



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL**

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: **Chávez Evaristo Lidia Alejandrina**

Código de alumno: **092.0103.268**

Teléfono: **942466028**

Correo electrónico: **aidil_10_12@hotmail.com**

DNI o Extranjería: **42973766**

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación

Trabajo Académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

“DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE FÓSFORO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.) CULTIVAR HUALHUAS EN EL DISTRITO DE ACOPAMPA, CARHUAZ, ANCASH - 2018”

5. Facultad de: CIENCIAS AGRARIAS

6. Escuela, Carrera o Programa: AGRONOMÍA

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: **Barreto Rodríguez Juan Francisco**

Teléfono: **943548426**

Correo electrónico: **jubaguez@hotmail.com**

DNI o Extranjería: **31622892**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma:

D.N.I.:

FECHA:

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE FÓSFORO Y
POTASIO PARA EL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.)
CULTIVAR HUALHUAS EN EL DISTRITO DE ACOPAMPA,
CARHUAZ, ANCASH - 2018”**

TESIS:

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

BACH. LIDIA ALEJANDRINA CHÁVEZ EVARISTO

ASESOR:

DR. JUAN FRANCISCO BARRETO RODRÍGUEZ

Huaraz – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los miembros del jurado, luego de evaluar la tesis denominada: "**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE FÓSFORO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.) CULTIVAR HUALHUAS EN EL DISTRITO DE ACOPAMPA, CARHUAZ, ANCASH - 2018**", presentada por la Bachiller en Ciencias Agronomía **LIDIA ALEJANDRINA CHÁVEZ EVARISTO**, y sustentada el día 17 de Diciembre del 2019, por Resolución Decanatural N°510-2019-UNASAM-FCA/D, la declaramos CONFORME.

Huaraz, 17 de Diciembre del 2019

Dr. FRANCISCO ESPINOZA MONTESINOS
PRESIDENTE

Dr. GUILLERMO CASTILLO ROMERO
SECRETARIO

Mag. HUGO MENDOZA AVILCAHUÁMAN
VOCAL

Ph.D. JUAN FRANCISCO BARRETO RODRÍGUEZ
PATROCINADOR



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAAYÁN TELEFAX 043 426 588 - HUARAZ - ANCASH - PERÚ



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, se reunieron para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Agronomía **LIDIA ALEJANDRINA CHÁVEZ EVARISTO**, denominada: "**DETERMINACIÓN DE LA DOSIS ÓPTIMA DE FÓSFORO Y POTASIO PARA EL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* W.) CULTIVAR HUALHUAS EN EL DISTRITO DE ACOPAMPA, CARHUAZ, ANCASH - 2018**", Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO (*)

QUINCE (15)

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÓNOMO** de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 17 de Diciembre del 2019

Dr. FRANCISCO ESPINOZA MONTESINOS
PRESIDENTE

Dr. GUILLERMO CASTILLO ROMERO
SECRETARIO

Mag. HUGO MENDOZAVILCAHUAMAN
VOCAL

Ph.D. JUAN FRANCISCO BARRETO RODRÍGUEZ
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, éstas deben ser calificadas con términos de: **APROBADO CON EXCELENCIA** (19 – 20), **APROBADO CON DISTINCIÓN** (17 – 18), **APROBADO** (14 -16), **DESAPROBADO** (00 – 13).

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi carrera universitaria. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional como ser humano.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis hermanos que me han apoyado durante este tiempo.

ÍNDICE

PORTADA	i
ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE	vi
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general.	3
1.1.2. Objetivos específicos.	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Centro de origen y distribución geográfica	4
2.2. Clasificación taxonómica.	4
2.3. Características botánicas o morfología	5
2.4. Importancia del cultivo.....	6
2.5. Valor nutritivo del grano de quinua	6
2.6. Fenología del cultivo.....	7
2.6.1. Emergencia.....	7
2.6.2. Dos hojas verdaderas.....	7

2.6.3. Cuatro hojas verdaderas	7
2.6.4. Seis hojas verdaderas	8
2.6.5. Ramificación	8
2.6.6. Panojamiento.....	8
2.6.7. Floración	9
2.6.8. Grano lechoso.....	9
2.6.9. Grano pastoso.....	9
2.6.10. Madurez fisiológica.....	9
2.7. Labores agronómicas en el cultivo de la quinua	10
2.7.1 Época de siembra.	10
2.7.2 Preparación del terreno.	11
2.7.3 Sistema de siembra, densidad y profundidad.	11
2.7.4 Condiciones de suelo y fertilización.	12
2.7.5 Deshierbo	16
2.7.6 Resiembra.....	16
2.7.7 Raleo	17
2.7.8 Aporque.....	17
2.7.9 Cosecha	18
2.7.10 Función de los macronutrientes en las plantas.....	18
2.7.11 Deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua.....	19
2.7.12 Plagas y enfermedades del cultivo de quinua	20
2.7.12.1 Principales plagas	20

2.7.12.2	Principales enfermedades	22
2.7.13	Características del cultivar en estudio	23
2.7.13.1	Cultivar hualhuas	23
2.7.13.2	Datos generales	23
2.7.13.3	Descripción morfológica	24
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1.	Materiales	26
3.1.1.	Localización del experimento	26
a.	Ubicación política	26
b.	Ubicación geográfica	26
3.1.2.	Antecedentes del terreno	26
3.1.3.	Materiales e insumos	27
3.1.4.	Equipos y herramientas	27
3.1.5.	Material de escritorio	27
3.2.	Métodos	28
3.2.1.	Tipo de investigación	28
3.2.2.	Diseño de investigación	29
3.2.3.	Procesamiento estadístico	31
3.2.4.	Universo o población	32
3.2.5.	Variables en estudio	32
a.	Variables independientes:	32
b.	Variable dependiente:	32
3.2.6.	Unidad de análisis y muestra.....	33
3.2.7.	Conducción del experimento.....	33

3.2.7.1. Muestreo de suelo:.....	33
3.2.7.2. Preparación del terreno:.....	33
3.2.7.3. Marcación y surcado:.....	34
3.2.7.4. Siembra:.....	35
3.2.7.5. Fertilización:.....	36
3.2.7.6. Raleo y deshierbo:	36
3.2.7.7. Riego:.....	37
3.2.7.8. Aporque:	37
3.2.7.9. Control fitosanitario:.....	37
3.2.7.10. Cosecha:.....	37
3.2.7.11. Pesado:.....	38
3.3. Parámetros evaluados.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.2. Análisis estadístico.....	40
4.3. Análisis económico.....	42
V. CONCLUSIONES.....	47
VI. RECOMENDACIONES.....	48
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	49
VIII. ANEXOS.....	52

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Título	Pág.
Cuadro 1	<i>Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales (% en 100 g de muestra).</i>	6
Cuadro 2	<i>Análisis de fertilidad del suelo.</i>	26
Cuadro 3	<i>Niveles de fertilización.</i>	29
Cuadro 4	<i>Tratamientos considerados en el experimento.</i>	29
Cuadro 5	<i>Cantidad de fertilizantes que se utilizó en el experimento.</i>	30
Cuadro 6	<i>Análisis de varianza del Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA)</i>	32
Cuadro 7	<i>Rendimiento por tratamiento de quinua cultivar Hualhuas (kg/ha).</i>	39
Cuadro 8	<i>Rendimiento de quinua cultivar Hualhuas (Kg/ha)</i>	40
Cuadro 9	<i>Análisis de Varianza</i>	40
Cuadro 10	<i>Rendimiento de quinua cultivar Hualhuas (Kg/ha), comparación de medias de Duncan.</i>	41
Cuadro 11	<i>Rendimiento de quinua Hualhuas (Kg/ha), Análisis Económico.</i>	42
Cuadro 12	<i>Comparación de la utilidad de fertilización máxima, óptima.</i>	45
Cuadro 13	<i>Análisis económico en quinua cultivar Hualhuas.</i>	46

INDICE DE FIGURAS

Figuras	Título	Pág.
N°		
Figura 1	: Estados fenológicos de la Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.).....	10
Figura 2	: Cultivo Hualhuas	23
Figura 3	: Preparación de terreno.....	34
Figura 4	: Marcado de parcelas.....	34
Figura 5	: Surcado de parcelas.....	35
Figura 6	: Siembra de quinua	35
Figura 7	: Deshierbo del cultivo	36
Figura 8	: Raleo del cultivo.....	36
Figura 9	: Cosecha de quinua	38
Figura 10	: Limpieza de granos de quinua	38
Figura 11	: Curva de respuesta del Fósforo, indicando la dosis de fertilización óptima económica.....	44
Figura 12	: Curva de respuesta del Potasio, indicando la dosis de fertilización óptima económica.....	44

INDICE DE ANEXOS

Anexos	Título	Pág.
N°		
ANEXO 1	: CANTIDAD DE FERTILIZANTES UTILIZADOS.....	52
ANEXO 2	: ANÁLISIS ESTADÍSTICO	53
ANEXO 3	: ANÁLISIS ECONÓMICO.....	57
ANEXO 4	: COSTO DE PRODUCCIÓN.....	61
ANEXO 5	: RESULTADOS DE ANÁLISIS DE FERTILIDAD.....	63

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo determinar los niveles óptimos de fertilización fosfórica y potásica para incrementar el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) cultivar Hualhuas en el distrito de Acopampa provincia de Carhuaz, departamento de Ancash.

Realizado en terreno de propiedad de la tesista que está ubicado a una altitud de 2737 m.s.n.m., con una temperatura promedio de 16.7°C, con un suelo de reacción moderadamente acida con Ph 5.65.

El diseño experimental empleado para el presente estudio es el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con seis tratamientos y tres bloques, el ANVA resulto que existe diferencias estadísticas para la fuente de variación de tratamiento, por lo que se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan a un nivel de confianza de 5 %.

El coeficiente de variabilidad es de 7.41% lo cual es aceptable y fundamento de confiabilidad de los resultados. Instalándose en un campo experimental de 172.8 m².

Dentro de las parcelas se ubicaron los tratamientos con la combinación de los niveles de fertilización; T1 (1-0-0), T2 (1-0-1), T3 (1-1-1), T4 (1-2-1), T5 (1-1-0), T6 (1-1-2). Se evaluó: El rendimiento de grano por hectárea (Kg/Ha).

Se observa que con el tratamiento T4 (1-2-1) ó (80 N, 80 P₂O₅ y 30 K₂O) se obtuvo el mayor rendimiento de grano por hectárea con 4,294 Kg/Ha. Se concluye que los niveles óptimos de fertilización para incrementar el rendimiento de quinua es: 169 P₂O₅ – 108 K₂O, con rendimientos de: 4,306 y 4,062 Kg/ha respectivamente.

Palabras Clave: Fertilización óptima económica, rendimiento, CV Hualhuas.

ABSTRACT

The research work aims to determine the optimal levels of phosphoric and potassium fertilization to increase quinoa yield (*Chenopodium quinoa* W.) cultivate Hualhuas in the district of Acopampa province of Carhuaz, Ancash department.

Carried out on land owned by the tesista which is located at an altitude of 2737 m.s.n.m, whit an average temperature of 16.7°C, with a moderately acidic reaction soli with Ph. 5.65.

The experimental desing used for this study is the Randomized Block Desing (DBCA) with six treatments and three blocks, the ANVA resulted in statistical differences for the source of treatment variation, therefore the Duncan measurement comparison test was still carried out with a 5% confidence level.

The coefficient of variability is 7.41% which is acceptable and the basis of reliability of the results. Settling in an experimental field of 172.8 m².

Within the plots were treated the treatments with the combination of fertilization levels; T1 (1-0-0), T2 (1-0-1), T3 (1-1-1), T4 (1-2-1), T5 (1-1-0), T6 (1-1-2). It was evaluated: Grain yield per hectare (Kg/Ha).

It is observed that with the treatment T4 (1-2-1) or (80 N, 80 P₂O₅ and 30 K₂O) the highest grain yield per hectare was obtained with 4,294 Kg/Ha. It is concluded that the optimum levels of fertiliation to increase the quinoa yield is: 169 P₂O₅ – 108 K₂O, with performance of: 4,306 y 4,062 Kg/ha respectively.

Key Words: Optimal Economic Fertilization, performance, CV Hualhuas

I. INTRODUCCIÓN

La región de los Andes, cuna de grandes civilizaciones como la incaica, es considerada centro de origen de numerosas especies nativas, siendo una de ellas la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), la misma que durante miles de años fue el principal alimento de las culturas antiguas de los andes y que hasta la actualidad sigue formando parte importante de la alimentación en las diferentes zonas agroecológicas del país (Rojas & Soto, 2010). Además, la quinua es un cultivo que se encuentra en proceso de expansión, gracias a los alcances logrados en el conocimiento y difusión de su alto valor nutritivo, el cual se caracteriza por una calidad proteica sobresaliente y una capacidad de ser transformada en una gran gama de productos. Características de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), como de la gran adaptabilidad y diversidad del cultivo y su alto valor nutritivo, nos permite plantear que este cultivo puede ser empleado para el alivio de los problemas de malnutrición en América del Sur y el mundo entero (Jacobsen, y otros, 2004).

Sin embargo en la actualidad, y muy a pesar de los esfuerzos invertidos en este cultivo, existen problemas que aún afrontan los productores locales, como son: la baja productividad, baja calidad y escasa estandarización del producto, producción estacionaria, venta individualizada y escalonada en pequeñas cantidades (arroba), con acceso solo a mercados locales y ferias; lo cual demuestra una producción y articulación desorganizada y desordenada del producto al mercado interno y externo (Medina, 2015).

Entre las causas para una baja productividad y calidad del cultivo de quinua, está la poca difusión de los paquetes tecnológicos hacia los productores, como es el caso del Callejón de Huaylas, donde la ausencia de estudios, en el desarrollo de cultivares propios de la zona, la falta de estudios de adaptabilidad, fertilización, densidad, manejo del cultivo y control de plagas y enfermedades no vienen siendo desarrolladas, siendo únicamente transferidas de otras regiones y valles del país, que tienen condiciones climáticas diferentes al Callejón de Huaylas. A pesar de ello, instituciones como el Centro de Estudios para el Desarrollo y la Participación (CEDEP), han venido trabajando en la transferencia

tecnológica del cultivo de quinua en el departamento de Ancash, introduciendo a mediana escala cultivares como Amarilla de Marangani (obtenida en EEA-Andenes Cuzco), Blanca de Junín y Rosada de Junín (originarias de Junín), INIA-415 Pasankalla (obtenida EEA-Illpa Puno), Hualhuas (obtenida en UNC-Huancayo) (Castro, 2013). Lamentablemente, esta institución no cuenta con registros e investigaciones acerca de la fertilización y otros aspectos referentes al manejo del cultivo en la zona (Medina, 2015).

La Quinua por su alto valor alimenticio, nutritivo y su adaptación a diferentes pisos agroecológicos y suelos, ha generado gran interés entre los agricultores, empresas agroindustriales, instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales. En el Perú es producido por pequeños agricultores en una gran diversidad de zonas agroclimáticas y pisos ecológicos con sistemas tradicionales de producción, procesamiento, almacenamiento y distribución. Los rendimientos y producción no sólo son bajos sino variables entre zonas agroecológicas, años de producción y distribución estacional (Estrada, Apaza y Delgado. 2012).

El trabajo de investigación fue realizado en la localidad de Acopampa - distrito de Acopampa – provincia de Carhuaz - departamento de Áncash; siendo la finalidad determinar la dosis óptima de fósforo y potasio para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) cultivar Hualhuas en el Callejón de Huaylas.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general.

Determinar la dosis óptima de fósforo y potasio para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa W.*) cultivar Hualhuas en el distrito de Acopampa, Carhuaz, Ancash - 2018”

1.1.2. Objetivos específicos.

- ✓ Establecer las curvas de respuesta de los nutrientes Fósforo y Potasio para incrementar el rendimiento de quinua cultivar Hualhuas.
- ✓ Precisar la dosis de fertilización óptima económica para incrementar el rendimiento de quinua cultivar Hualhuas.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Centro de origen y distribución geográfica

La quinua es uno de los cultivos más antiguos de la región Andina, con aproximadamente 7000 años de cultivo (FAO et al., 2012). Siendo descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú (Rojas W. , 2011).

Alvarado (1999) menciona que el centro de origen de la quinua está en los Andes de América Latina, probablemente la Hoya del Titicaca (Perú y Bolivia), debido a que en esta zona se puede encontrar la mayor cantidad de variedades.

Álvarez *et al.*, (2012) indican que en el mundo los principales productores son Bolivia y Perú, también se cuenta al Ecuador con 1000 ha, Canadá con 800 ha, Estados Unidos de Norteamérica con 200 ha, Dinamarca con 100 ha, Alemania con 20 ha y otros. En América Latina se distribuye en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina.

2.2. Clasificación taxonómica.

FAO (2013) menciona que el género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies y la quinua se clasifica de la siguiente manera:

Reino: :Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Caryophyllales
Familia: Chenopodiaceae

Subfamilia: Chenopodioideae

Género: *Chenopodium*

Especie: *Chenopodium quinoa* Willd.

2.3. Características botánicas o morfología

León (2003) menciona que es una planta anual herbácea que alcanza los 2 m de alto. Se le denomina pseudocereal, porque botánicamente no pertenece a los cereales verdaderos. Según la variedad puede tener diferentes colores que van desde el amarillo al anaranjado, rojo vivo, rojo oscuro y verde. Prefiere suelos franco arcillosos a franco arenosos, pH de 6.3 a 7.3, Temperatura de 9 a 16 °C y puede soportar heladas de -5°C, las flores son sensibles al frío ya fuertes vientos. La planta tolera más de 35 °C, pero no desarrolla granos. Necesita precipitaciones de 300 a 1,000 mm.

- ✓ Presenta una raíz principal pivotante o típica, del cual emergen numerosas raíces secundarias que en conjunto generalmente alcanzan poca profundidad en su desarrollo.
- ✓ El tallo es de forma cilíndrica, siendo de mayor grosor en la base que en el ápice, de coloración variable desde verde hasta rojo.
- ✓ Las hojas son de coloración muy variable, presentan un polimorfismo marcado, siendo las hojas inferiores rómbicas, deltoides o triangulares, midiendo hasta 15 cm. de largo y hasta 12 cm. de ancho, el tamaño va disminuyendo según se asciende en la plantas hasta alcanzar a las hojas que sobresalen de la inflorescencia que son lineales o lanceoladas midiendo apenas 10 mm. de largo y 2 mm. de ancho.
- ✓ Las flores son incompletas, sésiles y carecen de pétalos. Pueden ser hermafroditas (perfectas), otras pistiladas, andro-estériles, lo cual indica que pueden ser alógamas o autógamas.
- ✓ La inflorescencia fundamental es el glomérulo, que es una inflorescencia de cima bípara, formada por tres flores sésiles, donde la flor central es la más grande o más vieja y a ambos lados están una flor más joven. El conjunto de glomérulos constituyen panojas en formas amarantiformes o glomeruladas.
- ✓ El fruto es un aquenio, está constituido por un ovario que contiene una sola semilla, la semilla madura es de forma ventricular, elipsoidal, cónica; esta

semilla varía de 1.5 – 2 mm de diámetro y puede ser de color blanco, rojo, amarillo, anaranjado, púrpura, marrón hasta negro.

2.4. Importancia del cultivo

La importancia de la quinua radica en la nutrición humana, catalogándola como un alimento de gran futuro en el ámbito mundial, señalando que su contenido de proteínas la convierte en un buen sustituto de la carne, los lácteos y los huevos (AEDES, 2006), destaca su alto contenido de proteína (14 a 20%), y su contenido completo de aminoácidos esenciales (FAO , 2014).

La quinua es de vital importancia para la seguridad alimentaria de los pobladores andinos, y también constituye una fuente de ingresos económicos (León, 2003). La quinua se constituye en un aporte de la cultura andina para el mundo entero, por su diversidad y utilidad (Saravia & Aroni, 2001).

2.5. Valor nutritivo del grano de quinua

Calla (2012) menciona que la mayor importancia de la quinua radica en el contenido de aminoácidos que conforman su proteína (Lisina y Metionina). Las leguminosas presentan mayor contenido de proteínas, pero de baja calidad. Siendo la quinua un grano de alto valor biológico.

Cuadro 1 : Valor nutricional de la quinua comparado con otros cereales (% en 100 g de muestra).

	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Cenizas	Carbohidratos
Quinua	14.4	6	4	2.9	72.6
Trigo	10.5	2.6	2.5	1.8	78.6
Cebada	11.8	1.8	5.3	3.1	78.1
Avena	11.6	5.2	10.4	2.9	69.8
Centeno	13.4	1.8	2.6	2.1	80.1
Arroz	9.1	2.2	10.2	7.2	71.2
Maíz	11.1	4.9	2.1	1.7	80.2

Fuente: Calla (2012).

2.6. Fenología del cultivo

Mujica *et al.*, (1999) mencionan que la fenología son los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta. La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciables, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta.

La quinua presenta 10 fases fenológicas bien diferenciadas, las cuales permiten identificar los cambios que ocurren durante el desarrollo de la planta, que se puede observar claramente en la figura 01 (Estados fenológicos de la quinua) (Yzarra, 2011), (FAO, 2013).

2.6.1. Emergencia

Es cuando la plántula sale del suelo y extiende las hojas cotiledóneas, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de los 7 a 10 días de la siembra, siendo susceptibles al ataque de aves en sus inicios, pues como es dicotiledónea, salen las dos hojas cotiledóneas protegidas por el epispermo y pareciera mostrar la semilla encima del talluelo facilitando el consumo de las aves, por la succulencia de los cotiledones.

2.6.2. Dos hojas verdaderas

Es cuando fuera de las hojas cotiledóneas, que tienen forma lanceolada, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma romboidal y se encuentra en botón el siguiente par de hojas, ocurre de los 15 a 20 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido de las raíces. En esta fase se produce generalmente el ataque de insectos cortadores de plantas tiernas tales como *Agrotis*, *Copitarsia*.

2.6.3. Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledóneas de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en inicio de formación de botones en la axila del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra

buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como Epitrix y Diabrotica.

2.6.4. Seis hojas verdaderas

En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledóneas se tornan de color amarillento. Esta fase ocurre de los 35 a 45 días de la siembra, en la cual se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas.

2.6.5. Ramificación

Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledóneas se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días de la siembra, en esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el "Colgado" del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque y fertilización complementaria.

2.6.6. Panojamiento

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

Luego, la inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; así mismo, se puede observar en los glomérulos de la base los botones florales individualizados, ello ocurre de los 65 a los 70 días después de la siembra.

2.6.7. Floración

Se inicia la floración cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de un color verde limón.

La floración o antesis es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas, lo que ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra. Esta fase es muy sensible a las heladas, debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente, se ha observado que en esta etapa cuando se presentan altas temperaturas que superan los 38°C se produce aborto de las flores, sobre todo en invernaderos o zonas desérticas calurosas.

2.6.8. Grano lechoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente.

2.6.9. Grano pastoso

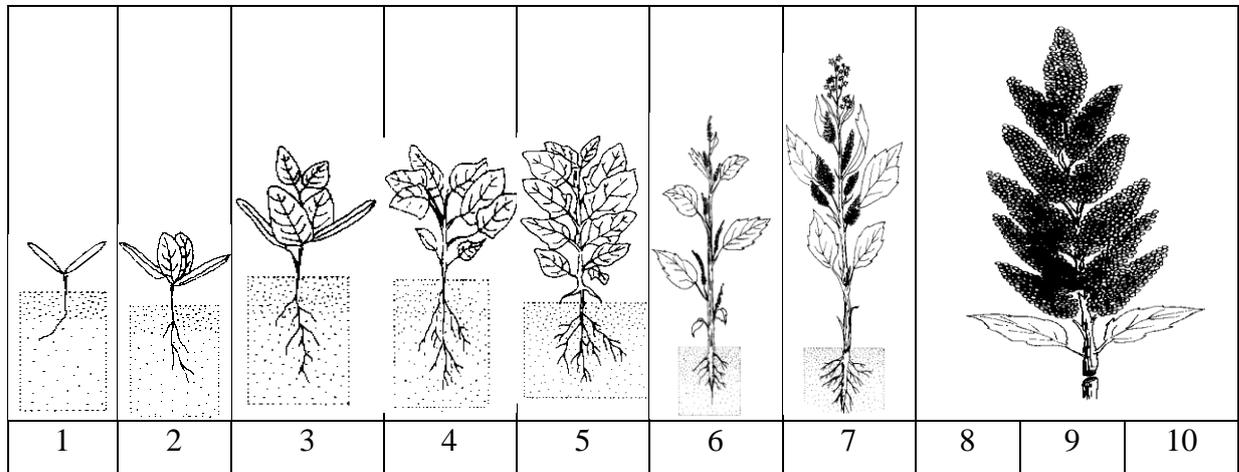
El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, lo que ocurre de los 130 a 160 días de la siembra.

2.6.10. Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, Ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la

madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación.

Figura 1 : Estados fenológicos de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.).



Fuente: Izarra, 2011 y, FAO, 2013.

2.7. Labores agronómicas en el cultivo de la quinoa

2.7.1 Época de siembra.

Alan (2011) indica que la siembra en el cultivo de la quinoa se realiza en diferentes épocas, dependiendo del lugar a sembrarse, características de la variedad y humedad del suelo, factores importantes que determinan el tipo de siembra manual o mecánica. En el Altiplano Sur la época de siembra del cultivo de la quinoa se realiza desde fines de agosto hasta mediados de diciembre, mientras que el Altiplano Centro y Norte la época de siembra es entre los meses de octubre y noviembre, dependiendo de las lluvias.

Álvarez *et al.*, (2012) mencionan que en las áreas andinas del Perú, en general, y en el departamento de Ancash, en especial, la quinoa se siembra en tierras de secano, por ello la siembra se efectúa con las primeras lluvias. En el caso de contar con riego, la siembra puede programarse en forma tal que podamos aprovechar el suelo durante la mayor parte del año.

Para el caso de las quinuas tardías o de ciclo vegetativo relativamente más largo, es necesario evitar que la fase de floración pueda coincidir con las primeras heladas, las que

podrían ocasionar la infertilidad del polen, lo que afectaría el rendimiento, por ello, se debe realizar más temprano la siembra.

Estos mismos inconvenientes se pueden presentar con los cultivares de quinua precoces, si la madurez de cosecha coincide con la presencia de lluvias, que podrían dificultar la cosecha y facilitar la germinación de las semillas en el almacenamiento debido a la humedad.

2.7.2 Preparación del terreno.

Álvarez *et al.*, (2012) señalan que la preparación del suelo consiste en adecuar el suelo para asegurar el mantenimiento de la humedad, la germinación de la semilla y el establecimiento de la planta. La preparación del suelo se realiza con la finalidad de: nutrir el suelo, evitar el desarrollo de malezas y la propagación de plagas, asegurar que la humedad penetre al suelo, garantizar la germinación, evitar la acumulación de agua. La preparación del suelo se puede realizar manualmente, con yunta o tractor. El tamaño pequeño de la semilla de quinua requiere de suelos bien mullidos para favorecer una buena germinación.

Mujica *et al.*, (2013) dicen que un suelo está preparado para la siembra, cuando el suelo se encuentra suelto de 15 a 20 cm de profundidad, bien mullido y nivelado. Ya que influye en la germinación, la emergencia de plántulas a la superficie y la competencia de malezas en los primeros estadios de la planta.

2.7.3 Sistema de siembra, densidad y profundidad.

Álvarez *et al.*, (2012) aseveran que una forma de siembra alternativa es en hileras distanciadas en 40 cm y se coloca la semilla a chorro continuo, usándose entre 12 y 15 Kg de semilla por hectárea con sembradoras artesanales. Cuando se utiliza tractor, la siembra de quinua se realiza en surcos de 50 a 80 cm y con 20 a 40 plantas definitivas por metro lineal. La cantidad promedio de semilla que se requiere es de 12 a 15 Kg por hectárea de semilla seleccionada. En la siembra de la quinua es importante la profundidad de siembra, debido al tamaño de la semilla; si el terreno está bien preparado y contiene suficiente humedad se debe sembrar a 2 cm de profundidad, si la humedad es insuficiente se debe sembrar a 3 cm de profundidad. En general si la profundidad es muy grande, la semilla no podrá emerger y si las semillas se encuentran muy superficiales pueden ser consumidos por las aves o sufrir la

influencia de la insolación. El tapado de la semilla de quinua se realiza utilizando ramas de arbustos sea barriendo o arrastrándolo de manera que se logra una profundidad adecuada de siembra.

Mujica *et al.*, (2013) mencionan que para la siembra directa se utiliza de 8 – 10 Kg/ha de semilla procedente de semilleros básicos o garantizados los cuales han sido producidos bajo control o supervisión de un técnico y con condiciones especiales de fertilización, control de plagas y enfermedades, labores culturales estrictas y de cosecha sobre todo rouging de plantas atípicas, extrañas y eliminación de ayaras (plantas con semillas de color negro, pardo o amarillentas, del mismo fenotipo que la variedad cultivada), siendo lo recomendable efectuar en surcos distanciados de 0.40 a 0.80 m, dependiendo de la variedad a utilizar. En la costa se recomienda 0.80 m entre surco, con una densidad de 3 -5 Kg/ha; en el altiplano seco de los salares se siembra en hoyos distanciados a un metro entre hoyo y entre surcos, teniendo hasta cuatro plantas por hoyo, este es un sistema de siembra ancestral, excepcional y único para dichas condiciones secas, áridas, frías y salinas, utilizando únicamente 3 Kg/ha de semilla seleccionada. La densidad de siembra en surco (8 Kg /ha), al voleo (10 Kg/ha).

2.7.4 Condiciones de suelo y fertilización.

Estrada *et al.*, (2012) hacen ver que debido a la amplia adaptación de la quinua, el cultivo se desarrolla en diversos tipos de suelos. Los mejores rendimientos se obtienen en suelos de ladera, fértiles, de texturas medias, con buen drenaje y alto contenido de materia orgánica (8 a 10 toneladas por hectárea de estiércol descompuesto de ovino). Los suelos muy pesados (alto contenido de arcilla) no son recomendables, por la falta de aireación que se puede producir en condiciones de alta humedad. Los suelos arenosos tampoco son apropiados, ya que su escasa capacidad de retención de agua afecta negativamente en las primeras fases fenológicas (emergencia de plántulas, cuatro, seis y ocho hojas verdaderas) de la planta de quinua. Si bien la gran masa de raíces crece en los primeros 30 cm de suelo y se puede cultivar quinua con resultados aceptables en suelos de 40 cm de profundidad, es preferible que éste sea de 80 cm o más, ya que las raíces pueden llegar a 1.20 m de profundidad. El pH óptimo para el cultivo de quinua fluctúa en un rango de 6.5 a 8.0, aunque tolera bien valores de 9.0, como también en condiciones de suelos ácidos, equivalente entre 4.5 a 5.5 de pH, con una marcada defoliación y menor rendimiento. Por otra parte la quinua

es halófila, o sea que tolera suelos salinos, razón por la cual se cultiva en suelos salinos de Bolivia.

CORLIB (1988) recomienda la dosis de fertilización de 80-40-40, aplicando los fertilizantes fosforados y potásicos en su totalidad al momento de la siembra y la mitad del nitrógeno. Los fertilizantes se colocan en el fondo del surco y a chorro continuo, tapándose de tal forma que no quede en contacto con la semilla. La otra mitad del nitrógeno se aplica después de realizado el aclareo.

Álvarez *et al.*, (2012) informan, que las investigaciones realizadas hasta ahora coinciden en señalar que la quinua responde mejor al nitrógeno para producir rendimientos elevados. La dosis de nitrógeno parece efectiva en casi todas las áreas de producción de quinua es de 80 Kg/ha según varios autores citados. Existe también bastante coincidencia en la forma de aplicación del nitrógeno: la mitad a la siembra y la otra mitad antes de la floración. Se ha encontrado que la respuesta de la quinua al nitrógeno es de 16 Kg. de grano/Kg. de nitrógeno.

Mujica *et al.*, (1999) mencionan que la quinua es una planta exigente en nutrientes, principalmente de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, por ello requiere un buen abonamiento y fertilización adecuada, los niveles a utilizar dependerá de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la quinua, de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener.

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 no solo utilizar materia orgánica en una proporción de tres toneladas por hectárea, sino fertilización equivalente en promedio a la fórmula: 80-40-00, lo que equivaldría a 174 kg/ ha de urea del 46% y 88 kg/ha de superfosfato de calcio triple del 46%, 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.

En la costa donde la cantidad de materia orgánica es extremadamente escasa y los suelos son arenosos, la cantidad de nutrientes también son escasos, salvo algunas excepciones.

Sin embargo, en general se recomienda una fórmula de fertilización de 240-200-80, equivalente a: 523 kg/ha de urea del 46%, 435 kg/ha de superfosfato triple de calcio del 46% y 134 kg/ha de cloruro de potasio del 60%, y aplicación de estiércol, compost, humus o materia orgánica en las cantidades disponibles en la finca.

La aplicación de la materia orgánica debe efectuarse junto con la preparación de suelos de tal manera que pueda descomponerse y estar disponible para el cultivo. Así mismo esta facilitara la retención de la humedad, mejorará la estructura del suelo, formando estructuras esferoidales, facilitará la aireación del suelo y favorecerá el desarrollo de la flora microbiana que permitirá la pronta humificación.

En el caso de la fertilización, se aplicará la fuente de nitrógeno fraccionado en dos partes en la sierra, la mitad a la siembra y la otra después del primer deshierbo y junto al aporque, mientras que en la costa será mejor fraccionar en tres partes, una tercera a la siembra, la otra tercera al deshierbo y la última tercera parte en la floración. Esto permitirá un mejor aprovechamiento del nitrógeno y evitará pérdidas por lixiviación, volatilización por las altas temperaturas y la facilidad de percolación de los suelos, mientras que el fósforo y el potasio todo a la siembra.

Mejía (1999) recomienda utilizar para el cultivo de la quinua la fórmula 80 – 40 – 00 de NPK, debido a que los suelos de la sierra son pobres en nitrógeno, mediados en fósforo y ricos en potasio. Recomienda usar 240 kg de nitrato de amonio, 176 kg de urea y 88 kg de superfosfato de calcio triple ó 200 kg de superfosfato de calcio simple. Aplicando a la siembra la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y la otra mitad del nitrógeno al momento del primer deshierbo. Aplicar el nitrógeno a chorro continuo, al costado de la hilera de la planta y no al voleo. Incorporar de 5 a 10 TM/ha de guano, con el objeto de que los fertilizantes sean aprovechados a lo máximo por las plantas.

Camacho (2009) menciona que la quinua requiere de 80-40-00 de NPK. Se puede usar 8 a 12 TM/Ha de Compost o Humus. Se sugiere realizar tres aplicaciones de BIOL

durante la etapa del cultivo: primero al deshierbo (40 días), segundo a la formación de la panoja y tercero durante la floración, 4 litros de Biol disueltos en 15 litros de agua para mochila de 20 litros.

Alan (2011) menciona que la formula recomendable estará sujeta a la condición del suelo, sin embargo, en términos generales se recomienda incorporar al suelo 80 unidades de N y 40 de P₂O₅. Además, menciona que el 50% del N se debe aplicar a la siembra y el otro 50% del N al deshierbo.

INIAP (2006) recomienda aplicar en suelos de baja fertilidad dosis de 80-40 Kg/ha de N y P₂O₅ respectivamente, que se cubre con 100 Kg/ha de 18-46-00 aplicados a la siembra, más 150 Kg/ha de urea o 200 Kg/ha de nitrato de amonio a la deshierba o aporque. En suelos fértiles o después del cultivo de papa, no recomienda usar fertilizante completo a la siembra, pero si aplicar 100 Kg/ha de urea o 200 Kg. /ha de nitrato de amonio en cobertera al aporque.

Mujica et al., (2013) mencionan que la quinua es un planta exigente en nutrientes, principalmente de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, por ello requiere un buen abonamiento, adecuado y oportuno, los niveles a utilizar dependerá de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la quinua, de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener. La quinua para producir 5 000 Kg/ha de materia seca extrae del suelo 65, 15, 126, 49, y 11 Kg/ha de N, P, K, Ca, Mg respectivamente, por ello debe ponerse a disposición de la planta, estas cantidades de forma orgánica y evitar el agotamiento de los nutrientes del suelo.

TOA (1995) señala que un suelo fértil o bien fertilizado aporta los nutrientes que necesita una cosecha en proporciones y cantidades correctas para el mejor crecimiento y rendimiento. En estas condiciones, el aporte nutritivo se llamará “equilibrado”. Una cantidad insuficiente o excesiva de cualquier elemento puede reducir los rendimientos o disminuir el beneficio del fertilizante. Además de los bajos rendimientos, un equilibrio nutritivo inadecuado puede causar propensión a enfermedades, encamado o madurez tardía de los cultivos. Esto indica por qué son tan importantes los análisis de suelo como medio para averiguar qué es lo que el suelo no tiene y la cantidad de elementos nutritivos que se necesitan para un suelo o un cultivo determinados. Así mismo menciona que, los fertilizantes

pueden ayudar a doblar o incluso triplicar los rendimientos de los cultivos. Aseguran también un aprovechamiento más eficaz del agua y de la tierra.

Mamani (2000) indica que la baja fertilidad de los suelos es un problema fundamental en la producción de quinua en el altiplano, y está relacionada con el indebido manejo de este recurso por parte de los agricultores. La aplicación de fertilizantes minerales y orgánicos al suelo está limitada por las condiciones de humedad y temperatura que afectan la absorción de los nutrientes por las plantas. Esta situación hace que la eficiencia de los fertilizantes sea relativamente baja en las condiciones predominantes del altiplano. Por lo tanto es necesario contar con alternativas inmediatas de solución, tales como el uso de fertilizantes y fuentes de materia orgánica, que proporcionen macro y micro nutrientes beneficiosos para el desarrollo de los cultivos.

Salas (2004) menciona que la baja fertilidad de los suelos interandinos, constituye un factor limitante para el cultivo de quinua debido a su escaso contenido de materia orgánica, haciéndolos poco productivos y repercutiendo en bajos rendimientos; por lo que se debe optar por la adición de fertilizantes en especial nitrogenados en cantidades adecuadas para corregir los requerimientos nutricionales de la planta.

2.7.5 Deshierbo

Alvarado (1999) menciona que el deshierbo dependerá de la preparación del terreno. La quinua es una planta que necesita de terrenos limpios. Los deshierbos se realizan preferentemente a mano o con el uso de la azada, de tal manera que se pueda aprovechar para mullir la parte superficial del terreno.

Mejía (1999) indica que el deshierbo se realiza en forma manual, extrayendo las plantas o mediante el paso de arado. El primer deshierbo efectuar a los 40 a 50 días de la siembra, cuando las plantas tienen de 20 cm. de altura aproximadamente, es decir en el estado fenológico de 6 a 8 hojas verdaderas.

2.7.6 Resiembra

Álvarez *et al.*, (2012) indican que existen muchos factores que impiden la germinación de las semillas con el consiguiente establecimiento de menor número de

plántulas de quinua en campo. Esta menor cantidad de plantas dentro del campo influirá negativamente en la productividad. La resiembra solo es recomendable si la germinación ha fallado en zonas relativamente grandes del campo recurriendo a semillas o plántulas extraídas de surcos con alta densidad.

2.7.7 Raleo

Alan (2011) menciona que el raleo se realiza junto con el deshierbe y sirve para conseguir una densidad uniforme y óptima de la quinua, y eliminar plantas enfermas débiles o fuera de tipo. La finalidad es obtener una densidad final de 20 a 30 plantas por m² (200,000 a 300,000 plantas por ha).

Álvarez *et al.*, (2012) dan a conocer que el número excesivo de plantas dentro de un surco puede ser perjudicial ya que las plantas no desarrollarán bien por estar compitiendo entre ellas. Se realiza el raleo junto con el deshierbo. Es necesario eliminar las plantas enfermas, débiles o fuera de tipo para coseguir una densidad uniforme y óptima de la quinua. Se recomienda que la cantidad óptima de plantas por metro lineal sea de 20 a 30 plantas. Para determinar la densidad necesidad de raleo, es conveniente calcular el número de plantas por hectárea después que hayan germinado todas las semillas, esto es, más o menos a los 15 a 20 días después de la siembra.

2.7.8 Aporque

Mejía (1999) indica que con la finalidad de evitar el acame o tumbado, debido al excesivo peso de la panoja, se recomienda efectuar un solo aporque. Aporcar a los 60 ó 70 días de la siembra o al inicio del panojamiento. Con el aporque se incorpora la segunda dosis de nitrógeno, se cambia la posición del surco, por lo que las plantas quedan en el lomo del surco; se realiza arrimando la tierra alrededor de la hilera de las plantas.

Mujica *et al.*, (2013) recuerdan que el aporque es necesario para sostener la planta sobre todo en los valles interandinos donde la quinua crece en forma exuberante y requiere acumulación de tierra para mantenerse de pie y sostener las enormes panojas que se desarrollan, evitando de este modo el tumbado o vuelco de las plantas. Así mismo le permite resistir los fuertes embates de los vientos sobre todo en las zonas ventosas y de fuertes corrientes de aire. Generalmente se recomienda un buen aporque antes de la floración y junto

al abonamiento complementario, lo que permitirá un mayor enraizamiento y por lo tanto mayor sostenibilidad.

2.7.9 Cosecha

Álvarez *et al.*, (2012) exponen que la quinua es uno de los cultivos considerados como delicados en cuanto al manejo y cuidado de la cosecha. Esta debe realizarse con la debida oportunidad para evitar no solo las pérdidas por efectos adversos como el clima y ataque de aves; sino, también, por el deterioro de la calidad del grano. La quinua debe ser cosechada cuando las plantas hayan perdido sus hojas y presenten un color amarillo pálido o los granos hayan adquirido una consistencia tal que resistan a la presión de las uñas. Esta labor tiene cinco etapas, cuando se efectúa en forma manual o utilizando trilladoras estacionarias: siega o corte, emparvado o formación de arcos, trilla aventado y limpieza del grano, secado, selección, envasado y almacenamiento.

2.7.10 Función de los macronutrientes en las plantas

Huamán (2012) destaca que las funciones más importantes son las siguientes:

a. Nitrógeno (N)

Es el motor del crecimiento de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas.

b. Fósforo (P)

Es absorbido del suelo como iones H_2PO_4^- y HPO_4^- . Juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación celular y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos.

c. Potasio (K)

Es absorbido del suelo como ion K^+ , tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas; por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

d. Magnesio (Mg)

Es el constituyente central de la clorofila; por ello, del 15 al 20 % del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta.

e. Azufre (S)

Es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila.

f. Calcio (Ca)

Es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. La mayoría de los suelos contienen suficiente Ca disponible para las plantas; sin embargo la deficiencia puede darse en suelos de puna muy pobres en Ca. El objetivo de la aplicación de Ca es usualmente el del encalado.

2.7.11 Deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua

Calla (2012) destaca las deficiencias nutricionales de los principales elementos que a continuación se muestra:

a. Deficiencia de nitrógeno

Las plantas muestran crecimiento retardado y además son pequeñas, con tallos cortos y delgados, se observa también hojas de color amarillo de la parte inferior es decir de las hojas viejas, luego estas hojas se secan.

b. Deficiencia de fósforo

Las plantas muestran un crecimiento retardado con hojas de color azulado, morados, también este color se puede observar en los tallos. Las raíces tienen un desarrollo pobre; en cuanto al llenado de granos son también deficientes.

c. Deficiencia de potasio

Plantas con deficiente crecimiento, hay un amarillamiento en los bordes y ápices de las hojas. Las plantas son susceptibles al encamado, no hay resistencia a situaciones de estrés como heladas y sequías, en cuanto a los frutos son muy pequeños.

d. Deficiencia de magnesio

Hay amarillamiento en los espacios que no son venas de las hojas, llamada también amarilla miento de franjas, también los bordes de las hojas son acartuchados, los tallos delgados.

e. Deficiencia de azufre

Se puede observar un amarillamiento completo de la planta, incluso las hojas nuevas, el crecimiento se reduce, hay menor número de glomérulos en la panoja.

f. Deficiencia de calcio

La hoja presenta curvaturas, hay defoliación prematura de hojas basales, las raíces no tienen buena formación. Se observan ramas pequeñas con hojas apretadas y deformadas.

2.7.12 Plagas y enfermedades del cultivo de quinua

2.7.12.1 Principales plagas

Sarmiento et al., (2011) declaran que durante el ciclo vegetativo de la quinua se presentan plagas que ocasionan daños en forma directa cortando plantas tiernas, masticando y defoliando hojas, picando-raspando y succionando la savia vegetal, minando hojas y barrenando tallos, destruyendo panojas y granos.

a. Gusanos de tierra (*Feltia sp.*, *Copitarsia sp.* y *Agrotis sp.*)

- ✓ **Daños:** Las larvas inicialmente se alimentan de las hojas tiernas, ubicados cerca del suelo, luego se distribuyen en el campo y actúan como cortadores, alimentándose de noche y escondiéndose durante el día.
- ✓ **Control:** Realizar una buena y oportuna preparación del suelo, deshierbo y aporque oportuno, riego pesado, control químico con Clorpirifos, Diazinon, Metamidofos, Methomyl.

b. Escarabajo de la panoja (*Astylus sp.*)

- ✓ **Daños:** Las larvas realizan comeduras circulares e irregulares en los cotiledones (granos); igualmente, la raíz presenta comeduras irregulares a la altura del cuello de la plántula. En estado adulto come estructuras florales (estambres y sacos polínicos) perjudicando la fecundación e impidiendo la formación de los granos.
- ✓ **Control:** Evitar la coincidencia de la floración con otros cultivos cercanos, rotación de cultivos, control químico con Cipermetrina, Benfuracarb.

c. Lorito o escarabajo de las hojas (*Diabrotica sp.*)

- ✓ **Daños:** Los adultos comen hojas en forma irregular, en la floración se alimentan de estructuras florales (estambres y sacos polínicos). Las larvas se alimentan de raíces de diferentes plantas cultivadas y silvestres.
- ✓ **Control:** Evitar la coincidencia de la floración con otros cultivos cercanos, rotación de cultivos, control químico con Cipermetrina, Benfuracarb.

d. Pulgones o piojos (*Myzus sp.*)

- ✓ **Daños:** Daños directos (succionan la sabia de la hoja, los brotes de tallos tiernos y la inflorescencia; sobre sus daños se desarrollan el hongo llamado “fumagina”), daños indirectos (transmisión de enfermedad por virus) en las plantas de quinua. Se encuentra en colonias en ataques severos, causando la muerte de la planta por el debilitamiento y marchitez.
- ✓ **Control:** Realizar deshierbos oportunos, control químico con Carbofuran, Benfuracarb, Tiametoxan.

e. **Mosca minadora** (*Liriomyza huidobrensis*)

- ✓ Daños: Las larvas realizan minas serpenteantes (túneles) o en forma de lagunas en las hojas.
- ✓ Control: Aplicación de insecticidas sistémicos y de contacto así como Abamectina, Ciromazina, Lamdacialotrina, Cipermetrina.

f. **Aves**

- ✓ Daños: Se alimentan directamente de los granos de la misma panoja y con ello dan lugar a la caída de gran número de granos. El ataque es muy notorio siendo las variedades dulces más susceptibles. Lo más grave es en los últimos periodos vegetativos de la planta (estado lechoso, pastoso y madurez fisiológica del grano). También causan daños severos a nivel de plántula, fundamentalmente en estado cotiledonal, ya que en esta fase arrancan los cotiledones de tal manera que obligan a la resiembra.
- ✓ Control: Evitar sembríos en lugares cercanos a árboles y arbustos, recurrir a pajarereros, colocar espantapájaros, aplicar repelentes, siembra masiva y simultáneamente en las unidades productivas.

2.7.12.2 Principales enfermedades

a. **Mildiu o quemado causado por** *Peronospora farinosa*.

- ✓ Síntomas: Varía en las diferentes variedades, fases fenológicas de desarrollo y órgano infectado de la planta. Generalmente, la enfermedad se inicia en las hojas inferiores, propagándose hasta las hojas superiores. En la cara superior, se observa manchas amarillas pálidas (cloróticas) o rojizas de tamaño y forma variable. En la cara inferior, se ve una pelusilla de color plomo o gris violáceo (esporangio y esporangioforos). Los síntomas van aumentando sucesivamente en tamaño y número. En infecciones graves llega a necrosar toda la hoja o área afectada de la planta y produce defoliación generalizada.
- ✓ Control: Eliminación de plantas enfermas, uso de semillas sanas, uso de variedades tolerantes, control químico con Clorotalonil, Metalaxil, Mancozeb.

b. Chupadera fungosa causado por *Rhizoctonia sp*, *Fusarium sp*.

- ✓ Síntomas: En infecciones de preemergencia, la semilla se pudre y la planta no emerge. En postemergencia, las plántulas muestran lesiones hundidas al nivel del cuello, se estrangulan y mueren.
- ✓ Control: Desinfección de la semilla (Captan+Flutolanil), control químico con Thiabendazole, Carbendazin.

2.7.13 Características del cultivar en estudio

2.7.13.1 Cultivar hualhuas

FAO (2013) en el Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú explica que:

Figura 2: Cultivo Hualhuas



Fuente: FAO, 2013

2.7.13.2 Datos generales

- **Nombre de la variedad** : Hualhuas
- **Lugar y año de liberación** : Región Junín, 1975
- **Obtentor y mantenedor** : Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).
- **Método de mejoramiento** : Selección de segregantes, selección masal y genealógica.

- **Adaptación** : Se adaptó en varias localidades pertenecientes a la Cuenca del Mantaro en condiciones ecológicas similares a la EEA El Mantaro de la UNCP.
- **Principales usos** : Consumo tradicional: Sopas, ensaladas (hojas), guisos, postres y bebidas.
- **Agroindustria** : Expandida, perlada, laminada, molienda.

2.7.13.3 Descripción morfológica

Descripción general:		
Tipo de crecimiento	: Herbáceo.	
Hábito de crecimiento	: Ramificado hasta el tercio inferior	
Ciclo vegetativo	: 150 a 160 días	
Altura de planta	: 1.57 m.	
Rendimiento promedio de grano	: 3.20 t/ha.	

Características del tallo:		
Forma del tallo principal	: Sin ángulos.	
Diámetro del tallo	: 1.5 a 1.75 cm.	
Presencia de axilas pigmentadas	: Presentes.	
Presencia de estrías	: Presentes	
Color de estrías	: Gris.	
Color del tallo principal	: Verde.	
Presencia de ramificación	: Presente	

Características de la hoja:		
Borde de las hojas inferiores	: Dentado.	
Dientes de las hojas	: 6 a 8 dientes.	
Longitud máxima del peciolo	: 4.45 cm.	
Longitud máxima de las hojas	: 8.44 cm.	
Anchura máxima de las hojas	: 6.43 cm.	
Color de las hojas	: Verde.	

Características de la panoja:	
Color de la panoja en la floración	: Verde
Intensidad del color de la panoja en la floración	: Tenue.
Color de la panoja en la madurez fisiológica	: Amarilla.
Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica	: Tenue.
Forma de la panoja	: Amarantiforme.
Longitud de panoja	: 43,60 cm.
Densidad de la panoja	: Intermedia.
Diámetro de panoja	: 9,00 cm.
Longitud de los glomérulos	: 8.60 cm.
Número de panojas por planta	: 1



Características del grano:	
Aspecto del grano	: Opaco.
Color del perigonio	: Crema.
Color del pericarpio	: Crema.
Color del episperma	: Blanco.
Color del perisperma	: Blanco.
Forma del borde del gran	: Afilado.
Forma del grano	: Cilíndrico.
Uniformidad del color del grano	: Uniforme.
Latencia de la semilla	: Ausente.
Diámetro del grano	: 2.10 mm.
Rendimiento de semilla por planta	: 52.80 g.
Peso de 1,000 granos	: 3.50 a 3.80 g.



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Localización del experimento

El presente experimento se desarrolló en terrenos de propiedad de la tesista.

a. Ubicación política

Región : Ancash
Provincia : Carhuaz
Distrito : Acopampa
Barrio : Huamán

b. Ubicación geográfica

Cuenca : Río Santa
Altitud : 2,737 m.s.n.m.
Latitud : 9° 17' 35.42" S
Longitud : 77° 37' 12.81" O

3.1.2. Antecedentes del terreno

El terreno del experimento donde se llevó a cabo la investigación estuvo sembrado con cultivo de maíz choclo en la campaña anterior.

El análisis de fertilidad del suelo se ha realizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA – UNASAM.

Cuadro 2 : Análisis de fertilidad del suelo

Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
Arena	Limo	Arcilla							
67	11	22	Franco Arcillo Arenoso	5.6	2.310	0.116	18	74	0.165

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNASAM.

El suelo es de textura franco arcillo arenoso, caracterizado por tener una reacción moderadamente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

3.1.3. Materiales e insumos

- ✓ Urea (46% N)
- ✓ Superfosfato Triple (46% P₂O₅)
- ✓ Cloruro de Potasio (60% K₂O)
- ✓ Fungicida (Ridomil)
- ✓ Adherente (Nutri Plant)
- ✓ Semilla de quinua cultivar Hualhuas

3.1.4. Equipos y herramientas

- ✓ Wincha
- ✓ Cordel
- ✓ Estacas
- ✓ Lampa recta
- ✓ Rastrillo
- ✓ Pico
- ✓ Carretilla
- ✓ Regadera
- ✓ Bomba de mochila
- ✓ Balanza

3.1.5. Material de escritorio

- ✓ Computadora
- ✓ Calculadora
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Lápiz
- ✓ Lapicero

3.2. Métodos

3.2.1. Tipo de investigación

- Según el objetivo es: Investigación aplicada; Se trata de un tipo de investigación centrada en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto, como curar una enfermedad o conseguir un elemento o bien que pueda ser de utilidad. Por consiguiente, el tipo de ámbito al que se aplica es muy específico y bien delimitado, ya que no se trata de explicar una amplia variedad de situaciones, sino que más bien se intenta abordar un problema específico.
- Según el nivel de profundización en el objeto de estudio: Investigación explicativa; Se trata de uno de los tipos de investigación más frecuentes y en los que la ciencia se centra. Es el tipo de investigación que se utiliza con el fin de intentar determinar las causas y consecuencias de un fenómeno concreto. Se busca no solo el qué sino el porqué de las cosas, y cómo han llegado al estado en cuestión.
- Para ello pueden usarse diferentes métodos, como la del método observacional, correlacional o experimental. El objetivo es crear modelos explicativos en el que puedan observarse secuencias de causa-efecto, si bien estas no tienen por qué ser lineales (normalmente, son mecanismos de causalidad muy complejos, con muchas variables en juego).
- Según el tipo de datos empleados: Cuantitativa; La investigación cuantitativa se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis. Los resultados de estas investigaciones se basan en la estadística y son generalizables.
- Según el grado de manipulación de las variables: Investigación experimental; Este tipo de investigación se basa en la manipulación de variables en condiciones altamente controladas, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que la o las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado. Los datos se obtienen de muestras aleatorizadas, de manera que se presupone que la muestra de la cual se obtienen es representativa de la realidad. Permite establecer diferentes hipótesis y contrastarlas a través de un método científico.

- Según el tipo de inferencia: de método hipotético deductivo; Este tipo de investigación es la que se considera verdaderamente científica. Se basa en la generación de hipótesis a partir de hechos observados mediante la inducción, unas hipótesis que generan teorías que a su vez deberán ser comprobadas y falseadas mediante la experimentación.
- Según el periodo temporal en que se realiza: transversal; Estos tipos de investigación se centran en la comparación de determinadas características o situaciones en diferentes sujetos en un momento concreto, compartiendo todos los sujetos la misma temporalidad.

3.2.2. Diseño de investigación

El presente trabajo de investigación se empleó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con seis tratamientos y tres bloques con la finalidad de determinar las dosis de fertilización más exactas que nos permitan realizar una curva de respuestas basadas en tres niveles de los nutrientes fósforo y potasio.

Cuadro 3: Niveles de fertilización.

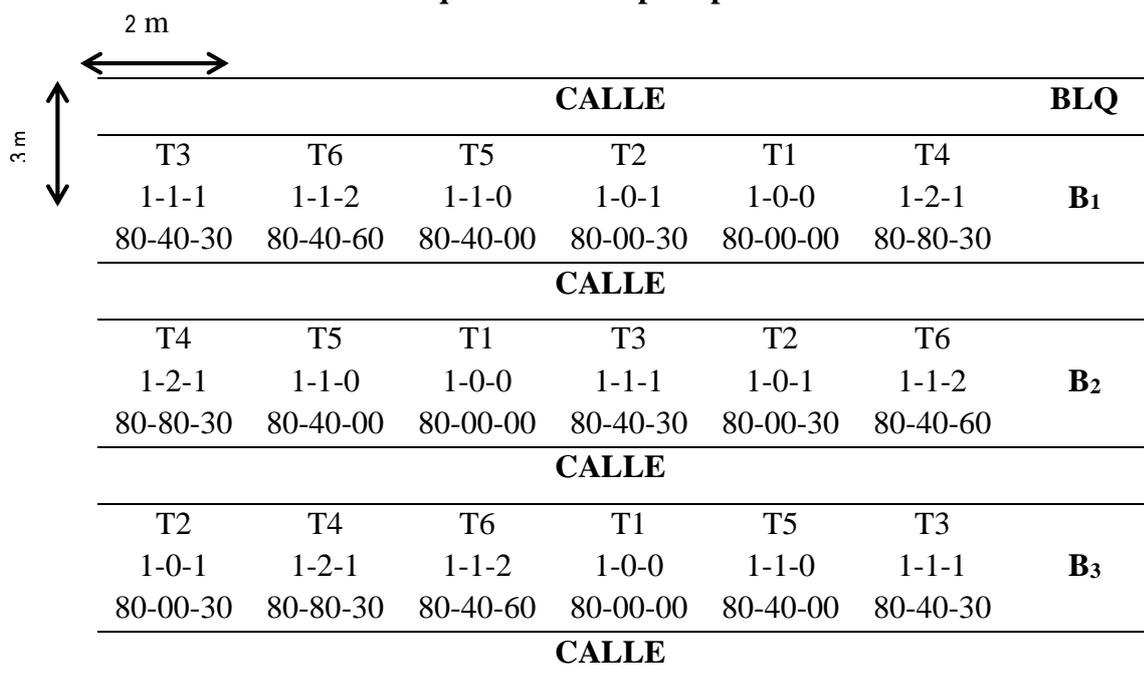
NIVELES	DOSIS Kg/Ha		
	N	P2O5	K2O
N0	80	0	0
N1	80	40	30
N2	80	80	60

Tratamientos en estudio

Cuadro 4: Tratamiento considerados en el experimento.

CLAVE	COMBINACIÓN DE LOS NIVELES DE FERTILIZACIÓN		
	N	P2O5	K2O
T1	1	0	0
T2	1	0	1
T3	1	1	1
T4	1	2	1
T5	1	1	0
T6	1	1	2

Esquema del campo experimental



Fuente: FAO y Ministerio de Alimentación (1977).

Cuadro 5: Cantidad de fertilizantes que se utilizó en el experimento.

Dosis Kg/Ha	Kg/Ha	por parcela	por aplicación	por experimento
UREA (46% N)	80	173.91Kg/Ha	83.48g	1502.58g
SFT (46% P ₂ O ₅)	40	86.96 Kg/Ha	83.48 g	751.33g
	80	173.91 Kg/Ha	166.92g	1502.28g
CLK (60% K ₂ O)	30	50 kg/Ha	48g	432g
	60	100 kg/Ha	96g	864g
				1,296g

Fuente: Elaboración propia

Características del campo experimental

a. Parcela:

Ancho = 3 m.

Largo = 3.2 m.

Área = 9.60 m².

b. Bloque:

Ancho = 3 m.

Largo = 19.20 m.

Área = 57.60 m².

c. Área neta del experimento:

$$\text{Área neta} = 172.80 \text{ m}^2.$$

d. Distanciamientos:

Entre bloque: 50 cm

Entre surcos: 80 cm

Área: 57.60 m²

Entre Plantas: 10 cm (10 plantas por metro lineal)

Área por planta: 0.8 X 0.1 = 0.08 m²/planta

e. Densidad total de plantas por hectárea:

$$\text{Densidad total} = 125,000 \text{ plantas/ha.}$$

3.2.3. Procesamiento estadístico

El análisis estadístico comprende la prueba de análisis de varianza (ANVA) para las observaciones experimentales con la valoración de la distribución de Fisher ($\alpha = 0.05$), así como la prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$).

a. Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t \quad j = 1, \dots, b$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor o rendimiento observado en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

μ = Es el efecto de la media general.

τ_i = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j = Es el efecto del j-ésimo bloque.

ε_{ij} = Es el efecto del error experimental en el i-ésimo tratamiento, j-ésimo bloque.

b. Análisis Estadístico, Según Calzada-Benza (1970), Steel & Torrie (1997) y, Gutierrez & De La Vara (2008).

- ✓ La base de las comprobaciones estadísticas de resultados experimentales es desde luego el análisis de varianza. Las relaciones de varianza muestran al

experimentador los resultados en que puede confiar y aquellos que habrá que comprobar.

- ✓ Con los datos mostrados en las diferentes parcelas, se realizará el análisis estadístico, con las siguientes pruebas:
- ✓ Análisis de varianza ANVA.
- ✓ Prueba de comparación múltiple Duncan.

Cuadro 6 : *Análisis de varianza del Diseño de Bloque Completo al Azar (DBCA)*

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal(0.05)
Bloque (b)	$b - 1$	SC(b)	SC(b)/GL(b)	CM(b)/CM(e)
Tratamiento (t)	$t - 1$	SC(t)	SC(t)/GL(t)	CM(t)/CM(e)
Error (e)	$(t - 1)(b - 1)$	SC(e)	SC(e)/GL(e)	
Total (T)	$tb - 1$	SC(T)		

3.2.4. Universo o población

Se refiere al espacio donde serán válidos los resultados del trabajo de investigación, en este caso la zona agroecológica bosque seco Montano Bajo Tropical (bs-MBT).

Características de la Zona Mayor Agroecológica N° 20 bosque seco - Montano Bajo Tropical (bs - MBT)

- ✓ Corresponde a la zona de vida bosque seco – Montano Bajo Tropical (bs - MBST). Ocupa los valles meso andinos entre los 2000 y 3500 m.s.n.m.
- ✓ Clima: la temperatura varía de 12°C a 18°C, la precipitación fluctúa entre 500 y 1000 mm. La evapotranspiración estimada en relación con la precipitación es de 1 - 2 que corresponde a la provincia de humedad Sub – húmedo.

3.2.5. Variables en estudio

a. *Variables independientes:*

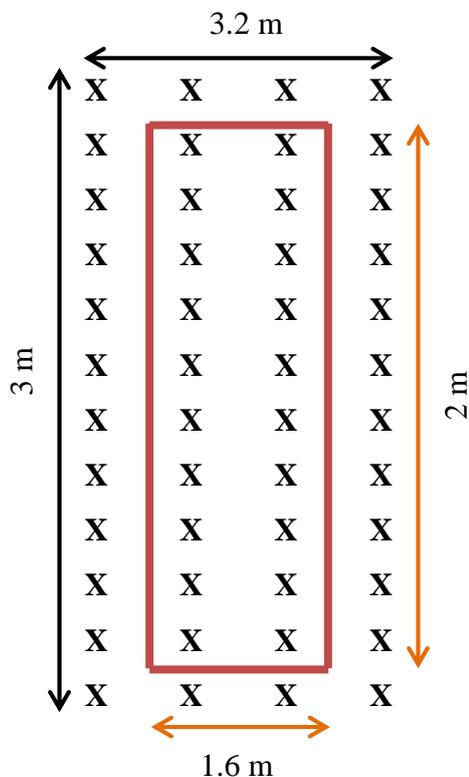
Son los diferentes niveles de fertilización del cultivo de quinua.

b. *Variable dependiente:*

Es el rendimiento del cultivo de quinua.

3.2.6. Unidad de análisis y muestra

La unidad de análisis estuvo representada por una planta de quinua y la muestra por veinte plantas por cada tratamiento, en un área de 3.2 m² como se muestra en la figura.



3.2.7. Conducción del experimento

3.2.7.1. Muestreo de suelo:

Se realizó el 27 de diciembre del 2018, en la cual se tomaron varias sub muestras a una profundidad de 20 cm. con una lampa recta; estas sub muestras se juntaron para ser homogenizadas y luego se extrajo 1 Kg. para su análisis.

3.2.7.2. Preparación del terreno:

Esta labor se realizó el 27 de diciembre del 2018, en la que primero se hizo la roturación del terreno con maquinaria agrícola con una pasada de discos y una de rastra; luego el 29 de diciembre del 2018 se realizó el desmenuzado de los terrones con la ayuda de un pico y luego la limpieza de las malezas y piedras con el rastrillo.

Figura 3: *Preparación de terreno*



3.2.7.3. Marcación y surcado:

Se realizó el 2 de enero del 2019; primero se tenía que cuadrar el terreno, para lo cual se empleó el método del triángulo con la ayuda de la wincha de 50 m, el cordel y las estacas, para luego diseñar los bloques, los tratamientos y las calles. Terminado la marcación se realizó el surcado manualmente con la ayuda de dos estacas, la wincha, el cordel y el pico a un distanciamiento de 80 cm. de distancia entre surcos quedando lista para la siembra.

Figura 4: *Marcado de parcelas*



Figura 5: *Surcado de parcelas*



3.2.7.4. Siembra:

Se realizó el 3 de enero del 2019, para lo cual primero se hizo la mezcla del fertilizante de acuerdo a la combinación de los niveles de fertilización, se aplicó al fondo del surco a chorro continuo (la cantidad de fertilizante empleado para cada tratamiento se detalla en el anexo 2).

Luego se hizo el tapado del fertilizante ligeramente con el rastrillo y la siembra se realizó a costillas del surco cubriéndolo muy ligeramente. La cantidad de semilla empleada fue de 2.08 gr. por cada surco de cuatro metros, siendo esta la misma cantidad para todos los tratamientos.

Figura 6: *Siembra de quinua*



3.2.7.5. Fertilización:

La primera fertilización se realizó el 3 de enero del 2019 junto con la siembra. La segunda fertilización se realizó el 17 de febrero del 2019, aplicando la otra mitad del nitrógeno, cuya cantidad para cada tratamiento es la misma. El fertilizante se aplicó a chorro continuo al lado de las plantas paralelo a los surcos. La cantidad de fertilizantes utilizados están detallados en el cuadro N°5 (Pág. 30).

3.2.7.6. Raleo y deshierbo:

El raleo se realizó el 16 de febrero del 2019, se hizo el raleo junto con el deshierbo eliminando las malezas y las plántulas más débiles y pequeñas dejando solo las más vigorosas. La cantidad de plántulas que quedaron definitivamente fue de 10 plantas por metro lineal.

Figura 7: Deshierbo del cultivo



Figura 8: Raleo del cultivo



3.2.7.7. Riego:

Durante los meses de enero a abril no se necesitó regar porque hubo suficiente lluvia. Se realizó de acuerdo a la necesidad de la planta, uno de los cuales fue el 5 de mayo y luego un riego el 25 de mayo durante el llenado de granos.

3.2.7.8. Aporque:

Se realizó el 17 de febrero del 2019, luego se incorporó la segunda dosis de nitrógeno, cambiando la posición del surco, se realiza arrimando la tierra alrededor de la hilera de las plantas con lo que las plantas quedan al lomo del surco. Esta labor se realizó cuando las plantas tenían una altura de 30 a 35 cm. de altura.

3.2.7.9. Control fitosanitario:

Se realizó el 01 de mayo del 2019, cuando las plantas se encontraban a inicios de panojamiento, para los problemas de gusano panojero (*Copitarsia sp.*), la enfermedad mildiu (*Peronospora farinosa*). Para lo cual se aplicó la siguiente mezcla de pesticidas: Insecticida Furte (carbofuran) a dosis de 50 ml/20 L, fungicidas Ridomil (mancozeb+metalaxil) a dosis de 40 g/20 L, adherente a dosis de 3 ml/20 L. de agua.

3.2.7.10. Cosecha:

Se realizó el 6 junio del 2019, solo se cosecharon dos surcos centrales de cada tratamiento por tratarse el experimento de fertilización y se emplea el efecto de borde, se realizó cortando con una hoz las panojas colocándolos sobre una mantada por separado para someterlos a un secado y luego sobado de las panojas, una vez limpio los granos se hizo secar para eliminar la humedad de los granos.

Figura 9: *Cosecha de quinua*



Figura 10: *Limpieza de granos de quinua*



3.2.7.11. Pesado:

Se realizó el 19 de julio del 2019, anotando todos los datos para su posterior análisis estadístico. Los datos se muestran en los resultados y el anexo.

3.3. Parámetros evaluados

De acuerdo al objetivo se consideró los siguientes parámetros en la evaluación.

- ✓ La cantidad de grano limpio por muestreo en cada uno de sus tratamientos.
- ✓ Rendimiento por hectárea del cultivo de la quinua.

Cuadro 7: Rendimiento por tratamiento de quinua cultivar Hualhuas (kg/ha)

T3	T6	T5	T2	T1	T4	BLQ
80-40-30	80-40-60	80-40-00	80-00-30	80-00-00	80-80-30	B1
N°plantas 3.2m ² =20						
Peso de grano por tratamiento = 3,661g	Peso de grano por tratamiento = 3,818g	Peso de grano por tratamiento = 3,552g	Peso de grano por tratamiento = 2,663g	Peso de grano por tratamiento = 1,301g	Peso de grano por tratamiento = 4,189g	
T4	T5	T1	T3	T2	T6	B2
80-80-30	80-40-00	80-00-00	80-40-30	80-00-30	80-40-60	
N°plantas 3.2m ² =20						
Peso de grano por tratamiento = 3,148g	Peso de grano por tratamiento = 3,148g	Peso de grano por tratamiento = 2,203g	Peso de grano por tratamiento = 3,940g	Peso de grano por tratamiento = 3,059g	Peso de grano por tratamiento = 4,363g	
T2	T4	T6	T1	T5	T3	B3
80-00-30	80-80-30	80-40-60	80-00-00	80-40-00	80-40-30	
N°plantas 3.2m ² =20						
Peso de grano por tratamiento = 3,266g	Peso de grano por tratamiento = 4,478g	Peso de grano por tratamiento = 4,011g	Peso de grano por tratamiento = 1,836g	Peso de grano por tratamiento = 3,299g	Peso de grano por tratamiento = 4,090g	

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.2. Análisis estadístico

El análisis de varianza de los tratamientos de niveles de fertilización del cultivo de quinua, se realizó de acuerdo a lo establecido en el diseño experimental empleado para la obtención de rendimiento en el Callejón de Huaylas.

Para establecer las diferencias significativas entre los tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de confianza de un cinco por ciento (La hoja de trabajo se muestra en el Anexo 02).

Cuadro 8: Rendimiento de quinua cultivar Hualhuas (Kg/ha)

TRAT.	CÓDIGO NIVEL	BLOQUE			TOTAL	PROMEDIO
		B ₁	B ₂	B ₃		
T1(80-00-00)	(1-0-0)	1,301	2,203	1,836	5,340	1,780
T2(80-00-30)	(1-0-1)	2,663	3,059	3,266	8,988	2,996
T3(80-40-30)	(1-1-1)	3,661	3,940	4,090	11,691	3,897
T4(80-80-30)	(1-2-1)	4,189	4,215	4,478	12,882	4,294
T5(80-40-00)	(1-1-0)	3,552	3,148	3,299	9,999	3,333
T6(80-40-60)	(1-1-2)	3,818	4,363	4,011	12,192	4,064
	TOTAL	19,184	20,928	20,980	61,092	3,394

Fuente: Datos de cosecha de campo. Elaboración personal

Cuadro 9: Análisis de Varianza

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal	F. Tab.	SIG.
Bloque (b)	2	348,325	174,163	2.752	4.10	Ns
Tratamiento (t)	5	12'837,090	2'567,418	40.5465	5.64	**
Error (e)	10	632,923	63,292			
Total (T)	17	17'233,738				

Fuente: Elaboración personal

$$\text{Coeficiente de Variabilidad} = 100 \sqrt{63,292} / 3,394 = 7.41 \%$$

En el Cuadro N° 9, se muestra el análisis de varianza para rendimiento de quinua cultivar Hualhuas por hectárea para obtener el nivel óptimo de fertilización, donde no se encontró diferencias estadísticas para la fuente de variación bloques, pero si se encontró diferencias estadísticas para la fuente de variación tratamientos. Por lo que se pasa a realizar la prueba de comparación de medias de Duncan.

El coeficiente de variabilidad es de 7.41 % lo cual es aceptable y fundamento de confiabilidad de los resultados.

Cuadro 10: Rendimiento de quinua cultivar Hualhuas (Kg/ha), comparación de medias de Duncan.

TRAT.	CÓDIGO NIVEL	PROMEDIO	SIG.
T4(80-80-30)	(1-2-1)	4,294	a
T6(80-40-60)	(1-1-2)	4,064	a b
T3(80-40-30)	(1-1-1)	3,897	a b
T5(80-40-00)	(1-1-0)	3,333	c
T2(80-00-30)	(1-0-1)	2,996	d e
T1(80-00-00)	(1-0-0)	1,780	f
	PROMEDIO	3,394	

Fuente: Elaboración propia.

Del Cuadro 10, podemos decir que es notable la diferencia cuando se comparan tratamientos en las que se ha omitido algún elemento. El suministro a niveles medios de P₂O₅ y K₂O permite incrementar el rendimiento de 1.78 Tn/Ha (T1) a 4.29 Tn/Ha (T4); el aporte de P₂O₅ a niveles medios de N y K₂O permite incrementar el rendimiento de 2.99 Tn/Ha (T2) a 4.29 Tn/Ha (T4); la aplicación de K₂O a niveles medios de N y P₂O₅ permite incrementar el rendimiento de 3.33 Tn/Ha (T5) a 4.06 Tn/ha (T6). Es notable la diferencia entre el testigo con 1.780 Tn/Ha (T1) y el abonamiento sintético (formulación N - P₂O₅ - K₂O) con 4.294 Tn/ha (T4).

4.3. Análisis económico

El análisis económico tiene como objetivo determinar las recomendaciones económicamente óptimas para los dos nutrientes en estudio, usando los siguientes criterios: La respuesta física del cultivo a los fertilizantes basada en los resultados de los ensayos, el precio del producto (en este caso quinua) y los precios de los nutrientes (La hoja de trabajo se muestra en el Anexo 03).

Existen varias formas de hacer el análisis, para la que se va a usar aquí es necesario calcular primero las curvas de respuesta usando como función general:

$$Y = a + bx + cx^2$$

y = Rendimiento en Kg/ha.

x = Dosis de fertilizantes en Kg. de nutrientes por Ha.

a = Rendimiento de la parcela sin el fertilizante en cuestión de Tn/Ha.

b = Pendiente de la curva en $x = 0$.

c = Medida del “descenso” de la curva si c es negativo, cuando c es positivo la curva asciende.

Cálculo de los rendimientos ajustados según las ecuaciones para varios niveles de fertilización:

Cuadro 11: Rendimiento de quinua Hualhuas (Kg/ha), Análisis Económico

x	Y_P	x	Y_K
0	2996	0	3333
40	3509	30	3665
80	3897	60	3897
120	4158	90	4030
160	4293	x ópt 108	4062
x ópt 169	4306	x máx 115	4064
180	4313		
x máx 183	4314		

La recomendación para el máximo rendimiento está dada por:

P_x = Precio de un Kg de nutriente

P_y = Precio de un Kg del producto

$$\mathbf{x P_2O_5 \max} = -b/2c = -14.41/2(0.0394) = 183$$

$$\mathbf{x P_2O_5 \text{ opt}} = (P_x/P_y - b) / 2c = (4.04/3.90 - 14.41) / 2(0.0394) = 169$$

$$\mathbf{x K_2O \max} = -b/2c = -12.72/2(0.0553) = 115 \text{ Kg/ha de K}_2\text{O}$$

$$\mathbf{x K_2O \text{ opt}} = (\mathbf{P_x/P_y} - \mathbf{b})/2\mathbf{c} = (2.97/3.90 - 12.72)/2(0.0553) = 108$$

La recomendación para la óptima fertilización económica es:

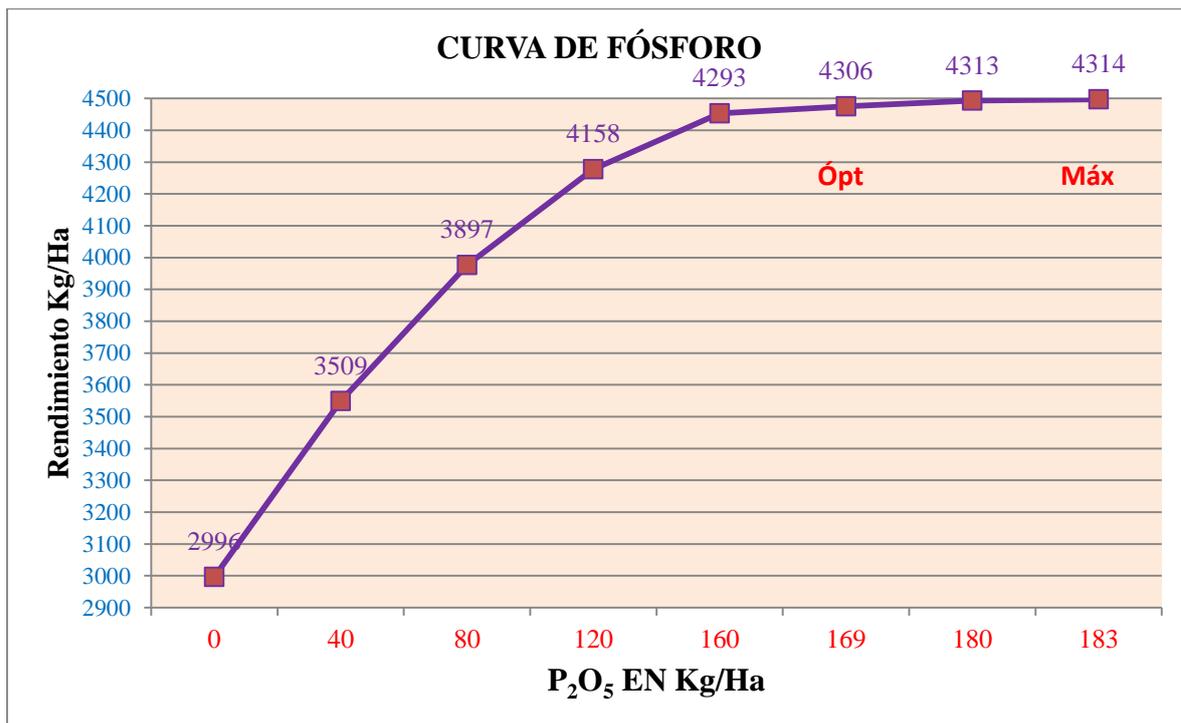
$$\mathbf{x P_2O_5 \text{ opt}} = 169 \text{ Kg/ha de P}_2\text{O}_5$$

$$\mathbf{x K_2O \text{ opt}} = 108 \text{ Kg/ha de K}_2\text{O}$$

- ✓ Precio del producto (quinua Blanca Hualhuas) = S/. 3.90/Kg
- ✓ Precio del Fósforo = S/. 4.04/Kg
- ✓ Precio del Potasio = S/. 2.97/Kg
- ✓ Precio del Nitrógeno = S/. 3.13/Kg

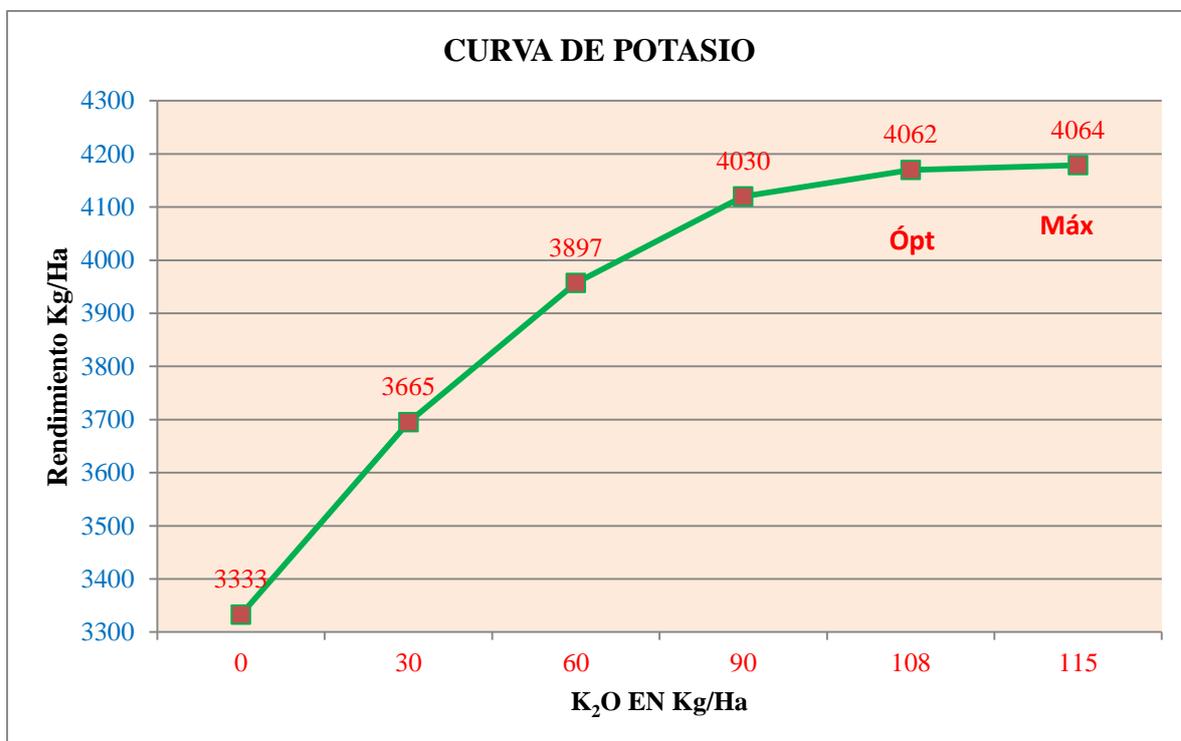
En las figuras 11 y 12; se muestran las curvas de respuesta de los nutrientes Fósforo y Potasio, así mismo la dosis de fertilización óptima económica para incrementar el rendimiento de quinua cultivar Hualhuas.

Figura 11 : Curva de respuesta del Fósforo, indicando la dosis de fertilización óptima económica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12: Curva de respuesta del Potasio, indicando la dosis de fertilización óptima económica.



Fuente: Elaboración propia

Las dosis óptimas calculadas para los dos nutrientes en estudio es la que da mayor utilidad por hectárea al agricultor, a pesar de que no dé el máximo rendimiento. Se puede mostrar matemáticamente que la utilidad al obtener rendimiento máximo es la misma que se consigue con una dosis menor cuya diferencia al respecto de x óptimo. Es igual a la diferencia entre x máximo. y x óptimo.

Cuadro 12: Comparación de la utilidad de fertilización máxima, óptima.

Nut.	Dosis Kg/ha	Aumento de Rdto. Kg/ha	Valor de Aumento S./ha	Costo S./ha	Utilidad S./ha
P ₂ O ₅	Máx 183	2,534	9,883	739	9,144
	Ópt 169	2,526	9,851	683	9,168
K ₂ O	Máx 115	2,284	8,900	342	8,558
	Ópt 108	2,282	8,900	321	8,579

Fuente: Elaboración propia

Se puede concluir que la influencia en el resultado económico de usar dosis de 169 a 183 Kg/ha de P₂O₅ y 108 a 115 Kg/ha de K₂O, es pequeña dando como recomendación para la zona en estudio la siguiente dosis de fertilización: 169 a 183 Kg/ha de P₂O₅ y 108 a 115 Kg/ha de K₂O.

Luego se procede con un análisis económico que se aprecia en el cuadro 13

Cuadro 13: Análisis económico en quinua cultivar Hualhuas.

Nut.	Trat.	Rdto. Medio Kg/ha	Incremento Rdto. Kg/ha	Valor del Incremento Rdto. S./ha	Costo Fert. S./ha	Utilidad Respec. Fert. S./ha	Relación Valor/Costo
Test.	80-0-0	1,780	-	-	-	-	-
	80-0-30	2,996	1,216	4,742.40	339.50	4,402.50	13.97
	80-40-30	3,897	2,117	8,256.30	501.10	7,755.20	16.48
	80-80-30	4,294	2,514	9,804.60	662.70	9,141.90	14.79
P₂O₅	Rdto Ópt 80-169-30	4,306	2,526	9,851.40	1,022.26	8,829.14	9.64
	Rdto Máx 80-183-30	4,314	2,534	9,882.60	1,078.82	8,803.78	9.16
	80-40-0	3,333	1,553	6,056.7	412.00	5,644.70	14.68
	80-40-30	3,897	2,117	8,256.30	501.10	7,755.20	16.48
	80-40-60	4,064	2,284	8,907.60	590.20	8,317.40	15.09
K₂O	Rdto Ópt 80-40-108	4,062	2,282	8,899.80	732.76	8,167.04	12.15
	Rdto Máx 80-40-115	4,064	2,284	8,907.60	753.55	8,154.05	11.82
		Quinua: 3.90 S./Kg	N: 3.13 S./Kg	P₂O₅: 4.04 S./K	K₂O: 2.97 S./Kg		

V. CONCLUSIONES

Los niveles óptimos de fertilización para incrementar el rendimiento de quinua cultivar Hualhuas son: 169 Kg/Ha de P_2O_5 y 108 Kg/Ha de K_2O , con rendimientos de: 4,306 y 4,062 Kg/ha respectivamente, expresado en el cuadro 13.

Las curvas de respuesta de los nutrientes nos demuestran que en el caso del Fósforo el rendimiento se incrementa hasta llegar al máximo que es 183 Kg/ha de P_2O_5 con un rendimiento de 4,314 Kg/ha. En el caso del Potasio el rendimiento se incrementa hasta llegar al máximo que es 115 Kg/ha de K_2O con un rendimiento de 4,064 Kg/ha. Si se incrementa la cantidad de cada uno de los nutrientes por encima del máximo el rendimiento empieza a disminuir.

La dosis de fertilización óptima económica para incrementar el rendimiento de quinua cultivar Hualhuas es: 169 Kg/ha de P_2O_5 y 108 Kg/ha de K_2O , dejando una utilidad de S./Ha 8,829.14 y 8,167.04, respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Para fines de la presente investigación que consiste se determinó los niveles óptimos de fertilización para incrementar el rendimiento de quinua, se recomienda aplicar la siguiente dosis de fertilización: 80 Kg/Ha de Nitrógeno, 169 de P_2O_5 y 108 de K_2O , debido a que se obtiene un alto rendimiento y una buena utilidad.
- ✓ Se debe promover la siembra de este cultivo debido a que estudios realizados nos indica que la quinua además de poseer un alto valor nutritivo, demuestra que es un cultivo rentable, habiendo encontrado en este experimento que se determinó para la fertilización óptima con P_2O_5 y K_2O la relación Valor/Costo es de 9.64 y 12.15 respectivamente.
- ✓ Para el cultivo de quinua cultivar Hualhuas (*chenopodium quinoa*), se recomienda una buena preparación de terreno, el que debe quedar bien mullidlo y nivelado; con una profundidad 15 a 20 cm, ya que influye en la germinación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Alan, B. 2011. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentario de Lima (en línea). Consultado 20 feb. 14. Disponible en http://www.bolivia.de/fileadmin/Dokumente/DestacadosEmpfehlenswertes_Footer/Quinua-CultivoMilenario.pdf.
2. Alvarado, O. 1999. La Quinua. Facultad de Ciencias Agrarias – UNASAM. P. 1 – 5
3. Alvarez, J; J. Castro, L. Valer, J. Príncipe, 2012. Manual para el cultivo sostenible de quinua. Ancash – Perú. P. 5 – 26.
4. Calla, J. 2012. Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de quinua orgánica. Chacachaca – Pomata – Chucuito – Puno – Perú. P. 18 – 19.
5. Calzada-Benza, José. 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Lima – Perú: Editorial Jurídica.
6. Camacho Silva, S. 2009. Manual técnico, Cultivo de quinua orgánica. Huancavelica (en línea). Consultado 20 Feb. 2014. Disponible en <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/16/13709772665610/manual-tecnico-cultivo-de-quinua-organica.pdf>.
7. CORLIB (Corporación de Desarrollo de la Libertad). 1989. Cultivos autóctonos – revalorización y uso. Trujillo Perú.
8. Estrada, R., V. Apaza., P. Delgado. 2012. Curso a distancia: Tecnología en la Producción de Quinua para el Mercado Interno y Externo. Módulo Iib. Ministerio de Agricultura. INIA. Perú. P. 50
9. FAO y Ministerio de Alimentación 1977. Guía de ampo: una metodología para transferencia de tecnología con énfasis en el uso racional de fertilizantes. Ministerio de Alimentación, Oficina General de Comunicación Técnica, Perú.
10. FAO. 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. JB Grafic, Lima.
11. FAO . 2014. Tendencias y perspectivas del comercio internacional de la quinua. FAO, ALADI, Santiago.
12. Gutierrez, H. y R. De La Vara. 2008. Análisis y diseño de experimentos. Mc Graw-Hill, México.

13. Huamán, H. 2012. Manual de nutrición y fertilización de la quinua (en línea). Consultado 20 feb. 14. Disponible en <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/16/13709771404480/manual-de-fertilizacion-de-la-quinua-def.pdf>.
14. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC) 2006 Manual agrícola de granos andinos. Quito, EC. p 40. (en línea). Consultado 20 feb. 14. Disponible en: <190.63.130.199:8080/bitstream/123456789/134/3/Sr%20Luis2.docx>.
15. Jacobsen, S., C. Monteros, J. Christiansen, L. Bravo, L. Corcuera, y A. Mujica. *Plant response of quinoa (Chenopodium quinoa Willd) to frost at various phenological stages*. European Journal of Agronomy, 2004.
16. León, H. *Cultivo de la quinua en Puno – Perú; Descripción, Manejo y Producción*. Puno: UNA-PUNO, 2003.
17. Mamani, E. 2000. Fertilización orgánica y química en sus diferentes formas para la producción de cinco eco tipos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en el altiplano. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UATF, Facultad de Agronomía, BO. s.p (en línea). Consultado 20 feb. 14. Disponible en: <190.63.130.199:8080/bitstream/123456789/134/3/Sr%20Luis2.docx>.
18. Medina, Y. 2015. Efecto de cuatro densidades de siembra en tres cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), bajo riego por goteo, en el distrito de Acopampa – Carhuaz a 2725 m.s.n.m. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.
19. Mejia, A. 1999. Manejo tecnológico de 27 cultivos andinos y tropicales. Lima - Perú. P. 1 - 33
20. Mujica, A; Canahua A; Saravia, R. 1999. Agronomía del cultivo de la quinua, cultivos Andinos. FAO. (en línea). Consultado el 19 de feb. 2019 .Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap2.htm>.
21. Mujica, A., et al. 2013. Producción Orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Puno – Perú. P. 25 – 63
22. Rojas, W. La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. La paz: PROINPA, 2011.
23. Ruiz B. et al. 2014. Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 34(2), 1-11
24. Salas, M. 2004. Aplicación de tres niveles de fertilización nitrogenada en dos profundidades de aradura en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en Centro Experimental Agropecuario Condoriri. Tesis de Ingeniero Agrónomo. UTO,

- Facultad de Ciencias Agropecuarias y Veterinaria, BO. 106 p. (en línea). Consultado 20 feb. 14. Disponible en: 190.63.130.199:8080/bitstream/123456789/134/3/Sr%20Luis2.docx.
25. Saravia, R., y G. Aroni. Situación actual del cultivo de quinua en Bolivia. Puno: Taller Binacional Perú-Bolivia, 2001.
 26. Sarmiento, R., J. Flores., E. Arango., J. Gálvez., M. Chilquillo., M. Solórzano. y D. Quispe. 2011. La Quinua Grano de Oro. Guía para la producción de quinua en Ayacucho. Ayacucho – Perú. P. 29 – 40
 27. Steel, R. y Torrie, J. 1997. Bioestadística: principios y procedimientos. Mc. Graw Hill, México.
 28. TOA (Temas de Orientación Agropecuaria, CO). 1997. Manual de fertilizantes. 6 ed. Bogotá, CO. 60 p. (en línea). Consultado 20 feb. 19. Disponible en: 190.63.130.199:8080/bitstream/123456789/134/3/Sr%20Luis2.docx.
 29. Yzarra, W. Manual de observaciones fenológicas . Lima - Perú: SENAMHI, 2011.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1 : CANTIDAD DE FERTILIZANTES UTILIZADOS

N = 80

46 Kg N-----100 Kg Urea/ha 125 000 pl/ha ----- 174 000 g Urea/ha
80 Kg N ----- X = 174 Kg Urea/ha 1 pl ----- X = 1.40 g Urea/pl = 14 g/m.

Por 3 m/surco = 42 g Urea/surco

Primera aplicación = 21 g Urea/surco

80Kg N/ha = 21 g Úrea X 4 surcos = 84 g Úrea/parc X 5 Trat/bloque = 420 g Úrea/bloque X 3 Repeticiones = 1,260 g Úrea por exp (180 bolsas con 7 g Urea/m = por aplicación)

Total Urea 1,260 g = 1.260 Kg por aplicación

2,520 g = 2.520 Kg por dos aplicaciones (por Experimento)

P₂O₅ = 0 40 80

40 Kg P₂O₅/ha = 7 g ST/m X 3m/surco X 4 surcos X 3 Trat/bloque X 3 Repeticiones = 756 g Úrea por exp (108 bolsas con 7 g ST/m = 756 g ST - una sola aplicación).

80 Kg P₂O₅/ha = 14 g ST/m X 3m/surco X 4 surcos X 1 Trat/bloque X 3 Repeticiones = 1,512 g ST por exp (108 bolsas con 14 g ST/m = 1,512 g ST – una sola aplicación)

Total Super Triple 2.268 Kg de Super Triple por Experimento

K₂O = 0 30 60

30 Kg ClK/ha = 4 g ClK/m X 3m/surco X 4 surcos X 3 Trat/bloque X 3 Repeticiones = 432 g ClK por exp (108 bolsas con 4 g ClK/m = 432 g ClK – una sola aplicación)

60Kg ClK/ha = 8 g ClK/m X 3m/surco X 4 surcos X 3 Trat/bloque X 3 Repeticiones = 864 g ClK por exp (108 bolsas con 8 g ClK/m = 864 g ClK –una sola aplicación)

Total, Cloruro de Potasio 1.296 Kg de Cloruro de Potasio por Experimento.

ANEXO 2 : ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cuadro A-1: Rendimiento de quinua cultivar Hualhuas (Kg/parcela = 3.2 m²)

TRAT.	CÓDIGO	BLOQUE		
	NIVEL	B ₁	B ₂	B ₃
T1(00-00-00)	(1-0-0)	0.4163	0.7050	0.5875
T2(80-00-30)	(1-0-1)	0.8522	0.9789	1.0451
T3(80-40-30)	(1-1-1)	1.1715	1.2608	1.3088
T4(80-80-30)	(1-2-1)	1.3405	1.3488	1.4330
T5(80-40-00)	(1-1-0)	1.1366	1.0074	1.0557
T6(80-40-60)	(1-1-2)	1.2218	1.3962	1.2835

Cuadro A-2: Rendimiento de quinua cultivar Hualhuas (Kg/ha)

TRAT.	CÓDIGO	BLOQUE			TOTAL	PROMEDIO
	NIVEL	B ₁	B ₂	B ₃		
T1(00-00-00)	(1-0-0)	1,301	2,203	1,836	5,340	1,780 (6)
T2(80-00-30)	(1-0-1)	2,663	3,059	3,266	8,988	2,996 (5)
T3(80-40-30)	(1-1-1)	3,661	3,940	4,090	11,691	3,897 (3)
T4(80-80-30)	(1-2-1)	4,189	4,215	4,478	12,882	4,294 (1)
T5(80-40-00)	(1-1-0)	3,552	3,148	3,299	9,999	3,333 (4)
T6(80-40-60)	(1-1-2)	3,818	4,363	4,011	12,192	4,064 (2)
	TOTAL	19,184	20,928	20,980	61,092	3,394

Cuadro A-3: Análisis de Varianza eliminando variación entre bloques

TRAT	1-0-0	1-0-1	1-1-1	1-2-1	1-1-0	1-1-2	Total Bloques
Repet – I	1,301	2,663	3,661	4,189	3,552	3,818	19,184
Repet– II	2,203	3,059	3,940	4,215	3,148	4,363	20,928
Repet – III	1,836	3,266	4,090	4,478	3,299	4,011	20,980
Total Trat.	5,340	8,988	11,691	12,882	9,999	12,192	61,092
n	3	3	3	3	3	3	tn = 18
Medias	1,780	2,996	3,897	4,294	3,333	4,064	3,394

Suma de cuadrados de todas observaciones: $1301^2 + 2203^2 + \dots + 4363^2 + 4011^2$
 $= 221'164,586$

Suma de cuadrados de totales bloques: $(19484^2 + 20928^2 + 20980^2)/t = 1,246'167,440/6$
 $= 207'694,573$

Suma de cuadrados de totales tratamiento: $(5340^2 + \dots + 12192^2)/n = 660'550,014/3$
 $= 220'183,338$

Cuadrado de suma de totales: $(19184 + 20928 + 20980)^2/tn = 61,092^2/18 = 207'346,248$

Suma de cuadrados de todas observaciones–cuadrado de suma de totales = $221'164,586 - 207'346,248 = 13'818,338$

Suma de cuadrados de totales bloques– cuadrado de suma de totales = $207'694,573 - 207'346,248 = 348,325$

Suma totales tratamiento– cuadrado de suma de totales = $220'183,338 - 207'346,248 = 12'837,090$

Suma de cuadrados de errores = $13'818,338 - (348,325 + 12'837,090) = 632,923$

Cuadro A-4: *Análisis de Varianza eliminando variación entre bloques (cont).*

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. Cal	F. Tab.	SIG.
Bloque (b)	2	348,325	174,163	2.752	4.10	Ns
Tratamiento (t)	5	12'837,090	2'567,418	40.5465	5.64	**
Error (e)	10	632,923	63,292			
Total (T)	17	17'233,738				

Coefficiente de Variabilidad = $100 \sqrt{63,292} / 3,394 = 7.41 \%$

1ra etapa.- Determinación de $S_x = \sqrt{2 * CM \text{ del error} / r} = \sqrt{2 * 63,292 / 3} = 205.41$

2da etapa.- GL del error = 10, Tabla VII, AES (D), valores de “p”

Cuadro A-5: *Amplitudes Límites de Significación de Duncan.*

Valores de “p” ²	2	3	4	5	6
AES (D)	2.15	3.30	3.37	3.43	3.46
$S_x = 205.41$					
ALS (D)	442	678	692	705	711

La ecuación que da los valores de la ALS (D) es:

$$ALS(D) = AES(D) * Sx$$

3ra etapa. - ordenar en orden creciente los resultados promedios de los tratamientos y, poner clave en números romanos

Tratamientos:	1-0-0	1-0-1	1-1-0	1-1-1	1-1-2	1-2-1
Promedios:	1,780	2,996	3,333	3,897	4,064	4,294
Clave:	I	II	III	IV	V	VI

4ta etapa. - Empezar a comparar el promedio más alto con el más bajo

VI – I	= 4,294 – 1,780 = 2,514 > a p6 = 711	Si signif.
VI – II	= 4,294 – 2,996 = 1,298 > a p5 = 705	Si signif.
VI – III	= 4,294 – 3,333 = 961 > a p4 = 692	Si signif.
VI – IV	= 4,294 – 3,897 = 397 < a p3 = 678	No signif.
VI – V	= 4,294 – 4,064 = 230 < a p2 = 442	No signif.

V – I	= 4,064 – 1,780 = 2,284 > ALS (D) (5) = 705	Si signif.
V – II	= 4,064 – 2,996 = 1,068 > ALS (D) (4) = 692	Si signif.
V – III	= 4,064 – 3,333 = 731 > ALS (D) (3) = 678	Si signif.
V – IV	= 4,064 – 3,897 = 167 < ALS (D) (2) = 442	No signif.
IV – I	= 3,897 – 1,780 = 2,117 > ALS (D) (4) = 692	Si signif.
IV – II	= 3,897 – 2,996 = 901 > ALS (D) (3) = 678	Si signif.
IV – III	= 3,897 – 3,333 = 564 > ALS (D) (2) = 442	Si signif.
III – I	= 3,333 – 1,780 = 1,553 > ALS (D) (3) = 678	Si signif.
III – II	= 3,333 – 2,996 = 337 < ALS (D) (2) = 442	No signif.
II – I	= 2,996 – 1,780 = 1,216 > ALS (D) (2) = 442	Si signif.

0-0-0	1-0-1	1-1-0	1-1-1	1-1-2	1-2-1	
	1,780	2,996	3,333	3,897	4,064	4,794
	I	II	III	IV	V	VI
			—————			
			—————			
			———			
	—————					
	—————					

Cuadro A-6: Rendimiento de quinua cultivar Hualhuas (Kg/ha), comparación de medias de Duncan

TRAT.	CÓDIGO NIVEL	PROMEDIO	SIG.
T4(80-80-30)	(1-2-1)	4,294	a
T6(80-40-60)	(1-1-2)	4,064	a b
T3(80-40-30)	(1-1-1)	3,897	a b
T5(80-40-00)	(1-1-0)	3,333	c
T2(80-00-30)	(1-0-1)	2,996	d e
T1(80-00-00)	(1-0-0)	1,780	f
	PROMEDIO	3,394	

ANEXO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO

ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico tiene como objetivo determinar las recomendaciones económicamente óptimas para los tres nutrientes, usando los siguientes criterios: La respuesta física del cultivo a los fertilizantes basada en los resultados de los ensayos, el precio del producto (en este caso quinua) y los precios de los nutrientes.

Existen varias formas de hacer el análisis, para la que se va a usar aquí es necesario calcular primero las tres curvas de respuesta usando como función general:

$$y = a + bx + cx^2$$

y = Rendimiento en Kg/ha.

x = Dosis de fertilizantes en Kg. de nutrientes por ha.

a = Rendimiento de la parcela sin el fertilizante en cuestión de Tn/ha.

b = Pendiente de la curva en $x = 0$.

c = Medida del “descenso” de la curva si c es negativo, cuando c es positivo la curva asciende.

Se ordenan los datos en la siguiente forma:

		P₂O₅	K₂O
A	1-0-1	2996	
B	1-1-1	3897	
C	1-2-1	4294	
A	1-1-0		3333
B	1-1-1		3897
C	1-1-2		4064

De los rendimientos observados en A, B y C se calcula los factores a , b y c de la manera siguiente:

	P₂ O₅	K₂O
a = A	$a = 2996$	$a = 3333$

$$b = (4B - C - 3A)/2 \quad b = 1153 \quad b = 763$$

$$c = (C + A - 2B)/2 \quad c = -252 \quad c = -199$$

Obteniendo así:

$$y = a + bx + cx^2$$

$$Y_P = 2996 + 1153x - 252x^2$$

$$Y_K = 3333 + 763x - 199x^2$$

Hasta ahora las x significan algo diferente en cada una de las tres ecuaciones; ya que el nivel 21 es 80 Kg. P₂O₅ y 60 Kg. de K₂O por ha respectivamente, la x en la primera ecuación representa 80 Kg. De P₂O₅, en la segunda 60 Kg. de K₂O. Uniformizadas los x para representar un Kg. de nutriente da los siguientes resultados:

$$Y_P = 2996 + 1153x/80 - 252x^2/80^2$$

$$Y_K = 3333 + 763x/60 - 199x^2/60^2$$

$$Y_P = 2996 + 14.41x - 0.0394x^2$$

$$Y_K = 3333 + 12.72x - 0.0553x^2$$

Cálculo de los rendimientos ajustados según las ecuaciones para varios niveles de fertilización:

x	Y _P	x	Y _K
0	2996	0	3333
40	3509	30	3665
80	3897	60	3897
120	4158	90	4030
160	4293	x ópt 108	4062
x ópt 169	4306	x máx 115	4064
180	4313		
x máx 183	4314		

La recomendación para el máximo rendimiento está dada por:

P_x = Precio de un Kg de nutriente

Py = Precio de un Kg del producto

$$x \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ max} = -b/2c = -14.41/2(0.0394) = 183$$

$$x \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ opt} = (P_x/P_y - b)/2c = (5.86/3.90 - 14.41)/2(0.0394) = 163 \\ 0.0788$$

$$x \text{ K}_2\text{O} \text{ max} = -b/2c = -12.72/2(0.0553) = 115 \text{ Kg/ha de K}_2\text{O}$$

$$x \text{ K}_2\text{O} \text{ opt} = (P_x/P_y - b)/2c = (3.70/3.90 - 12.72)/2(0.0553) = 106 \\ 0.1106$$

La recomendación para la óptima fertilización económica es:

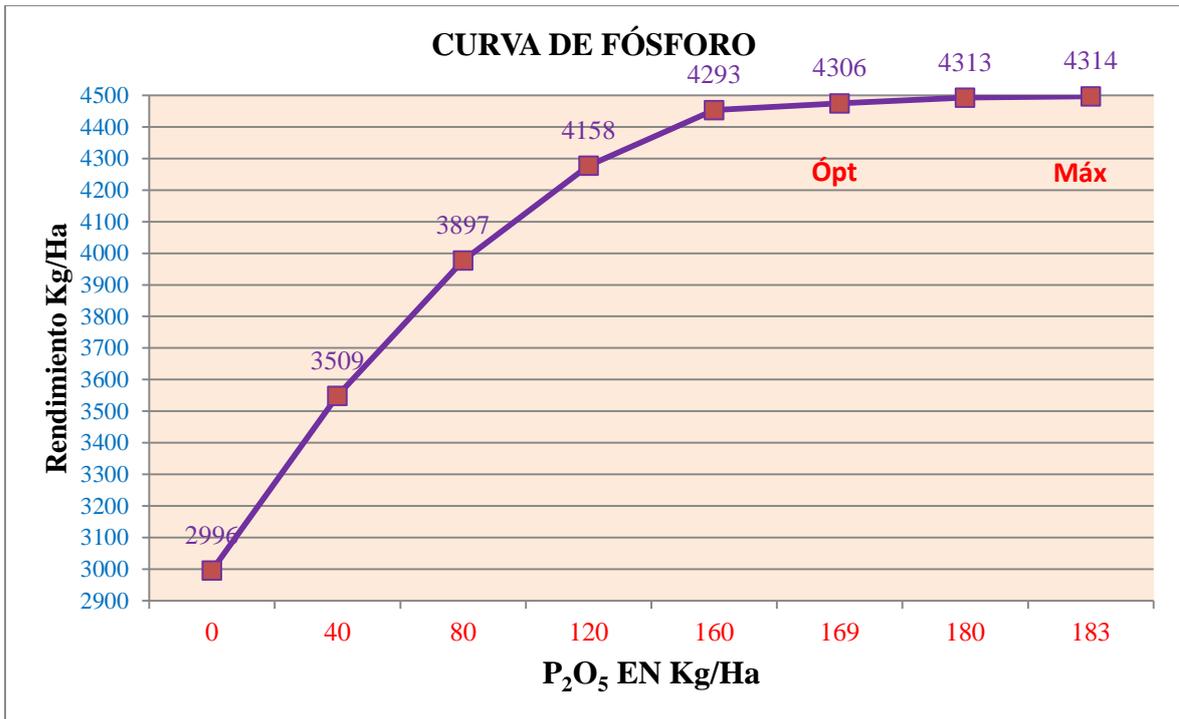
$$x \text{ P}_2\text{O}_5 \text{ opt} = 163 \text{ Kg/ha de P}_2\text{O}_5$$

$$x \text{ K}_2\text{O} \text{ opt} = 106 \text{ Kg/ha de K}_2\text{O}$$

- ✓ Precio del producto (quinua Blanca Hualhuas) = S/. 3.90/Kg
- ✓ Precio del Fósforo = S/. 4.04/Kg
- ✓ Precio del Potasio = S/. 2.97/Kg

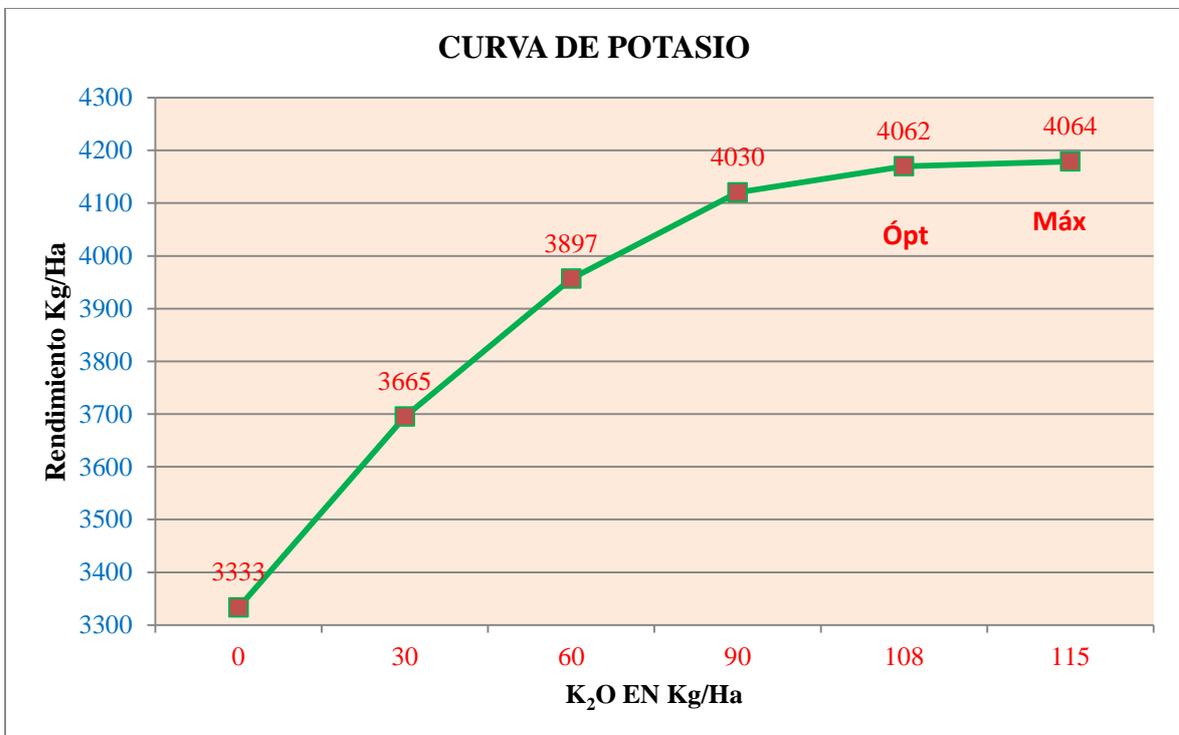
En las figuras N° 11 y 12; se muestran las curvas de respuesta de los nutrientes Fósforo y Potasio, así mismo la dosis de fertilización óptima económica para incrementar el rendimiento de quinua cultivar Hualhuas.

Figura N° 11.- Curva de respuesta del Fósforo, indicando la dosis de fertilización óptima económica.



Fuente: Elaboración propia

Figura N°12.- Curva de respuesta del Potasio, indicando la dosis de fertilización óptima económica.



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 4 : COSTO DE PRODUCCIÓN

Costo de Producción del cultivo de quinua cultivar Hualhuas.

COSTO DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE QUINUA (1 Ha)					
ACTIVIDAD	Unidad	Cantidad	Costo Unitario S/.	Sub total S/.	Total S/.
A. COSTOS DIRECTOS					5,336
1. PREPARACIÓN DEL TERRENO					700
Arado	H/Máquina	5	70	350	
Rastrado	H/Máquina	2	70	140	
Surcado	H/Máquina	3	70	210	
2. SIEMBRA					180
1er abonamiento	Jornal	2	30	60	
Siembra	Jornal	2	30	60	
Tapado	Jornal	2	30	60	
3. LABORES AGRÍCOLAS					990
Raleo	Jornal	10	30	300	
Deshierbo	Jornal	10	30	300	
2do Abonamiento	Jornal	2	30	60	
Aporque	Jornal	6	30	180	
Control Fitosanitario	Jornal	3	30	90	
Riego	Jornal	2	30	60	
4. COSECHA					660
Siega de panojas	Jornal	10	30	300	
Emparvado	Jornal	4	30	120	
Secado	Jornal	2	30	60	
Trilla mecánica	H/Máquina	3	40	120	
Ayudante de trilla	Jornal	2	30	60	
5. INSUMOS					2,766
Semillas	Kg.	6	20	120	120
Fertilizantes:120-80-60					2,284
Úrea	Kg.	260	3.44	894	
Superfosfato Triple de Ca	Kg.	174	5.86	1,020	

Cloruro de K	Kg.	100	3.70	370	
Pesticidas:					362
Furte (Carbofuran)	L	1.6	70	112	
Ridomil (Metalaxil+Mancozeb)	Kg.	3	80	240	
Aderente	L	0.25	40	10	
6. OTROS					40
Costales	Und.	80	0.5	40	
B. COSTOS INDIRECTOS					572
Gastos Generales (5%)					220
Gastos Administrativos (8%)					352
			TOTAL		5,908

ANEXO 5 : RESULTADOS DE ANÁLISIS DE FERTILIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
 Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD

SOLICITANTE : Lidia Alejandrina CHAVEZ EVARISTO - Tesista

MUESTRA : M-1

UBICACIÓN : Acopampa -Carhuaz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O%	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.
	Arena	Limo	Arcilla							
056	67	11	22	Franco arcillo arenoso	5.65	2.310	0.116	18	74	0.165

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción moderadamente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 16 de Enero del 2019.



[Handwritten Signature]
Dr. Sr. Guillermo Castillo Romero
 JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS