoso	K ⁺ = 3 - 7
*neutro	6.6 - 7.0	= franco limoso	Ar.L = arcilloso limoso	Ar = arcilloso	Na ⁺ = <15
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	= limoso			
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4				
*fuertemente alcalino	>8.5				

Anexo 1: Datos técnicos del Campo experimental

El ensayo se ejecutará en un campo de media hectárea, teniendo las siguientes características del campo experimental y la densidad de siembra:

Dimensiones del campo experimental

Del área total:

- Largo : 26 m
- Ancho : 29.4 m
- Área total : 764.4 m²
- Largo del bloque : 5 m
- Ancho del experimento : 29.4 m
- Numero de bloque : 4
- Área neta del experimento : 588 m²

De la unidad experimental (u.e.):

- Largo de la u. e. : 5 m
- Ancho de la u. e. : 2.10 m
- Área de la u. e. : 10.5 m²

Densidad de siembra:

- Distancia entre sucos : 0.70 m
- N° de semillas a sembrar/metro lineal : 100
- N° de plantas definitivas /metro lineal : 15
- N° de semillas/u. e. : 1 500
- N° de plantas definitivas/u. e. : 225
- Plantas/ha : 214 286

Tabla 11
Resultados de las evaluaciones biométricas realizadas

Bloque	Tratamientos	Altura planta (m)	Tamaño panoja (m)	Nº ramas panoja	Rendimiento t/ha
1	1	1.22	0.68	10.00	3.69
1	2	1.25	0.72	11.20	4.69
1	3	1.50	0.94	13.80	6.61
1	4	1.45	0.93	13.10	6.19
1	5	1.47	0.91	13.20	6.21
1	6	1.20	0.68	11.20	4.08
1	7	1.48	0.91	12.70	6.19
1	8	1.50	0.94	13.80	6.61
1	9	1.43	0.89	12.40	5.90
1	10	1.34	0.87	12.60	3.28
1	11	1.26	0.69	10.80	4.05
1	12	1.36	0.86	12.20	5.59
1	13	1.50	0.94	13.80	6.61
1	14	1.36	0.83	11.80	5.10
1	15	1.38	0.76	12.10	4.97
1	16	1.11	0.58	9.70	2.59
2	1	1.25	0.70	9.20	4.01
2	2	1.29	0.71	11.60	4.86
2	3	1.65	0.96	14.20	6.56
2	4	1.49	0.93	13.20	6.16
2	5	1.45	0.89	12.80	6.10
2	6	1.24	0.74	10.70	4.00
2	7	1.46	0.93	13.10	6.47
2	8	1.65	0.96	14.20	6.56
2	9	1.43	0.90	12.20	6.00
2	10	1.36	0.91	11.90	5.98
2	11	1.28	0.68	10.10	4.29
2	12	1.39	0.87	12.00	5.67
2	13	1.65	0.96	14.20	6.56
2	14	1.40	0.81	11.50	4.95
2	15	1.37	0.71	11.60	5.00
2	16	1.14	0.51	9.80	2.74
3	1	1.16	0.66	10.00	3.96
3	2	1.25	0.68	10.90	4.54
3	3	1.46	0.89	12.20	6.69
3	4	1.38	0.91	13.60	6.26
3	5	1.46	0.91	13.00	6.15
3	6	1.22	0.68	11.20	4.08
3	7	1.42	0.86	13.20	6.11
3	8	1.46	0.89	12.20	6.69
3	9	1.40	0.87	12.80	5.95
3	10	1.32	0.85	12.60	5.02
3	11	1.25	0.70	9.90	4.73
3	12	1.40	0.83	12.10	5.30
3	13	1.46	0.89	12.20	6.69
3	14	1.34	0.76	11.90	5.21
3	15	1.34	0.81	11.90	5.00
3	16	1.09	0.60	9.20	2.27
4	1	1.19	0.67	8.10	3.79
4	2	1.27	0.70	11.30	4.83
4	3	1.51	0.95	12.90	6.50
4	4	1.50	0.86	12.60	6.08
4	5	1.49	0.90	13.30	6.19
4	6	1.24	0.67	10.40	4.36
4	7	1.44	0.86	11.50	5.91
4	8	1.51	0.95	12.90	6.50
4	9	1.44	0.89	12.90	5.99
4	10	1.37	0.85	12.10	5.89
4	11	1.26	0.67	10.40	4.00
4	12	1.39	0.86	12.30	5.38
4	13	1.51	0.95	12.90	6.50
4	14	1.36	0.77	12.70	4.86
4	15	1.35	0.78	11.70	4.98
4	16	1.14	0.59	7.30	2.38



Figura 21. Preparación del campo experimental.



Figura 22. Proceso de surcado del campo experimental.



Figura 23. Diseño y marcado de unidades experimentales



Figura 24. Ubicación de las dosis de NPK según tratamiento correspondiente.



Figura 25. Aplicación de las dosis de NPK en el fondo del surco según corresponda.



Figura 26. Aplicación y tapado de las dosis de NPK.



Figura 27. Siembra de la quinua en el campo experimental.



Figura 28. desmalezado a los 30 días después de la siembra



Figura 29. Segundo abonamiento con nitrógeno a los 50 días después de la siembra.



Figura 30. Campo experimental con cultivo de quinua en estado de floración.

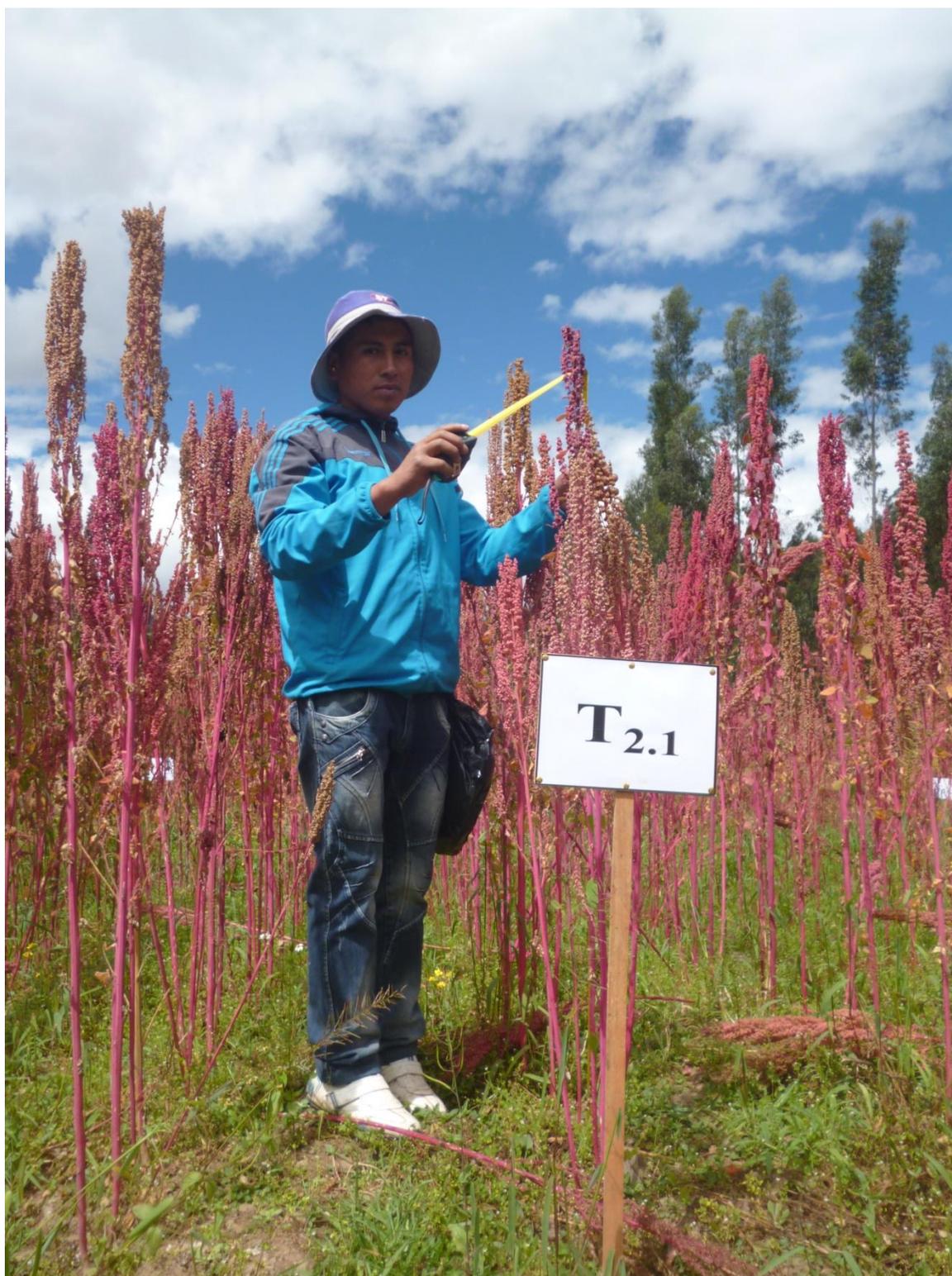


Figura 31. Evaluación de la altura de planta en las unidades experimentales.



Figura 32. Evaluación de la longitud de la panoja y número de ramas por planta.



Figura 33. Proceso de evaluación del rendimiento por unidad experimental.