

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO (MNSE)
EN EL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)
CANAÁN – 2735 msnm – AYACUCHO”**

**Tesis para obtener el Título Profesional de:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**Presentado por:
OSCAR GARAMENDI BERROCAL**

AYACUCHO – PERÚ

2014

Tesis
Ag 109.1
Gar
8j 2

**“MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECIFICO (MNSE) EN
EL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd.*) CANAAN
2735 msnm – AYACUCHO”**

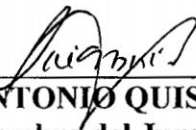
Recomendado : 27 de octubre de 2014
Aprobado : 20 de noviembre de 2014



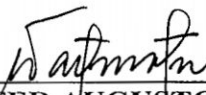
M.Sc. MARHLENI CERDA GÓMEZ
Presidente del Jurado



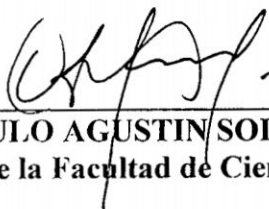
M. Sc. ALEX LÁZARO STINEO BERMÚDEZ
Miembro del Jurado



M.Sc. JOSÉ ANTONIO QUISPE TENORIO
Miembro del Jurado



Ing. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Miembro del Jurado



Dr. ROMULO AGUSTIN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

La presente investigación fruto de mi esfuerzo dedico a Dios por haberme dado el regalo más grande "La vida" quien me ha guiado por el sendero del saber.

Con cariño a mi madre Graciela, mis hijos Giovanni, Lucero, a mi esposa Luz Carina y a mis hermanos; con quienes he compartido momentos de felicidad y tristezas, que han contribuido para mi desarrollo emocional e intelectual, y porque estuvieron presentes en los momentos más difíciles de mi vida.

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo expreso mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de AGRONOMÍA, alma mater, fuente de sabiduría y enseñanza, por brindarme la oportunidad de mi formación profesional.

A mi maestro M.Sc. Ing. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, quien con sus sabios conocimientos, su experiencia, su paciencia, y su motivación, compartió como asesor en mi investigación de tesis.

Al Ing. Walter A. Mateu Mateo, por su amistad, buenos consejos, apoyo incondicional, y el asesoramiento que me brindó, desde el inicio del proyecto hasta culminar este documento.

De igual manera, a todos los miembros del jurado, a la Dra. Marhleri Cerda Gómez, M.Sc. José A. Quispe Tenorio, por el tiempo que me brindaron durante todo lo que significó la elaboración de tesis.

Son pocas las personas que han formado parte de mi vida profesional; les expreso mis agradecimientos por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí ser, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones. Para ellos, muchas gracias y que Dios los bendiga.

ÍNDICE

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Introducción	01
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	05
1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	05
1.2. IMPORTANCIA Y USOS	08
1.3. TAXONOMÍA	10
1.4. MORFOLOGÍA DE LA QUINUA	11
1.5. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO	15
1.6. CARACTERES DE PRECOCIDAD	19
1.7. PRODUCTIVIDAD	25
1.8. ASPECTOS DE MANEJO DEL CULTIVO	29
1.9. DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO	36
1.10. MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO (MNSE)	60
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	73
2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO	73
2.2. ANTECEDENTES DEL TERRENO	73
2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	73
2.4. CLIMA	74
2.5. MATERIAL EXPERIMENTAL	77
2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	77
2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y OTROS CÁLCULOS.	78
2.8. DESCRIPCION DEL CAMPO EXPERIMENTAL	80
2.9. CARACTERES EVALUDOS	82
2.10. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	82

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	85
3.1. RENDIMIENTO	85
3.2. DIÁMETRO DE PANOJA	93
3.3. LONGITUD DE PANOJA	94
3.4. LONGITUD DE TALLO	95
3.5. RENDIMIENTOS RELATIVOS Y FÓRMULA DE ABONAMIE.	96
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
4.1. CONCLUSIONES	101
4.2. RECOMENDACIONES	102
RESUMEN	103
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	105
ANEXOS	109

INTRODUCCIÓN

La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), constituye un recurso vegetal potencial debido a su gran adaptabilidad tanto de latitud como altitud; encontrándose en el Perú desde Tacna en el sur hasta Piura en el norte y desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. En el Perú y en algunas zonas andinas, es la base de la alimentación del poblador rural y posiblemente recurso alimenticio importante de las culturas precolombinas hace más de 5000 años a. c. como lo demuestran las evidencias arqueológicas (Tapia, 1979).

La importancia de esta planta en la alimentación humana se debe a que el grano tiene un alto valor nutritivo por su alto contenido de proteína 14 a 16 %, su alto contenido de lisina, metionina y cisteína es superior al resto de alimentos de uso común.

La Quinoa es un grano de gran importancia en la alimentación del poblador y está en crecimiento la demanda. Los principales bloques

consumidores de productos orgánicos son Estados Unidos, Japón, Italia, Francia, Reino Unido y Alemania.

Actualmente se estima que en Ayacucho se está cultivando 1500 hectáreas con un rendimiento de 1,000 a 1,500 kg.ha⁻¹, muy por debajo del promedio que obtienen en Puno que es de 2,000 kg.ha⁻¹ de quinua orgánica.

El bajo nivel de producción que se obtiene se debe a una serie de factores que inciden directamente en la productividad, como uso de semilla de calidad deficiente, limitada fertilización orgánica, presencia de plagas y enfermedades, deficiencia en labores de deshierbo, riego y aporque, utilización de variedades poco adaptadas a una altitud adecuada, densidad de plantas inadecuadas, etc.

Mejorando las prácticas de cultivo es posible incrementar el rendimiento de granos, que aunado a una comercialización adecuada pueden ayudar a mejorar la rentabilidad del cultivo y un abastecimiento regular al mercado de quinua Blanca de Junín.

El manejo de nutrientes en el cultivo de Quinua puede beneficiarse de nuevos métodos para desarrollar recomendaciones de fertilización que permitan ajustes en la aplicación de nutrientes que se acomoden a las necesidades específicas de cada región agroclimática y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados. Una de estas metodologías es el Manejo de Nutrientes por Sitio Específico (MNSE).

El MNSE es una metodología que busca entregar nutrientes a la planta como y cuando los necesita. Esta forma de manejo permite ajustar

dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar afectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de los nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. Este déficit debe ser compensado con la aplicación de fertilizantes. Con esta forma de manejo se busca aplicar los nutrientes en dosis óptimas y al momento adecuado para obtener altos rendimientos y alta eficiencia de uso de los nutrientes por el cultivo.

Este trabajo se realizó como parte de una línea de investigación orientada al uso eficiente de fertilizantes en los cultivos alimenticios con la metodología del manejo de nutrientes por sitio específico (MNSE) desarrollado por el IPNI (International Plant Nutrition Institute) y modificado por Tineo (2012), quien incorpora la técnica de las parcelas de inclusión.

Las razones expuestas permitieron plantear el presente trabajo con los objetivos siguientes:

Objetivo general:

Determinar las dosis de nutrientes necesarios para completar el déficit entre las necesidades del cultivo de Quinoa var. Blanca de Junín para obtener un óptimo rendimiento y el suplemento de nutrientes nativos del suelo, mediante la técnica de MNSE.

Objetivos específicos

1. Evaluar el rendimiento de grano y caracteres de productividad, mediante tratamientos de la técnica de parcelas de omisión y parcelas de inclusión en el cultivo de Quinoa var Blanca de Junín en parcelas de Canaán.
2. Determinar la relación que existe entre los rendimientos relativos del cultivo, obtenidos por las técnicas de las parcelas de omisión, con los resultados del análisis de suelo, mediante un ensayo con cultivo de Quinoa var. Blanca de Junín, en parcelas de Canaán.
3. Determinar la relación que existe entre los rendimientos relativos del cultivo, obtenidos por las técnicas de las parcelas de inclusión, con los resultados del análisis de suelo, mediante un ensayo con cultivo de Quinoa var. Blanca de Junín, en parcelas de Canaán.
4. Determinar las necesidades reales de N, P y K, del cultivo Quinoa var. Blanca de Junín para obtener rendimientos óptimos, en Canaán.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

León (2003), atribuye su origen a la zona andina del Altiplano Perú-Bolivia, por estar presente gran cantidad de especies silvestres y una gran variabilidad genética, principalmente en eco tipos, reconociéndose cinco categorías básicas: quinua de los valles, quinuas altiplánicas, quinuas de los salares, quinuas al nivel del mar y quinuas sub-tropicales; indica que la quinua es un grano alimenticio que se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de la Argentina para las condiciones de montañas de altura aunque un eco tipo que se cultiva en Chile se produce a nivel de mar. Domesticada por las culturas prehispánicas se la utiliza en la alimentación desde por lo menos unos 3000 años.

Palma (SF), indica que la Quinua es una planta autóctona de los Andes y su origen se remonta alrededor del lago Titicaca. Se tiene

vestigios de la existencia ya miles de años antes de los Incas; que indica que fue cultivada desde la época prehispánica (hace 3000 a 5000 años) en los Andes y domesticada en Bolivia, Perú y Ecuador.

Zevallos (1984), señala que el lugar de origen de la quinua no es conocido exactamente, se cree que sea Sud-América, probablemente La Hoya del Titicaca (Perú Bolivia), ya que en esta zona se puede encontrar la mayor cantidad de variedades y escapes de esta especie.

León (1964), sostiene que el centro de origen de la quinua es muy difícil de señalar. No se conoce en estado nativo, pues las plantas llamadas silvestres encontradas en el Perú y Bolivia, son más bien escapes del cultivo.

Por los hallazgos en el área de Ayacucho (Perú), UHLE citado por Tapia (1979) da una fecha incluso anterior 5000 años A.C., como el inicio de la domesticación de esta planta. Pulgar (1954), cree que tanto los chibchas de la meseta Cundy - Boyacense (Colombia) cultivaron intensamente la quinua también se ha sugerido que los antiguos habitantes de Cuyumbe (actuales ruinas de San Agustín en el Huika, Colombia), tenían relaciones con los pobladores de las sabanas de Bogotá y ayudaron a la dispersión de la quinua que compartida con otras naciones explicaría su distribución en Ecuador. En el norte del Perú el cultivo de la quinua fue común, pero en asociación con el maíz, al sur ésta alcanzó importancia tanto en el Callejón de Huaylas como en el Valle del Mantaro.

Humboldt (1942) creyó que había sido domesticada por los Chibchas, en Colombia sin embargo esta especie presenta una mayor variación y un cultivo más intenso en el altiplano peruano - boliviano la presencia de otra especie similar también domesticada en el altiplano de Perú y Bolivia. Restos arqueológicos de la quinua especialmente semillas se han encontrado en Argentina, Chile y Perú. En este último país se hallan en sitios de la costa que pertenecen al "periodo formativo" junto con otros productos provenientes de la sierra. En tiempos pre-hispánicos su cultivo se extendía por todo el dominio incaico; y aún más por el norte hasta Colombia, en ese país y en Ecuador el cultivo no alcanza la importancia que tiene en el Perú y Bolivia.

Desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, siendo la región andina y dentro de ella, las orillas del Lago Titicaca, las que muestran mayor diversidad y variación genética. La historia tiene pocas evidencias arqueológicas, lingüísticas y etnográficas, sobre la quinua, pues no se conocen muchos ritos religiosos asociados al uso del grano. Las evidencias arqueológicas del norte chileno, señalan que la quinua fue utilizada 3000 años antes de Cristo, mientras que hallazgos en la zona de Ayacucho indicarían que la domesticación de la quinua ocurrió hace 5000 años antes de Cristo. Existen también hallazgos arqueológicos de quinua en tumbas de Tarapacá, Calama, Arica y diferentes

regiones del Perú, consistentes en semillas e inflorescencias, encontrándose abundante cantidad de semillas en sepulturas indígenas de los Tiltil y Quillagua (Chile). La distribución del cultivo, se inicia con las culturas pre incas y su expansión se consolida con el imperio incaico, extendiéndose desde Pasto-Colombia hasta el río Maule en Chile y Catamarca en Argentina.

El cultivo de la quinua del área andina, se ha difundido a los demás países de Sudamérica a través de los programas de investigación y transferencia de tecnología cooperativa como PROCISUR, PROCIANDINO, JUNAC, y la FAO y de ahí a Centro América, México, Guatemala (inicialmente con fines de investigación y luego para la producción). Posteriormente ha sido difundida a los Estados Unidos y Canadá, principalmente bajo forma de cultivares del sur de Bolivia y Chile. Más recientemente, material genético del área andina ha sido intercambiado y difundido entre investigadores del área andina, y luego fuera de ella a través de los programas cooperativos entre países e instituciones de investigación.

1.2. IMPORTANCIA Y USOS

La quinua es un cultivo de alto valor nutritivo, con una calidad proteica sobresaliente y una capacidad de ser transformado en una gama de productos. Entre ellos es leche vegetal, que puede tener un potencial para el consumo por niños y adultos, directamente como leche o en productos lechosos. Se calcula que en el Perú un 48% de

los escolares sufren de desnutrición crónica, y en las zonas rurales el porcentaje alcanza un 67 % (Ministerio de Educación, 1994). Su importancia en la alimentación en los países en vías de desarrollo como Perú y Bolivia, donde existen altos índices de desnutrición infantil. La importancia de las proteínas de la quinua se debe a la calidad de las mismas (Repo-Carrasco et al., 2001).

Las proteínas de quinua tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la leche. En pruebas biológicas se ha encontrado valores mayores para la quinua que para la caseína. El aceite de quinua es alto en ácidos grasos esenciales y ácido oleico: 48% de ácido oleico, 50.7% de ácido linoleico, 0.8% de ácido linolénico y 0.4% de ácidos saturados (De Bruin, 1964). En caso de la quinua resalta el alto contenido de calcio, magnesio, hierro, cobre y zinc (Repo. Carrasco et al., 2001).

1.2.1. Valor Nutritivo

La quinua es la fuente natural de proteína vegetal económica y de alto valor nutritivo por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales. El valor calórico es mayor que otras cereales, tanto en grano y en harina alcanza a 350 Cal/100 g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. La composición de aminoácidos esenciales, le confiere un valor biológico comparable solo con la leche, el huevo y la menestra, constituyéndose por lo tanto en uno de los principales alimentos de nuestra Región.

VALOR NUTRITIVO: 100 g de producto fresco (promedio)	
Humedad	12,60%
Proteínas	12-16 %
Extracto etéreo	5,10%
Carbohidratos	59,70%
Fibras	4,10%
Cenizas	3,30%
Grasas	4-9 %
Lisina	0,88 %
Metionina	0,42%
Triptófano	0,12%
Tiamina B11	0.24 mg
Riboflavina B2	0.23 mg
Niacina	1.40 mg
Vitamina C	8,50 mg
Calcio	100 mg
Hierro	9.21 mg
Fósforo	448 mg
Calorías	370 Kcal

1.3. TAXONOMÍA

Pérez (2005), reporta que la posición taxonómica de la quinua es la siguiente:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógama
Clase	: Dicotiledónea
Subclase	: Angiospermas
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: <i>Chenopodium</i>
Sección	: <i>Chenopodia</i>
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.

NOMBRES COMUNES

La quinua recibe diferentes nombres en el área andina que varían entre localidades y de un país a otro, así como también recibe nombres fuera del área andina que varían con los diferentes idiomas (Mujica, 1996).

En Perú: Quinua, Jiura, Quiuna; en Colombia: Quinua, Suba, Supha, Uba, Luba, Ubalá, Juba, Uca; en Ecuador: Quinua, Juba, Subacguque, Ubaque, Ubate; en Bolivia: Quinua, Jupha, Jiura; en Chile: Quinua, Quingua, Dahuie; en Argentina: Quinua, quiuna.

1.4. MORFOLOGÍA DE LA QUINUA

1.4.1. Planta:

Apaza y Delgado (2005), que el tipo de crecimiento es herbáceo, porte de planta erecta, de 100 a 142 cm. de altura, su inflorescencia forma una panoja de diversos colores.

Mujica (1993), menciona que la planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los ecotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas, está clasificada como planta C3.

Huancahuari (1996), en los descriptores empleados en la

caracterización de 14 cultivares de quinua, indica que el tipo de crecimiento es herbáceo cuando alcanza hasta 1 m de altura de planta, asimismo es arbustivo cuando la planta alcanza más de 1 m.

1.4.2. Raíz:

Tapia (1979) afirma que la raíz es pivotante se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número y se originan en el pecíolo. Generalmente alcanza poca profundidad en su desarrollo.

León (2003), manifiesta que el tipo de raíz varía de acuerdo a las fases fenológicas. Alcanza longitud de 25 a 30 cm., según el ecotipo, profundidad del suelo y altura de la planta.

1.4.3. Tallo:

León (2003), indica que el tallo es de sección circular cerca de la raíz transformándose en angular a la altura donde nacen las ramas y hojas. La corteza del tallo está endurecida, mientras la médula es suave cuando las plantas son tiernas, y seca con textura esponjosa cuando maduran.

Tapia (1987), menciona que según su desarrollo de la ramificación se pueden encontrar plantas con solo tallo principal y ramas laterales muy cortas en los eco tipos del altiplano o plantas con todas las ramas de igual tamaño; en los ecotipos de valle, dándose todos los tipos intermedios, son largas y llegan hasta la altura de la panoja principal, terminando en otras panojas.

1.4.4. Hojas:

Mujica (1993), señala que las hojas de quinua, presentan un polimorfismo marcado, siendo las inferiores rómbicas, deltoides o triangulares, midiendo hasta 15 cm. de largo por 12 cm de ancho. Las hojas pueden ser dentadas, aserradas o lisas. Además del tamaño de las hojas va disminuyendo según se hace en la planta, hasta alcanzar a las hojas que sobresalen de la inflorescencia que son lineales o lanceoladas midiendo apenas 10 mm de largo por 2 mm de ancho. El color de las hojas es también variable dependiendo de la pigmentación. Ha observado que los pigmentos rojos y púrpura están constituidos por betacinina.

1.4.5. Inflorescencia:

Se denomina panícula, por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan ejes secundarios, varía según las razas. Según el tipo de panoja, Cárdenas (1969) citado por León (2003), agrupa todas las quinuas en amarantiforme, glomerulada e intermedia.

- Glomeruladas, cuando los glomérulos están insertos al raquis principal mediante ejes glomerulares presentando formas globosas.
- Amarantiforme, cuando los glomérulos están insertos directamente a lo largo del raquis principal.
- Intermedia, se caracteriza cuando los glomérulos insertos al raquis no están muy separados ni contiguos entre sí.

1.4.6. Flores:

Apaza y Delgado (2005), señalan que las flores carecen de pétalos, pueden ser hermafroditas ubicadas en la parte superior del glomérulo, pistiladas ubicadas en la parte inferior del glomérulo, andro-estériles, lo cual indica que puede tener hábito autógamo y alógamo. Así mismo ha determinado que generalmente se produce la antesis de las flores en las primeras horas de la mañana y sucesivamente del ápice a la base de una rama florifera. La primera en abrirse es la flor Terminal hermafrodita y luego las pistiladas.

León (2003), indica que generalmente se encuentra 50 glomérulos en una planta y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 granos aproximadamente.

Las flores son pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro como en todas las Quenopodiáceas. Hay un grupo intermedio como la blanca de Juli, originaria de Puno, en el cual el grado de cruzamiento depende del porcentaje de flores pistiladas.

1.4.7. Fruto:

Mujica (1993), afirma que el fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario soperio unilocular. Está constituido por el perigonio que contiene una sola semilla, la cual se desprende con cierta facilidad siendo este fruto seco e indehiscente.

León (2003), manifiesta que el color del grano está dado por el perigonio y se asocia directamente con el color de la planta, el pericarpio del fruto se encuentra pegado a la semilla y es donde se

encuentra la saponina que es un glucósido de sabor amargo; se ubica en la primera membrana.

1.4.8. Semilla:

Apaza y Delgado (2005), manifiesta que la semilla es el fruto maduro sin el perigonio, aproximadamente de 1.8 a 2 mm de diámetro. Es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal. Presenta cuatro partes bien definidas que son: pericarpio, epispermo, embrión, perisperma. El que contiene la mayor cantidad de saponina es el pericarpio el embrión se enrolla por la parte central de la semilla, es variable dependiendo de la variedad, incluso dentro de la misma panoja varia, siendo general encontrar el tamaño más grande en la parte central del glomérulo.

León (2003), menciona que tiene forma lenticelada, que se encuentra envuelta por el perisperma, el tamaño de la semilla (grano) se considera grande cuando el diámetro es mayor a 2mm. Ej. Var. Sajama, salcedo-INIA, Illpa- INIA; mediano de diámetro 1.8 a 1.9 mm. Ej. Var. Kancolla, Tahuaco, Chewecca y pequeño menos de 1.7 mm de diámetro. Ej. Choclo, Blanca de Juli.

1.5. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

Apaza y Delgado (2005), mencionan que el medio ambiente es el primer factor condicionante de la producción de todo cultivo.

Las condiciones climáticas y el suelo tienen influencias muy marcadas en la producción y productividad de la quinua. El clima está

determinado por una serie de factores tales como altitud, precipitación, temperatura, latitud, vientos, iluminación, etc. León (2003), menciona que en zonas marginales de los andes altos, la quinua se enfrenta con altos riesgos ambientales como heladas, sequías prolongadas, granizo, vientos fuertes, suelos pobres y ácidos.

1.5.1 Altitud: El cultivo de la quinua tiene un amplio y diverso rango de adaptación dependiendo de los genotipos y variedades, desarrollándose desde los 2500 a 3700msnm (Pérez, 2005).

1.5.2 Clima: La quinua por su amplia variabilidad genética se adapta a diferentes climas de los valles interandinos templados y lluviosos, por ello es necesario conocer que genotipos o variedades son recomendables para cada zona agroecológica (Pérez, 2005).

León (2003), indica que la temperatura óptima para la quinua esta alrededor de 8 - 15 °C, puede soportar hasta -4 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo más tolerante en la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano.

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

León (2003), informa que las heladas se dan por temperaturas

menores de - 4°C y causan rupturas del plasma mediante la formación de cristales de hielo en las intercelulares de la planta. A la vez indica que el cultivo de la quinua resiste sin problemas heladas hasta -5°C por 20 días, excepto en sus fases críticas, que son los primeros 60 días después de la siembra y la fase de la floración. Hay ecotipos que resisten bien a heladas hasta -8°C, y después de los daños ocurridos se recuperan a través de la producción de ramas secundarias, la quinua soporta épocas de sequía prolongada hasta 60 días, excepto en los estados fenológicos de: germinación hasta 4 hojas verdaderas, floración y madurez de estado lechoso (León, 2003).

Un exceso de humedad es dañino en las épocas de: floración (polen se convierte inviable), madurez de estado pastoso y completo (la quinua puede germinar en la panoja) y cosecha (altos costos de secado). Durante todo el ciclo del cultivo un exceso de humedad, especialmente en combinación con temperaturas elevadas, favorece al ataque de hongos (León, 2003).

Los granizos causan daños en el follaje, reduciendo la fotosíntesis y el rendimiento. Es especialmente desventajoso en el estado de madurez del grano, porque puede causar un desgrane completo. León (2003), indica que se han visto que hay variedades menos susceptibles al granizo y que se caracterizan por ser precoces, tener láminas gruesas y tener un menor ángulo de inserción de las hojas. Además, indica que cuando las lluvias vienen acompañadas de fuertes vientos, producen el volcamiento o "acame" de la quinua, lo

que incide posteriormente en la baja de los rendimientos, por la interrupción que sufre el desarrollo normal de la planta. Para lo cual recomienda evitar cultivar la quinua en los sectores excesivamente ventosos en vista de que son proclives a su rápida desecación y posteriormente, el acame de las plantas. Los vientos secos y calientes pueden adelantar la maduración del grano si se presentan después de su formación, lo cual trae como consecuencia el adelgazamiento del mismo y la pérdida de su calidad.

Respecto a la radiación León (2003), informa que la quinua soporta radiaciones extremas de las zonas altas de los andes, sin embargo estas altas radiaciones permiten compensar las horas calor necesarias para cumplir con su periodo vegetativo y productivo. Los sectores de más alta iluminación solar son los más favorables para el cultivo de la quinua, ya que ello contribuye a una mayor actividad fotosintética.

El cultivo de quinua prospera adecuadamente con 12 horas de luz por día, en el hemisferio sur, sobre todo en el altiplano Perú-Bolivia (León, 2003).

1.5.3 Suelo: La quinua se adapta muy bien a suelos francos, franco arenosos y francos arcillosos, que tengan buen drenaje y buena cantidad de materia orgánica, el cultivo puede darse en terrenos de pendiente moderada a medianamente planos, el pH puede variar entre 5.5 - 7, teniendo en consideración que existe genotipos que se pueden adaptar a suelos salinos y alcalinos (Pérez, 2005).

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

En cuanto a la precipitación: óptimo: 300 – 500 mm y máximo: 600 – 800 mm (León, 2003).

1.6. CARACTERES DE PRECOCIDAD

Los caracteres de precocidad se pueden determinar a través de la fenología que mide los diferentes estados o fases de desarrollo de la planta, mediante una apreciación visual en la que se determinan los distintos eventos de cambio o transformación fenotípica de la planta, relacionadas con la variación climática, dando rangos comprendidos entre una y otra etapa.

Según Wahli (1990), los materiales de quinua se pueden clasificar por madurez fisiológica de la siguiente manera: materiales tardíos >180 d, materiales semi-tardíos, 150 y 180 d, materiales semi-precoces, 130 y 150 d, y materiales precoces <130 d.

INEA (2006), indica que en el caso de la quinua se ha determinado que la planta atraviesa por trece fases fenológicas importantes y claramente distinguibles, ello en base a la observación de las diferentes accesiones del banco de germoplasma sembradas en

varios años y localidades, así como observación del cultivo de distintas variedades en campo de agricultores, habiendo determinado y nominado las siguientes:

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

León (2003), menciona que la emergencia depende de la humedad del suelo; si el suelo está húmedo, la semilla emerge al cuarto día o sexto día de la siembra. En esta fase la planta puede resistir a la falta de agua, siempre dependiendo del tipo de suelo; si el suelo es franco-arcilloso. Si el suelo es franco-arenoso, puede resistir aproximadamente, hasta 7 días. También la resistencia depende mucho, del tipo de siembra; si es al voleo sin hacer surco, no resistirá a la sequía; si se siembra también al voleo pero dentro del surco, podrá resistir a la sequía.

1.6.2. Hojas cotiledonales: Es cuando los cotiledones emergidos se separan y muestran dos hojas extendidas de forma lanceolada angosta, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hilera nítida, en muchos casos se puede distinguir la coloración que tendrá la futura planta sobre todo las pigmentadas de color rojo o púrpura, también en esta fase es susceptible al daño de aves, debido

a la carnosidad de sus hojas, esto ocurre de los 7 a 10 días después de la siembra.

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

1.6.4. Cuatro hojas verdaderas: Es cuando ya se observa dos pares de hojas verdaderas completamente extendidas y aún se nota la presencia de las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice de la plántula e inicio de formación de botones en las axilas del primer par de hojas; ocurre de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase ya la planta tiene buena resistencia a la sequía y al frío, porque ha extendido fuertemente sus raíces y muestra movimientos násticos nocturnos cuando hace frío. Dada la presencia de hojas tiernas, se inicia el ataque de insectos masticadores de hojas (*Epítrix* y *Diabrotica*) Pulguilla saltona y Loritos sobre todo cuando hay escasez de lluvias.

1.6.5. Seis hojas verdaderas: Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tomándose las hojas cotiledonales de color amarillento y algo flácido. Se notan ya las hojas axilares, desde el estado de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones

del ápice a la base de la plántula, esta fase ocurre de los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota con mayor claridad la protección del ápice vegetativo por las hojas más viejas especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, sequía y sobre todo al anochecer.

1.6.6. Ramificación: Se nota 8 hojas verdaderas extendidas y extensión de las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices claramente notorias en el tallo, también se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días después de siembra. En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle, así mismo, es la etapa de mayor resistencia al frío y se nota con mucha nitidez la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina e incluso de colores que caracterizan a los distintos genotipos: debido a la gran cantidad de hojas es la etapa en la que mayormente se consumen las hojas como verdura, hasta esta fase el crecimiento de la planta pareciera lento, para luego alargarse rápidamente.

1.6.7. Inicio de panojamiento: La inflorescencia se ve que va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra: así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdadera; (hojas

que dejaron de ser fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta fase ocurre el ataque de la primera generación de *Eurissacca quinoae* Povolmy "kcona-kcona". En esta fase, la parte más sensible a las heladas no es el ápice, sino por debajo de este y en caso de severas bajas de temperatura que afectan a la planta, se produce el colgado del ápice.

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

1.6.9. Inicio de floración: Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento, ocurre de los 75 a 60 días de la siembra, en esta fase, la planta es bastante sensible a la sequía y heladas, también ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética.

1.6.10. Floración o antesis: Es cuando el 50% de las flores de la inflorescencia principal (cuando existan inflorescencias secundarias) se encuentran abiertas, esto ocurre de los 90 a 100 días después de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta -2°C . Esta etapa debe observarse al medio día, ya que en

horas de la mañana y al atardecer, las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas. Así mismo la planta elimina en mayor cantidad las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente y existe abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla.

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

1.6.12. Grano pastoso: Es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurissacca quínoae* "Kcona-Kcona" causa daños considerables, así mismo el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción.

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

1.6.14. Madurez de Cosecha: Cuando los granos sobresalen del

perigonio, dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta es tal que facilita la trilla.

1.7. PRODUCTIVIDAD

1.7.1. Rendimiento: Según Bonifacio et al. (2001), el rendimiento es el resultado de los componentes de tipo genético, ambiental y la interacción genético-ambiental, donde la parte genética, que es heredable, es importante desde el punto de vista del mejoramiento.

León (2003) indica que los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800 kg/ha a 1400 Kg/ha en años buenos. Sin embargo según el material genético se puede obtener rendimientos hasta de 3000 kg /ha.

Mujica (1983), indica que el potencial de rendimiento de grano de la quinua alcanza a 11 t/ha; sin embargo, la producción más alta obtenida en condiciones óptimas de suelo, humedad, temperatura y en forma comercial está alrededor de 6 t/ha, en promedio y con adecuadas condiciones de cultivo (suelo, humedad, clima, fertilización y labores culturales oportunas), se obtiene rendimientos de 3.5 t /ha. En condiciones actuales del altiplano peruano-boliviano con minifundio, escasa precipitación pluvial, terrenos marginales, sin fertilización, la producción promedio no sobrepasa de 0.85 t/ha, mientras que en los valles interandinos es de 1.5 t/ha.

Así mismo Zevallos (1984), señala que los rendimientos van desde los 450 kg/ha hasta los 5000 kg./ha., pudiéndose conseguir promedios que van desde los 1500 a 2000 kg/ha.

Dí paz (2010), en condiciones de Canaán - INIA Ayacucho, a 2735 msnm, con 11 cultivares de quinua de grano amarillo procedente de la provincia de Huanta, La Mar y Huamanga, obtuvo rendimientos entre 2482.5 a 5213.6 kg/ha.

Fernández (1986) en la localidad de Allpachaka (Ayacucho) a 3600 msnm; con seis variedades comerciales y dos líneas de quinua, obtuvo los siguientes rendimientos:

Orden de mérito	Variedad	Rendimiento (kg/ha)
1	Allpachaka 1	2,756.30
2	Blanca de Junín	2,512.50
3	Kancolla	2,465.60
4	Cheweca	2,331.30
5	Blanca de Juli	1,906.30
6	Sajama	1,809.40
7	Allpachaka 2	1,778.10
8	Rosada de Junín	1,368.80

El mayor rendimiento de la línea Allpachaka 1, se debería por su adaptación a la zona de ensayo tal vez por su carácter genético conformado principalmente por la tolerancia mostrada al ataque de kcona-kcona y granizada; además alcanzó la mayor longitud y diámetro de panoja.

Tapia (1979), señala que los rendimientos en quinua están relacionados con el nivel de fertilidad del suelo. El rendimiento del cultivo

de quinua, variedad Blanca de Junín, varía mucho según el nivel de fertilización, pudiendo obtenerse hasta 2500 kg.ha^{-1} , con niveles de 80-40-00 de NPK (Tapia, 1979). Palomino (2006), en Canaán a 2735 msnm, obtuvo un rendimiento de $2588.8 \text{ kg.ha}^{-1}$ en un terreno abonando con 7.5 t.ha^{-1} de estiércol ovino, y cuando la dosis de estiércol aumentó a 15.0 t.ha^{-1} el rendimiento llegó a 4694 kg.ha^{-1} . Por otro lado, Oriundo (2010), en Canaán a 2750 msnm abonando el terreno con 2500 kg.ha^{-1} de guano de isla incubado en microorganismos eficientes, obtuvo un rendimiento de $4047.9 \text{ kg.ha}^{-1}$. De la Cruz (2003) a 3640 msnm con un nivel de abonamiento 150-90-60 NPK, obtuvo un rendimiento de $2570.6 \text{ kg.ha}^{-1}$.

Tapia y Fries (2007), indican con una precipitación mayor de 600 mm, la quinua responde en forma significativa a niveles de 80 a 120 kg de nitrógeno y 60 a 80 kg de fósforo. La dosis de potasio es hasta 80 kg.ha^{-1} en suelos deficientes de este elemento, lo que muy rara vez se presenta en los suelos de los andes, en el presente experimento se presentó una precipitación anual de 682.1 mm.

Apaza y Delgado (2005), señalan que el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza de 8500 a 9000 kg.ha^{-1} . Se logra cuando todos los factores de crecimiento y desarrollo se dan simultánea y constantemente en su valor óptimo en el curso de las diversas fases de desarrollo. Del mismo modo (Mujica, 1983), menciona que el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza a 11 t.ha^{-1}

INPOFOS (1997) manifiesta que "El balance nutricional es un concepto vital en la fertilidad del suelo y en la producción de los cultivos;

el N puede ser el principal nutriente limitante en la producción de los cultivos, pero en ausencia de cantidades adecuadas de otros nutrientes, puede no cumplir adecuadamente con su cometido”.

1.7.2. Variables de productividad (diámetro de panoja, longitud de panoja y longitud de tallo). Marote (2013) en el estudio de tres variedades de quinua en tres densidades de plantas bajo sistema de labranza mínima en Canaán a 2735 msnm, para la variedad Blanca de Junín, reporta diámetros de panoja de 13.8, 13.1, 16.0 y 11.8 cm para 286000, 190667, 143000 plantas por hectárea y sin raleo respectivamente, estos diámetros no tuvieron diferencia significativa y el abonamiento químico fue 80-40-20.

Para la variedad Blanca de Junín, Morote (2013) en el estudio de tres variedades de quinua en tres densidades de plantas bajo sistema de labranza mínima en Canaán a 2735 msnm, reporta longitudes de panoja de 90.2, 89.8, 88.0 y 72.8 cm para 286000, 190667, 143000 plantas por hectárea y sin raleo respectivamente, estos promedios no tuvieron diferencia significativa y el abonamiento químico fue de 80-40-20. Mejía (2012) en la variedad Blanca de Junín en Chontaca a 3500 msnm encontró un rango de 32.7 a 50.4 cm de longitud de panoja, para tratamientos testigo (sin abonamiento) y 3000 kg.ha⁻¹ de guano de isla con 60-50-40 kg.ha⁻¹ de N,P,K respectivamente. El resultado más sobresaliente con esta misma variedad se obtuvo en Canaán a 2735 msnm que alcanzó una longitud de panoja de 70.1 cm con el tratamiento

de 2.5 t.ha⁻¹ de guano de isla incubado 20 por días en microorganismos (Oriundo, 2010)

Morote (2013) en el estudio de tres variedades de quinua en tres densidades de plantas bajo sistema de labranza mínima en Canaán a 2735 msnm, reporta para la variedad Blanca de Junín, longitudes de tallo de 165.3, 157.6, 168.2 y 153.2 cm para 286000, 190667, 143000 plantas por hectárea y sin raleo respectivamente, estos diámetros no tuvieron diferencia significativa y el abonamiento químico fue de 80-40-20. Tapia y Gandarillas (1979) reportan para la variedad Blanca de Junín alturas de planta de 160 a 200 cm. Mejía (2012) encontró diferencia altamente significativa para altura de planta entre 13 tratamientos de acuerdo al Diseño 03 de Julio, con 5 niveles de guano de isla y 5 niveles de N,P,K sintético, en Chontaca a 3500 msnm; el rango fue de 135.9 y 83.5 cm, con los tratamientos de 4000 kg.ha⁻¹ de guano de isla más 60-50-40 kg.ha⁻¹ de N,P,K y el testigo (sin abonamiento), respectivamente.

1.8. ASPECTOS DE MANEJO DEL CULTIVO

1.8.1. Preparación del suelo: La preparación apropiada del suelo es trascendental para la buena germinación de la semilla, ya que el tamaño de la semilla es exigente o requiere de un mullido fino, por tanto, se justifica la siembra después de la cosecha de papa, ya que en terrenos duros no siempre se logra un mullido óptimo para la siembra de la quinua, sobre todo en suelos pesados. En cambio desde el punto de vista de conservación de la humedad del suelo, la

preparación del suelo consiste en el volteado y mullido del terreno.

1.8.2. Siembra

a) Densidad de siembra: La cantidad de semilla por hectárea en quinua es de 8 a 15 kg/ha. los mismos que se reajustan de acuerdo al tamaño de semilla, modalidades de siembra y del tipo de agroecosistema. En todo caso un distanciamiento entre plantas 0.08 a 0.10 m, que significa 15 a 20 plantas por metro lineal con tendencia a mayor producción de grano (Mujica, 1977).

b) Época de siembra: La época de siembra es uno de los factores determinantes del éxito de la producción de la quinua, aunque la época de siembra en sí misma es válida sólo en áreas con sistemas de riego establecido. Generalmente las lluvias oportunas para la siembra normal de quinua son las que ocurren en los meses de setiembre y octubre, aunque las lluvias de noviembre son tardías para muchas variedades, para las precoces como la variedad Sajama es posible lograr una buena cosecha (Canahua, 1992).

c) Modalidad de siembra: Canahua (1992), manifiesta que la siembra de la quinua se realiza generalmente en tres formas:

- **Al voleo**, es una práctica que se realiza en condiciones muy especiales; es decir, cuando la humedad del suelo es suficiente y sin problemas de inundación.
- **En hilera**, es una labor generalizada en toda la cuenca, cuando se cuenta con fracción animal o de un tractor agrícola para aperturas hileras (surcos) a una distancia de 30 a 50 cm.

- **En surco**, es la tercera forma de la siembra de quinua, pero es muy similar al anterior, con la diferencia de que los surcos son más anchos y oscilan alrededor de 70 cm. La ventaja de estos surcos es que se logra mejor aireación del suelo en épocas de estiaje, muy común en los primeros estados fenológicos de la planta para evitar el desecamiento, como también en suelos con problemas de drenaje o de anegamiento.
- **En melgas**, es una forma de siembra intermedia entre el voleo y en surcos, se practica en terrenos con deficiencia en sistema de drenaje o con problemas de inundación, siendo que la quinua es muy susceptible a menor grado de incremento de la humedad del suelo superior al requerimiento del cultivo.

1.8.3. Abonamiento: La incorporación de materia orgánica en forma de estiércol es vital para la germinación de la semilla, a pesar de que la quinua es una planta halófila, necesita abundantes cantidades de materia orgánica, nitrógeno y compuestos calcáreos (Blanco 1970); aunque, en la práctica en las comunidades campesinas no se acostumbra la aplicación de ningún tipo de abono, más bien está sometido al abonamiento y fertilización residual de la campaña anterior que generalmente es el cultivo de papa. Sin embargo, responde positivamente al abonamiento nitrogenado y del fósforo; aunque la cantidad de cada elemento depende del tipo de abono aplicado en el cultivo de la campaña anterior, pero responde en forma creciente con la producción de grano a la dosis 80 - 80 kg/ha⁻¹ de nitrógeno y fósforo

respectivamente (Mujica, 1977).

1.8.4. Deshierbo: En los primeros estados fenológicas los campos de cultivo de quinua son invadidos rápidamente por las malezas Chiriro (*Bidens pilosa*), Cebadilla (*Bromus unioloides*), Mostaza (*Brassicacampestris*), Bolsa de pastor (*Capselabursapstoris*); posteriormente aparecen, el Trébol Carretilla (*Medicago hispida*), Alfelerillo (*Erodiumcicutarum*), Kora (*Teresa capitata*) y otros con menor frecuencia.

Mientras más temprano se efectúe la labor de deshierbo será más provechoso para reducir a un nivel mínimo la competencia por sustancias nutritivas y agua; siendo recomendable realizar la misma hasta antes del inicio de panojamiento (Mujica, 1977).

1.8.5. Depuración: Esta labor consiste en eliminar plantas de quinua que no reúnen características varietales del cultivo que comprende generalmente: a) plantas enfermas y débiles de la misma variedad, b) plantas de quinua cultivadas ajenas a la variedad y c) quinuas silvestres (Ajaras). En el cultivo de quinua, por su naturaleza reproductiva, es muy difícil conservar la pureza varietal en forma natural, siempre se producirá cruzamientos espontáneos con una frecuencia muy considerable; por este comportamiento los campos de cultivo de quinua se presentarán las siguientes condiciones varietales: múltineas o compuestos y variedades casi uniformes. Afortunadamente, en poblaciones de quinua en estados fenológicos tempranos, la pigmentación en las hojas y tallo son los mejores

indicadores para eliminar plantas fuera de tipo, aunque en algunos caracteres como en el tipo de inflorescencia tendrá que esperarse hasta la definición de la panoja y cosecha para otros caracteres.

Mujica (1977), indica que la depuración debe realizarse hasta antes del inicio de floración; con el fin de reducir mezcla en la semilla y la aparición de nuevos genotipos en la siguiente generación.

1.8.6. Raleo: El raleo es una operación complementaria a la depuración, consiste en la eliminación de plantas para ajustar el número de plantas por área y por surco (densidad de población). La eliminación de las plantas son de la variedad que se cultiva para lograr en todo caso un distanciamiento entre plantas 0.08 a 0.10 m, que significa 15 a 20 plantas por metro lineal con tendencia a mayor producción de grano (Mujica, 1977).

1.8.7. Aporque: Es preferible efectuar el aporque antes del estado fenológico de panojamiento, muchas veces simultáneamente con el deshierbo, debido a un desbalance con la carga potencial de la parte aérea de la planta, en particular con la de panoja que va adquiriendo mayor peso a medida que alcanza la madurez fisiológica; elevando de esta manera la tasa de caída de las plantas (tumbado) (Mujica, 1977).

1.8.8. Cosecha: La cosecha al igual que la siembra depende de las condiciones climáticas de cada zona; si la lluvia se retrasa también se posterga el inicio de la cosecha, sobre todo de la siega, caso contrario las temporadas secas aceleran la maduración del grano y se hace urgente la cosecha de la quinua, cuando la coloración de la planta

cambia totalmente de verde a tonalidades de amarillo, anaranjado, rojo, púrpura, según la variedad.

Apaza y Delgado (2005), menciona que la decisión de cuando iniciar la cosecha está determinado principalmente por la humedad del grano, cuando estos alcanzan una humedad de 18-22 %, se produce la madurez fisiológica. En este estado de los granos la planta empieza a secarse, produciéndose una rápida pérdida de humedad, cuando llega a 14% de humedad, la planta está completamente amarilla se considera como madurez de cosecha.

La época de cosecha es crucial, porque con el retraso se puede perder la producción como consecuencia de la presencia de granizo, que es muy frecuente durante la maduración del grano.

1.8.9. Plagas y enfermedades: Cossio (2005), indica que el cultivo de la quinua es afectado por una amplia gama de insectos durante su período vegetativo. Apaza y Delgado (2005), indican que el cultivo de quinua presenta problemas fitosanitarios provocados tanto por plagas de insectos pájaros, nematodos y roedores, como por enfermedades producidas por hongos, bacterias y virus, que ocasionan pérdidas directas e indirectas.

Plagas

a) **Kona kona.** La plaga más importante de la quinua es la *Eurissacca melanocampta*, conocido como "pegador de hojas" "qhona qhona". Tapia (1979), menciona que las variaciones de quinuas dulces a blancas son relativamente las preferidas de esta plaga.

El ataque de estos insectos es más intenso en las épocas de sequía y "veranillos". Las larvas de la primera generación (noviembre-diciembre) minan y destruyen las hojas e inflorescencias en formación, pegan las hojas tiernas, enrollándolas y alimentándose en el interior del parénquima. En ataques severos, las plantas aparecen arrolladas y en pocos días se puede destruir el cultivo. Mujica (1998), afirma que puede destruir por completo la producción de granos, debido a su frecuencia e intensidad de sus daños.

b) Complejo ticona. TAPIA et al (1979), indican que las Ticonas o Ticuchis: *Feltia experta* Walk y *Spodoptera* sp.; Gusano de tierra o gusanos cortadores: *Copitarsia turbata* y *Agrostis ypsilon*; todos Lepidópteros-Noctuidae. Son insectos que se alimentan cortando plantas recién germinadas o destruyendo panojas y hojas apicales en formación.

c) *Epicauta latitarsis* (escarabajo negro). Pérez (2005), indica que es una plaga que puede causar daño en muy corto tiempo. Atacan a las hojas e inflorescencia tiernas y producen la esquelatización de las plantas. Se presentan en épocas de sequía y pueden destruir campos íntegramente.

d) *Astillus* sp. (escarabajo de las panojas). Pérez (2005), es una plaga polífaga que se encuentra en la mayoría de las plantas en floración, son escarabajos pequeños de color marrón con franjas longitudinales en los Mitos de color naranja a marrón claro, el daño lo ocasiona el adulto comiendo los estambres y sacos polínicos perjudica.

Enfermedades

La quinua está expuesta a una serie de enfermedades que afectan principalmente al follaje, tallo y panoja.

Mujica (1998) afirma que la enfermedad más importante y generalizada del cultivo de quinua es el "mildiu" (*Peronospora sp.*), que produce una defoliación considerable, que se presenta incluso en condiciones extremas de temperatura, humedad ambiental y precipitación aunque las condiciones ambientales de mayor humedad favorecen el desarrollo del hongo, una vez iniciada la infección por el inóculo si las condiciones ambientales son favorables, continua produciéndose abundantes conidios dando lugar a reinfecciones sucesivas en los mismo campos.

Salis (1985), señala que las enfermedades de menor importancia son la podredumbre marrón del tallo, la mancha ojival del tallo y la mancha bacteriana. Las enfermedades vinosas influyen en la calidad del grano a obtenerse no solo en tamaño y vigor de la semilla si no que muchas veces causa producción de granos vanos de color amarillento y deforme, trayendo como consecuencia desvalorización del producto y fuertes pérdidas económicas en caso de ataques severos.

1.9. DINÁMICA DE LOS NUTRIENTES EN EL SUELO

1.9.1. Nitrógeno

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que la

disponibilidad de este elemento es de gran importancia para las plantas, las que absorben nitrato y amonio que utilizan en la síntesis de las proteínas y de otros compuestos orgánicos vegetales. A través de los procesos microbianos de fijación del N, se produce un enriquecimiento en el suelo.

Aproximadamente el 98% del N total de la tierra, se presenta en la litósfera (suelos, rocas, sedimentos, materiales fósiles). El resto del N se encuentra casi en su totalidad en el aire, del que constituye el 78%, presentándose en forma molecular (N_2). En las aguas de la hidrósfera el nitrógeno aparece en forma molecular (N_2) e inorgánico como NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ , y en forma orgánica, en partículas de materia orgánica.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el nitrógeno tiene vital importancia para la nutrición de la planta y su suministro puede ser controlado por el hombre. Este elemento, para ser absorbido por la mayoría de las plantas, excepto leguminosas, debe estar en forma diferente que la del nitrógeno elemental. Las formas más comúnmente asimiladas por las plantas son los iones de (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+). La urea (NH_2CONH_2) también puede ser absorbida por la plantas. Plaster (1997), manifiesta que el nitrógeno, más que cualquier otro elemento, facilita el crecimiento rápido y el color verde oscuro. Las plantas necesitan mucha cantidad de nitrógeno porque forma parte de muchos compuestos importantes, incluyendo la proteína y la clorofila.

Buckman y Brady (1993), mencionan que la cantidad de

nitrógeno en el suelo es pequeña, mientras que la consumida anualmente por los cultivos es comparativamente grande. A veces, el nitrógeno del suelo es demasiado soluble y así desaparece por drenaje; a veces se volatiliza; otras es definitivamente inasimilable por la plantas superiores.

a. Fijación de nitrógeno.

Tisdale y Nelson (1985), indican que la fuente final del nitrógeno utilizado por las plantas es el gas inerte (N_2), que constituye aproximadamente el 78% de la atmósfera terrestre. Sin embargo, en esta forma elemental, no es utilizado por las plantas superiores. Los caminos principales por los que el nitrógeno es convertido a formas utilizables por las plantas superiores son los siguientes. (1) Fijación de nitrógeno por rhizobia y otras bacterias simbióticas; (2) fijación de nitrógenos por los microorganismos que viven libremente en el suelo; (3) fijación atmosférica a través de descargas eléctricas; (4) fijación industrial del nitrógeno.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que las principales formas asimilables de N para la planta son la nítrica y la amoniacal. Sin embargo, éstas representan sólo una pequeña fracción del N en la naturaleza y serían insuficientes para satisfacer las necesidades de la vegetación que cubre la corteza terrestre. La mayor cantidad de N se encuentra en la atmósfera, donde constituye aproximadamente el 80% del volumen total. Este contenido atmosférico se aprovecha, a través

de los procesos microbianos de la fijación y de las descargas de N en la precipitación pluvial, cubriéndose casi las necesidades de las plantas.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que se reconocen cuatro vías de adquisición en los suelos cultivables: (1) fijación del nitrógeno por las bacterias de las leguminosas; (2) fijación libre o nitrificación; (3) adiciones en el agua de lluvia y nieve, y (4) aplicación del nitrógeno en fertilizantes, estiércol y plantas verdes.

A continuación estudiaremos ordenadamente.

a.1 Fijación simbiótica del Nitrógeno.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que las cantidades de nitrógeno fijado por la Rhizobia difieren con la cepa Rizobial, la planta huésped, y las condiciones ambientales bajo las que ambas se desenvuelven, aunque no es de gran interés para la agricultura según es practicada en la mayoría de los avanzados, la fijación del nitrógeno por los árboles leguminosos es importante para la ecología de los bosques tropicales y subtropicales

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que los microorganismos simbióticos contribuyen con la mayor proporción en la fijación de N. Entre ellos, las diferentes razas del *Rhizobium leguminosarum* (*Bacterium radicola*) son las más importantes; se desarrollan en simbiosis con las plantas de las subfamilias Papilionoideae.

a.2 Microorganismos que viven libremente en el suelo.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la fijación del nitrógeno en los terrenos se realiza también en cierto modo por algunos organismos que viven libremente, los cuales incluyen a numerosas especies de las algas azul-verdosas y ciertas bacterias que viven libremente. Los más importantes son los *Rhodospirillum*, que son fotosintéticos, *Clostridium*, que es una saprofita anaerobio, y los saprofitas aerobios, *Azotobacter* y *Beijerinckia*.

Fassbender y Bornemisza (1987), consideran que algunos otros microorganismos libres, asimbióticos, están capacitados para la fijación de N. Son heterótrofos con respecto al carbono: necesitan para su desarrollo azúcares, celulosa o almidones, los que encuentran en el suelo, producidos, muchas veces, por otros microorganismos. La cantidad de N fijada por los microorganismos no simbióticos, no son tan altas como la fijada simbióticamente.

a.3 Fijación atmosférica a través de descargas eléctricas.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que los compuestos nitrogenados se hallan en la atmósfera y vuelven a la tierra cuando llueve. EL nitrógeno está en forma de amoníaco, NO_3^- , NO_2^- , y óxido nitroso, y combinaciones orgánicas. Todas estas distintas formas de nitrógeno atmosférico están siendo continuamente devueltas al suelo por la lluvia. La cantidad total de nitrógeno fijado llevado de esta forma al terreno ha sido estimada y varia del orden de entre 1 a 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ anualmente, dependiendo del lugar.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que la fijación del nitrógeno por las descargas eléctricas, están en función de las descargas eléctricas y tormentas en la atmósfera, con la cual el N molecular (N_2) se oxida a (NO^+) y en las nubes reacciona hasta ácido nítrico (NO_3^-). Con las lluvias se produce así una transferencia de N; las cantidades dependen de la intensidad de las descargas, de la cantidad de lluvia y de la contaminación del aire

Plaster (1997), señala que las cantidades que se precipitan son variables, fluctuando normalmente según la estación y localidad. Se sabe que las adiciones son mayores en los trópicos que en las regiones templado - húmedas y mayores en éstas que en los climas semiáridos

a.4 Fijación industrial del nitrógeno.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que desde el punto de vista de la agricultura comercial, tal como se practica en los Estados Unidos, Europa y otros países desarrollados, la fijación industrial del nitrógeno es la fuente más importante de este elemento como nutriente de las plantas.

b. Formas de nitrógeno en los suelos

Tisdale y Nelson (1985), lo clasifican en nitrógeno inorgánico y orgánico.

b.1 Compuestos nitrogenados inorgánicos.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que las formas inorgánicas

del nitrógeno del suelo incluyen NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , N_2O , NO . Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, las formas NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- son de mayor importancia; el óxido nitroso y el óxido nítrico también son importantes en un cambio negativo.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que en las formas inorgánicas el nitrógeno se presenta como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), dióxido (NO_2) y amoníaco (NH_3), en cantidades mínimas casi no detectables; además, como el amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-). Por lo general, estas formas inorgánicas constituyen solo hasta el 2% del N total del suelo.

b.2 Compuestos nitrogenados orgánicos.

Tisdale y Nelson (1985), afirman que las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidados, aminoácidos libres, amino azúcares, y otros complejos, generalmente compuestos no identificados. Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que el nitrógeno orgánico representa entre el 85 y 95% del nitrógeno total. Los compuestos nitrogenados que se acumulan en los suelos en forma de restos de animales y vegetales, tienen en su mayoría naturaleza proteica.

c. Dinámica del nitrógeno

Transformaciones del nitrógeno en los suelos

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que las plantas absorben la mayor parte de su nitrógeno en forma de NH_4^+ y de NO_3^- . Las cantidades de estos iones que pueden utilizarse por las raíces de las

plantas agrícolas dependen en gran parte de las cantidades suministradas como fertilizantes nitrogenados comerciales y liberadas de las reservas de nitrógeno del terreno contenidas en compuestos orgánicos. La mineralización del nitrógeno es simplemente la conversión de nitrógeno orgánico a la forma mineral (NH_4^+ , NO_3^- y NO_2^-). La inmovilización del nitrógeno es la conversión del nitrógeno inorgánico o mineral a la forma orgánica.

d. Equilibrio del nitrógeno orgánico mineral en el suelo

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la materia orgánica en sentido amplio se agrupa en dos categorías. La primera es un material relativamente estable denominado humus, que es algo resistente a una rápida descomposición. La segunda incluye aquellos materiales orgánicos que se hallan sujetos a una descomposición francamente rápida, materiales que van desde residuos frescos de las cosechas a aquellos que por una cadena de reacciones de descomposición se aproximan a un cierto grado de estabilidad.

El nitrógeno es necesario en alguna forma para la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos heterótrofos del terreno. Si el material orgánico que se descompone tiene una cantidad de nitrógeno pequeña en relación al carbono presente (paja de trigo, tallos de cereales maduros), los microorganismos utilizan algún NH_4^+ , o NO_3^- , presente en el terreno. Este nitrógeno es necesario para permitir un rápido crecimiento de la población microbiana que acompaña a la adición al terreno de una

gran proporción de material carbonado.

La proporción del porcentaje de carbono respecto al nitrógeno se denomina la relación carbono: nitrógeno, o simplemente relación C:N, lo que define las cantidades relativas de estos dos elementos minerales los materiales orgánicos recientes, humus.

La relación C:N de la materia orgánica estable del suelo es de aproximadamente 10:1.

Como regla general, cuando los materiales orgánicos con una relación C: N mayor de 30 se añaden a los terrenos, hay una inmovilización del nitrógeno del terreno durante el proceso de descomposición inicial.

e. Mineralización de los compuestos nitrogenados.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la mineralización de los compuestos nitrogenados orgánicos se produce etapa por etapa en tres reacciones esenciales: aminización, amonificación y nitrificación.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que la mineralización del nitrógeno en los suelos se realiza por tres procesos: aminificación, amonificación y nitrificación.

❖ **Aminización:** Tisdale y Nelson (1985), mencionan que la descomposición de los materiales nitrogenados es la descomposición hidrolítica de las proteínas, y la liberación de aminas y de aminoácidos.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que las proteínas y compuestos semejantes, que constituyen en gran parte la materia

nitrogenada comúnmente añadida al suelo, son de poco valor para las plantas superiores. Pueden, sin embargo, ser fácilmente utilizadas por los organismos heterogéneos, del suelo, tanto vegetal como animal. Como resultado de la digestión enzimática realizada por los organismos, tales compuestos se degradan fácilmente en compuestos aminados, como proteasas, peptonas y, finalmente, aminoácidos.

❖ **Amonificación.** Tisdale y Nelson (1985), afirman que las aminas y los aminoácidos así liberados son utilizados posteriormente por otros grupos de organismos heterótrofos con la liberación de compuestos amoniacales.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que los mismos organismos, en general, que facilitan la aminización también promueven la amonificación. Al hacerlo así producen varias fuentes de energía y se apropian del nitrógeno vecino. La amonificación parece progresar en suelos bien aireados y drenados con muchos cationes alcalinos presentes.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que a través de la amonificación, las macromoléculas de las proteínas, los ácidos nucleicos y otros, en primer lugar, son despolimerizados por la acción de las enzimas proteolíticas, en peptonas y polipeptidos; estos últimos, a su tiempo, se descomponen en aminoácidos.

❖ **Nitrificación.** Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que algo de NH_4^+ liberado en el proceso de amonificación es convertido a

nitrate. Esta oxidación biológica del amoníaco a nitrato se conoce como nitrificación.

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que el amonio resultante de la mineralización de N orgánico y/o aplicado al suelo en forma de fertilizantes, es oxidado en el suelo, pasando primero a formas nitrosas y después a las formas nítricas. Al conjunto de estos procesos se le llama nitrificación.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que los factores que afectan la nitrificación en el suelo son: (1) el suministro del ion amonio, (2) la población de organismos nitrificante, (3) la reacción del suelo, (4) la aireación del suelo, (5) la humedad del suelo, y (6) la temperatura.

f. Retención de nitrógeno iónico en el suelo.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que la naturaleza del NH_4^+ permite su adsorción y retención por el material coloidal del suelo. De esta manera no está sujeto a eliminación por filtración de las aguas como en forma de nitrato. El nitrógeno en forma de amonio puede ser retenido en el suelo durante largos periodos de tiempo si las condiciones para la nitrificación son desfavorables

Una vez que el amoníaco es nitrificado queda sujeto a filtración, porque el anión nitrato no es retenido por las arcillas. El nitrógeno como nitrato es completamente móvil en los terrenos y se transporta sin límite, ampliamente, con el agua del terreno. Igualmente manifiesta que el nitrógeno en forma de amonio como el nitrógeno en forma de

nitrato pueden ser inmovilizados por la microflora del suelo.

g. Fijación de amonio.

Tisdale y Nelson (1985), dicen que una de las posibles suertes del nitrógeno NH_4^+ en los terrenos es su fijación por las arcillas tipo 2:1 (montmorillonita, illita, y vermiculita). La fijación de NH_4^+ es similar a la de la fijación del K^+ .

h. Funciones de nitrógeno en la planta

Zavaleta (1992), menciona que el N participa en el protoplasma celular, constituye proteínas, clorofila, nucleótidos, alcaloide, enzimas, hormonas, vitaminas; da el color verde, fomenta el desarrollo vegetativo y la succulencia. Devlin (1970), a su vez, manifiesta que el papel más importante del N en las plantas es su participación en la estructura de la molécula proteica. Además, el nitrógeno se encuentra en moléculas tan importantes como las purinas, pirimidinas, porfirinas y coenzimas. Las purinas o las pirimidinas se encuentran en los ácidos nucleicos, ARN y ADN, esenciales para la síntesis de las proteínas.

i. Deficiencia de nitrógeno.

Plaster (1997), dice que la deficiencia del nitrógeno en todas las plantas permite un crecimiento lento y la falta de crecimiento son las señales más obvias de una escasez de nitrógeno.

Devlin (1970), dice que el síntoma de la deficiencia en N más fácilmente apreciable es el amarillamiento de las hojas, debido a una disminución del contenido de la clorofila. En general, este síntoma empieza a notarse en las hojas más maduras, y aparece en último

lugar en las hojas superiores sometidas a un crecimiento más activo. Esta aparición de los síntomas de deficiencia en N en las hojas más jóvenes se debe a la elevada movilidad del N en la planta. Las hojas jóvenes retienen su N y, por si fuera poco, absorben N procedente de las hojas más viejas.

1.9.2. El fósforo:

Buckman (1985), menciona que exceptuando al N, ningún elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas, como el P.

Fassbender (1984), señala que el fósforo es relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser lixiviados y volatilizados. Esta estabilidad se debe a su baja solubilidad, que a veces causa deficiencias de disponibilidad para las plantas. Los fosfatos se originan del mineral "Apatita", que está constituido 90% de fosfato tricálcico, conteniendo F y Ca en forma de sal doble, cierta cantidad de ácido sílico y en ciertas ocasiones Fe y Mn. Los cristales de apatita se encuentran en la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas, que al meteorizarse, la apatita y su fosfato componente se incorporan al suelo.

La FAO (2007), menciona que el Fósforo es un macronutriente esencial para las plantas. Es absorbido por las raíces principalmente como H_2PO_4^- y en menor grado como HPO_4^{2-} . El contenido en la materia seca de las plantas es 0.1-0.4%. Se menciona en el mercado de los fertilizantes como P_2O_5 (pentóxido de fósforo). El fósforo en las plantas está involucrado en la transferencia de energía, división

celular, desarrollo de tejido y en el crecimiento. Es un constituyente del ADN, ARN, así como de las moléculas portadoras de energía ADP, ATP, etc. Juega un papel importante en la promoción del crecimiento de la raíz, desarrollo del grano y la sincronización de la maduración. Después del N, es el nutriente más importante. La condición asociada con el nivel insuficiente de P en el sistema suelo - planta, se refiere como deficiencia de P, retarda el crecimiento del cultivo, desarrollo de las raíces y demora la maduración. Los síntomas de deficiencia comienzan a aparecer en las hojas más viejas. Se desarrolla un color verde-azuloso a rojizo que puede conducir a tintes bronceados y color rojo. La deficiencia de fósforo en los suelos alcalinos neutros se indica por menos de 10 kg P. ha⁻¹., en la capa arable, mediante la extracción con bicarbonato de sodio (Olsen).

a. El fósforo en el suelo.

Black (1975), indica que el fósforo en el suelo se encuentra casi exclusivamente como ortofosfato, derivándose todos los compuestos de ácido fosfórico. Puede clasificarse como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza en el que se halla.

La fracción inorgánica puede clasificarse por su naturaleza física, mineralógica o química y/o por combinación de ellas en formas cristalizadas con el Fe, Al, F, y Ca; así como fosfatos amorfos y ocluidos.

Tisdale y Nelson (1985), indican que la fracción orgánica se halla en el humus, de acuerdo a su estructura química, forma fosfatos

orgánicos, como: Fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfatos metabólicos, fosfatos de inositol y ácidos nucleicos.

Fassbender (1984), menciona que factores como la temperatura, precipitación, grado de desarrollo de los suelos, acidez, actividad biológica; determinan la participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo.

b. El fósforo en la solución del suelo.

Domínguez (1989) y Estrada (1986), mencionan que el fósforo en la solución del suelo se encuentran en cantidades muy pequeñas, de 0.03 a 0.30 ppm, siendo las formas importantes: los fosfatos mono y dibásico y en menor importancia los ortofosfitos; de modo que en los suelos pobres deben renovarse para cubrir las necesidades de las plantas.

Thompson (1974), menciona que la concentración de iones fosfato en la solución suelo están relacionados con el pH del medio. Entre 2 y 7, predominan los iones H_2PO_4^- y entre 7 a 12, iones $\text{H}_2\text{PO}_4^{=}$. La concentración del fosfato monobásico es máxima a pH 4 y mínimo a pH de 9, lo contrario ocurre con el fosfato bibásico. Los dos iones se encuentran en equilibrio a un pH de 7.2.

Entre el pH 5.5 a 6.0, la solución acuosa del suelo contiene la máxima concentración de fosfato monobásico; estando en equilibrio con los fosfatos de Fe, Al y Ca.

184963

c. El fósforo en la planta.

c.1 Absorción del ácido fosfórico.

Domínguez (1989), afirma que las plantas absorben elementos nutritivos por contacto directo de las raíces con las partículas sólidas del suelo, pequeñas cantidades de fósforo; pero lo hacen mayormente por difusión de la solución del suelo en forma de ión ortofosfato monobásico y en menor cantidad como ión ortofosfato bibásico. También pueden absorber moléculas de iones fosfato orgánico.

Black (1975), señala que la absorción de iones ortofosfato, están influenciados por otros aniones minerales; disminuye cuando aumenta en la solución suelo las concentraciones de los iones NO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$, aumenta en presencia del catión NH_4^+ .

c.2 Distribución del ácido fosfórico en la planta.

Russell (1968), menciona que el ácido fosfórico es un componente esencial de las plantas, se encuentra combinado con otras sustancias o con cuerpos simples, formando fosfatos minerales o en la mayoría de los casos son sustancias complejas, que forman combinaciones orgánicas (Lecitinas, fitinas, ácido nucleico, Fosfolípidos y metabolitos fosforilados). El ácido fosfórico abunda en los órganos jóvenes de las plantas, se almacena en las semillas en forma de sustancias de reserva. Las plantas lo absorben sobre todo durante el período de crecimiento activo y al final de la vegetación, se aprecia el traslado del ácido fosfórico hacia los órganos de reserva de la planta.

Domínguez (1989), señala que entre los compuestos frecuentes destaca el Di y trifosfato de adenosina (ADP, ATP), dinucleótido de adenina, nicotinamida.

c.3 Rol del fósforo en la planta.

Tisdale y Nelson (1985), afirman que los compuestos citados anteriormente y otros orgánicos fosforados, son los responsables de la mayoría de los cambios de energía en los procesos de vida aeróbicos y anaeróbicos. Estos compuestos fosfóricos son esenciales para la fotosíntesis, la interconversión de carbohidratos y compuestos afines: glicólisis, metabolismo del azufre oxidaciones biológicas y otros procesos. El fósforo es un elemento esencial y constituyente de los procesos de transferencia de energía tan vitales para la vida y en crecimiento de las plantas. El fósforo en la planta, constituye e interviene favorablemente en las siguientes funciones:

- División celular y crecimiento.
- Floración, fructificación y formación de la semilla.
- Desarrollo radicular.
- Mejora la calidad de las cosechas.
- En las leguminosas favorece el desarrollo de los nódulos.
- Incrementa el peso y el tamaño de los cultivos que se explota por sus raíces y tubérculos.
- Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes.
- Confiere a las plantas precocidad al acelerar la floración y fructificación.

Raymond (1984), indica que la función del fósforo, principalmente estimula la formación y el crecimiento temprano de las raíces.

c.4 Síntomas de deficiencia de fósforo.

Devlin (1970), señala que la deficiencia en fósforo, puede provocar en las plantas, la caída prematura de las hojas, aparición de pigmentación roja o púrpura. Presencia de zonas necróticas sobre las hojas, pecíolos, frutos; con un aspecto achaparrado y débil de las plantas.

Devlin (1970), Black (1975), Tisdale y Nelson (1985), expresan, que la deficiencia en fósforo en los cultivos, muestran los siguientes síntomas:

- Lento crecimiento y desarrollo de la planta.
- Poco desarrollo del xilema y floema.
- Escasa floración y fructificación.
- Retraso en la maduración de las cosechas.
- Las hojas, muestran una coloración verde oscura con matices rojizos (antocianina).
- Menor peso y tamaño de las plantas.
- Tallos pequeños, delgados y débiles.
- Los granos pequeños no germinan.
- Bajo rendimiento en grano, frutos y semillas.

1.9.3. Potasio.

Plaster (1997), dice que el potasio es un nutriente clave para la planta. Las plantas consumen más potasio que cualquier otro

nutriente, exceptuando el nitrógeno. El potasio se disuelve en los fluidos de la planta, cubriendo diversas funciones reguladoras.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que el potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral exceptuando el nitrógeno y quizás el calcio. Grandes depósitos en forma de sales de cloruro y sulfatos se hallan en grandes depósitos de varios centenares y algunas veces varios miles de pies debajo de la superficie de la tierra.

Buckman y Brady (1993), mencionan que las razones por las cuales no se ha observado una vasta deficiencia de este elemento hasta muy recientemente son, por lo menos, dos. En primer lugar, la cantidad de potasio originariamente en reserva era muy grande en la mayor parte de los suelos, lo que permitió muchos años de cosecha hasta que apareciera la verdadera falta de él. En segundo lugar, aun cuando el potasio, en ciertos terrenos, pudiera haber sido insuficiente para que las cosechas obtuvieran un rendimiento óptimo, la producción estaba primordialmente afectada por falta de N y P, falta que ocasionó una limitación drástica.

Fassbender y Bornemisza (1987), manifiestan que en la corteza terrestre el potasio contiene aproximadamente 2.5% de K, así el potasio ocupa el octavo lugar de abundancia de elementos químicos en la corteza terrestre. Igualmente manifiesta que el contenido de potasio en los minerales que constituye las rocas y, desde luego, los suelos, es igualmente variable.

a. Formas de potasio en los suelos.

Buckman y Brady (1993), clasifican al potasio en función de su aprovechamiento en tres grupos generales: (1) rápidamente asimilable; (2) lentamente asimilable y (3) no aprovechable.

Fassbender y Bornemisza (1987), clasifican al potasio de la siguiente manera; (1) potasio estructural; (2) potasio en los minerales secundarios; (3) potasio adsorbido; (4) potasio intercambiable y, (5) potasio en la solución del suelo.

Tisdale y Nelson (1985), afirman que el potasio en muchos suelos, de la cantidad total de potasio en el suelo, tan solo una fracción puede ser utilizada inmediatamente por las plantas. Igualmente lo clasifica en tres formas: (1) el potasio fijado, (2) el potasio lentamente disponible, y (3) fácilmente disponible.

a.1 Potasio fácilmente disponible.

Tisdale y Nelson (1985), manifiestan que el potasio se halla en la solución del suelo y en el complejo de intercambio y es fácilmente absorbido por la planta, esta forma de potasio se encuentra de 1-2 % en la solución del suelo.

Buckman y Brady (1993), afirman que el potasio prontamente asimilable constituye aproximadamente solo el 1-2% de la cantidad total de este elemento en un suelo mineral medio. Aparece en los suelos bajo dos formas: (1) potasio en las soluciones del suelo, y (2) potasio intercambiable adsorbido en las superficies coloidales del suelo. Aunque la mayor parte de este potasio asimilable (90%) está en

forma intercambiable, la solución de potasio en el suelo es algo más fácilmente absorbida por las plantas superiores y, por supuesto, sujeta a considerables pérdida por drenaje.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que el K que contiene la solución del suelo, donde se produce la absorción por la planta, es una fracción muy pequeña del K total. El K en la solución del suelo es directamente disponible por la planta, y en condiciones específicas puede ser percolador, lo que, a veces genera una pérdida de potasio en el suelo. El K intercambiable se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo (arcilla, materia orgánica e hidróxidos) está en equilibrio con el K de la solución del suelo. Cuando las plantas absorben el K, su reposición en la solución del suelo se produce a partir del K cambiante.

a.2 El potasio lentamente disponible.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el K es tomado gradualmente por las plantas a través de reacciones de minerales tales como la illita, que aparecen alternativamente para eliminarlo o fijarlo, dependiendo de diversos factores. Uno es la concentración de potasio disponible en la solución del suelo en la forma cambiante, también manifiesta que el potasio fácilmente disponible se encuentra del 1-10%

Buckman y Brady (1993), manifiestan que bajo determinadas condiciones de suelo, el K de ciertos fertilizante, tales como el cloruro potásico, no solo es absorbido, como antes se dijo, sino que también

puede ser "fijado", por ciertos coloides del suelo. En esta forma el K no puede ser reemplazado por los métodos ordinarios de cambio y, en consecuencia, se considera como K no cambiante. Además ya que el K fijado es reconvertido lentamente a formas asimilables, de ningún modo queda totalmente perdido para las plantas que se desarrollan.

a.3 Potasio no aprovechable.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que la mayor parte (del 90 al 98%) del K total de un suelo está casi siempre en formas no aprovechables. Los compuestos conteniendo gran cantidad en esta forma de potasio son los feldespatos y las micas

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el potasio no disponible se halla en minerales primarios tales con mica y feldespatos y en ciertos minerales secundarios que atrapan potasio en su estructura.

b. Fijación de potasio.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que la fijación de potasio, o la acumulación de este elemento en el espacio intercelular de las arcillas, es un fenómeno de gran importancia dentro de su dinámica. Este proceso ocurre debido a características específicas de los minerales arcillosos del grupo 2:1, como las illitas, montmorillonita y vermiculitas, en virtud de características específicas de los iones K^+ y NH_4^+ . El K^+ y el NH_4^+ fijados son accesibles a la planta solamente cuando faltan otras formas disponibles de K del suelo.

c. Pérdidas de potasio en los suelos.

c.1 Pérdida por filtración

Buckman y Brady (1993), señalan que al contrario de lo que se produce con el N y P gran cantidad de K se pierde por lixiviación. En casos extremos, la magnitud de esta pérdida puede llegar casi a la de la potasa absorbida por el cultivo.

c.2 Pérdidas por erosión.

Fassbender y Bornemisza (1987), mencionan que la importancia de la pérdida de elementos nutritivos, debidos al agua de escorrentía y gravitacionales, puede comprenderse al observar los datos disponibles sobre el rio Amazonas. La cuenca de las amazonas abarca cerca de 7×10^6 km² en varios países de América del Sur y presenta una descarga anual promedio de 218000 m³.seg⁻¹. Un estudio de Gibbs (31) sobre los diferentes afluentes y el rio Amazonas como tal, registró por un lado valores de materiales de suspensión entre 2 y 120 mg.l⁻¹ y un promedio de 75 mg.l⁻¹ en el Amazonas, al tiempo que las pérdidas totales de materiales suspendidos se calcularon en 5×10^6 t por año; por otro lado, los materiales disueltos alcanzaron valores promedio de 36 mg.l⁻¹, lo que implica una pérdida de 2479000 tn.año⁻¹. Estas pérdidas son irreparables.

c.3 Pérdidas por las cosecha.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que la tercera fase del problema del potasio concierne a la concentración del dicho elemento en la plantas o, en otras palabras, su absorción por las plantas. Bajo las condiciones ordinarias del campo y con una reserva nutritiva adecuada, la

absorción de potasio por los vegetales es elevada, a menudo, 3 a 4 veces la del fósforo e igual a la del nitrógeno.

d. Consumo de lujo.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que una cierta cantidad de este elemento es requerido para que el rendimiento sea óptimo, y se le denomina potasio requerido. Todo el potasio consumido por encima de este nivel crítico es considerado como de “lujo”, pues su remoción es totalmente inútil.

Tisdale y Nelson (1985), mencionan que el término consumo de lujo ha sido impropriamente utilizado. Significa que las plantas pueden continuar absorbiendo un elemento en cantidades que exceden de lo que se requiere para su crecimiento óptimo. Esto da como resultado una acumulación del elemento en la planta sin un aumento correspondiente en el crecimiento y sugiere, en otra palabra, un uso ineficaz y antieconómico de este elemento particular.

e. Función de potasio en la planta.

Buckman y Brady (1993), manifiestan que el potasio es esencial para la formación del almidón y la hidrólisis de los azúcares. Es necesario para el desarrollo de la clorofila, aunque no entre en la formación de su molécula como lo hace el magnesio.

Domínguez (1989), afirma que el potasio ejerce una función muy importante como osmorregulador disuelto en el jugo celular. Su acumulación en la raíz crea un gradiente osmótico que permite el movimiento del agua, en la planta, operando de igual modo en las

hojas. También es un elemento específico como regulador del movimiento de apertura y cierre de estomas.

Donahue, Miller y Shickluna (1981), manifiestan que el potasio en las plantas está en forma móvil más que como una parte integral de cualquier compuesto fijo. El potasio ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda en la translocación de carbohidratos, mantiene el hierro más móvil en la planta y aumenta la resistencia de las plantas a ciertas enfermedades.

f. Síntomas de deficiencia del potasio.

Devlin (1970), indica que al principio se presenta un moteado de manchas cloróticas, seguido por el desarrollo de zonas de necrosis en la punta y los bordes de la hoja. Debido a la movilidad del potasio, estos síntomas suelen aparecer primero en las hojas maduras. Así mismo, en muchos casos, el ápice de la hoja presenta una tendencia a encorvarse hacia abajo.

Buckman y Brady (1993), afirman que cuando el potasio es deficiente en cantidad, las hojas del cultivo se secan y se endurecen en los bordes, mientras que las superficies presentan una clorosis irregular.

1.10. MANEJO DE NUTRIENTES POR SITIO ESPECÍFICO (MNSE)

El manejo de nutrientes en quinua puede beneficiarse de nuevos métodos para desarrollar recomendaciones de fertilización que permitan ajustes en la aplicación de nutrientes que se acomoden a las

necesidades específicas de cada región agroclimática y que hagan uso eficiente de los nutrientes aplicados. Una de estas metodologías es el MNSE.

El MNSE es una metodología que busca entregar nutrientes a la planta como y cuando los necesita. Esta forma de manejo permite ajustar dinámicamente el uso de fertilizantes para llenar afectivamente el déficit que ocurre entre la necesidad total de nutrientes para obtener rendimientos altos y el aporte de los nutrientes provenientes de las fuentes nativas del suelo. Este déficit debe ser compensado con la aplicación de fertilizantes. Con esta forma de manejo se busca aplicar los nutrientes en dosis óptimas y al momento adecuado para obtener altos rendimientos y alta eficiencia de uso de los nutrientes por el cultivo.

1.10.1. Rendimiento potencial y del rendimiento alcanzable

La determinación del rendimiento potencial en condiciones ideales se logra utilizando modelos que simulan el crecimiento asumiendo condiciones óptimas para el cultivo. El rendimiento potencial se define como el rendimiento de un cultivo que crece en un ambiente al cual está adaptado, sin limitaciones de nutrientes y agua y con un efectivo control de plagas, enfermedades y malezas (Evans, 1993). Por esta razón, el rendimiento potencial de una variedad, en un ambiente específico de crecimiento, está determinado por la cantidad de radiación solar, temperatura y densidad de siembra (que controla la tasa a la cual las hojas se desarrollan bajo una particular condición de

radiación solar y temperatura). Uno de los modelos de simulación más versátiles es el Irbid Maize desarrollado por la Universidad de Nebraska (Haishun et al., 2006).

Las decisiones de manejo, como la elección del material genético a sembrarse, la fecha de siembra y la población pueden afectar el potencial de rendimiento en un sitio específico al afectar la utilización de la luz solar disponible y las reservas de humedad en el suelo durante el ciclo de producción. El potencial de rendimiento también *fluctúa* de año a año debido a la normal variación de la radiación solar y de la temperatura.

Como se ha mencionado anteriormente, para alcanzar el rendimiento potencial el cultivo debe tener un suplemento óptimo de agua y nutrientes y debe estar completamente protegido del ataque de plagas y enfermedades, invasión de malezas y de la incidencia de otros factores que puedan afectar el crecimiento.

Es obvio que estas condiciones muy raras veces se encuentran en el campo, sin embargo, la determinación del rendimiento potencial de un sitio es un excelente marco de referencia que ayuda a identificar la magnitud de las brechas de rendimiento.

La diferencia entre el rendimiento potencial y el rendimiento alcanzable dimensiona la primera brecha de rendimiento. El rendimiento alcanzable para el sitio se logra utilizando toda la tecnología disponible para eliminar los factores limitantes, ya sea conduciendo investigación de campo o por compilación de datos del

rendimiento obtenido en lotes de productores con muy buen manejo. Esta brecha será tan grande como lo determine el efecto del manejo en el rendimiento.

El rendimiento alcanzable demostrado en un sitio establece la meta de rendimiento de áreas homogéneas (dominio de recomendación) en el siguiente ciclo de producción. Con lo aprendido en el primer ciclo se afina el manejo para incrementar el rendimiento obtenible y reducir la primera brecha de rendimiento. Esto no solamente permite lograr más rendimiento, sino que permite una mejor eficiencia de utilización de los nutrientes y de otros insumos. El proceso continúa en los siguientes ciclos.

Es importante determinar el rendimiento alcanzable para cada dominio de recomendación porque la cantidad de nutrientes absorbida por el cultivo está directamente relacionada con el rendimiento. En otras palabras, el rendimiento alcanzable determina la cantidad total de nutrientes que el cultivo debe absorber para obtener ese rendimiento y establece claramente la real demanda de nutrientes. Esta información es imprescindible para desarrollar la recomendación de fertilización. El análisis de suelos no permite este tipo de análisis.

La segunda brecha de rendimiento es la que se produce entre el rendimiento actual de los agricultores en el campo y el rendimiento potencial y el rendimiento alcanzable. La meta final del MNSE es lograr que los productores reduzcan la brecha de rendimiento y logren acercarse con sus rendimientos al rendimiento alcanzable en un sitio.

1.10.2. Aporte de nutrientes provenientes del suelo

El MNSE hace uso efectivo de los nutrientes nativos del suelo. El suplemento de nutrientes nativos del suelo es aquel que proviene de otras fuentes menos los fertilizantes (materia orgánica, residuos del cultivo, etc.). La evaluación del aporte de los nutrientes nativos del suelo se logra mediante la técnica de las parcelas de omisión. Esta técnica determina el suplemento de nutrientes nativos del suelo por su acumulación en el cultivo sin fertilizar con el nutriente de interés, pero fertilizado en cantidades suficientes con los otros nutrientes para asegurarse que la ausencia de éstos no limite el rendimiento.

Determinación de las dosis de nutrientes necesarias para completar el déficit entre las necesidades del cultivo y el suplemento de nutrientes nativos del suelo.

Para establecer la meta de rendimiento es necesario aplicar fertilizantes para completar los requerimientos de nutrientes del cultivo que no son satisfechos por los nutrientes nativos del suelo. La dosis total de un nutriente aplicado con los fertilizantes depende del déficit entre la necesidad total del nutriente para obtener la meta de rendimiento y el suplemento del nutriente proveniente del suelo, determinado en la respectiva parcela de omisión.

1.10.3. Discusión del concepto MNSE con ejemplos puntuales

Como se ha mencionado anteriormente, el MNSE es un método basado en la planta que utiliza la técnica de las parcelas de omisión para determinar el rendimiento obtenible con las reservas del suelo

(parcelas de omisión) y el rendimiento alcanzable cuando no existe limitación de nutrientes. El rendimiento alcanzable sin limitación de nutrientes pasa a ser la meta de rendimiento para el siguiente ciclo de crecimiento. Los requerimientos de nitrógeno (N) se calculan entonces de la diferencia de rendimiento entre la parcela de tratamiento completo y la parcela de omisión de N basándose en una eficiencia agronómica de N (EAN) de 25 a 35 (EAN = kg de repollo por kg de N utilizado). Los requerimientos de fósforo (P) y potasio (K) se calculan basándose en la meta de rendimiento, respuesta en rendimiento a la aplicación del nutriente y remoción del nutriente. La recomendación obtenida en ese ciclo de producción es probada y ajustada en el siguiente ciclo de producción junto con otras prácticas de manejo (fraccionamiento de nutrientes, etc.) que pueden mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes. Sin embargo, esta dosis puede ser usada por los agricultores localizados en el dominio de recomendación del sitio del experimento como una primera aproximación para evaluar una recomendación que se basa en una meta de rendimiento alcanzable para el sitio. Este es un método simple pero efectivo que permite obtener rendimientos altos y rentables en áreas donde no se utiliza con regularidad el análisis de suelos.

1.10.4. Métodos de evaluación de la fertilidad del suelo.

La evaluación de la fertilidad de un suelo nos permite diagnosticar y predecir la disponibilidad de los elementos nutritivos en un determinado suelo. Para suministrar en cantidades razonables y en

equilibrio adecuado todos los principios nutritivos que una planta toma de las fracciones minerales y orgánicas del suelo, y además estar localizado en una zona climática que proporcione la humedad, la luz y el calor suficientes para las necesidades de las plantas. Asimismo las materias tóxicas no deben figurar en cantidades suficientes que limiten de un modo apreciable el crecimiento y las condiciones estructurales del suelo que deben ser satisfactorios (Millar y Hernando, 1964).

La evaluación de la fertilidad del suelo es muy compleja, por la diversidad de condiciones químicas, físicas, y biológicas que interactúan. A pesar de que no es posible medir de manera absoluta el nivel de fertilidad de un suelo, el desarrollo progresivo de técnicas, procedimientos y la interpretación de los resultados de los análisis de suelos, hace posible predecir, con cierto grado de seguridad, la probabilidad de respuesta a la aplicación de cal y fertilizantes (Palomino 1987).

El problema de predicción de las necesidades de nutrientes para las plantas ha sido estudiado durante muchos años. En 1813 Sir Humphrey Davy afirmó que si un suelo es improductivo, la causa de su esterilidad puede ser determinada mediante un análisis químico (Tisdale y Nelson, 1985).

Las ventajas de las pruebas químicas y biológicas tienen un valor como base para recomendar adición de cal y fertilizantes, estos resultados deben estar correlacionados con las respuestas de las cosechas en los campos (Tisdale y Nelson, 1985).

Diversas técnicas que se emplean comúnmente tiene como indicador del grado de fertilidad de un suelo:

1. Síntomas de deficiencia de Nutrientes en las plantas.
2. Análisis foliar o de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo.
3. Test biológicos
4. Test químicos del suelo.

El análisis de suelo o "las pruebas de los suelos" es la columna vertebral del programa de evaluación de la fertilidad (Hunter y Fitts 1974), que complementa la descripción de la morfología del suelo en el campo, dando mayor precisión a las propiedades físicas tales como textura y la fracción de arcilla que no puede ser estimada en el examen de campo. Los test de los suelos es esencialmente el examen en el laboratorio de los suelos, por tanto, es distinto del examen de campo (Gilbert 1967). El análisis de suelos como método de diagnóstico de deficiencias de Nutrientes en el suelo, está en función a la eficacia de extracción del reactivo químico empleado sobre los nutrientes disponibles para las plantas. Si hay correlación entre la cantidad de nutrientes determinada por el método químico y la cantidad requerida por la planta se puede estimar la necesidad de aplicar o no los fertilizantes (Jackson 1976).

La evaluación de la fertilidad de un suelo por el método de síntomas de deficiencia es el único método que no requiere un equipo caro y especializado y puede ser utilizado como un suplemento de las técnicas para el diagnóstico, síntomas que se basan en las

observaciones o en las medidas del crecimiento de las plantas (Tisdale y Nelson 1985). Las anomalías en el crecimiento de las plantas pueden deberse a deficiencia de uno o más elementos nutritivos. Si una planta carece de un elemento determinado, deben aparecer síntomas característicos, en mayor o menor número.

Tineo (2014), indica el Diseño 03 de Julio presenta aplicaciones en el diagnóstico de la fertilidad de suelos por las técnicas de las parcelas de omisión y de la técnica de las parcelas de inclusión.

La técnica de las parcelas de omisión consiste en comparar rendimientos de un cultivo cuando se hace faltar un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando se recibe dicho elemento mediante la fertilización. De esta manera, se puede observar si la no adición del elemento en la fertilización del terreno perjudica el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

La técnica de las parcelas de inclusión consiste en comparar los rendimientos de un cultivo cuando se hace disponible un elemento en el suelo mediante la fertilización, con los rendimientos del mismo cultivo, cuando solo se ha empleado la fertilidad natural de ese suelo. De esta manera, se puede observar si la adición del elemento mediante la fertilización repercute en el desarrollo de la planta; de no ser así el suelo posee dicho elemento en cantidad suficiente para el suministro adecuado del vegetal.

Los tratamientos factorial, 2^k , para $K=3$ (p.e.: N, P, K), pueden utilizarse para el diagnóstico de la fertilidad del suelo por la técnica de las parcelas de omisión e inclusión:

T ₁	-2	-2	-2	T: Testigo, sin abonar
T ₂	2	-2	-2	+N: abonado sólo con N
T ₃	-2	2	-2	+P: abonado sólo con P
T ₄	2	2	-2	-K: abonado sólo con N, P; no recibe K
T ₅	-2	-2	2	+K: Abonado solo con K
T ₆	2	-2	2	-P: abonado sólo con N, K; no recibe P
T ₇	-2	2	2	-N: abonado sólo con P, K; no recibe N
T ₈	2	2	2	C: Completo, abonado con N, P, K

La técnica de las parcelas de omisión considera los tratamientos T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K) y T₈ (C); así mismo, para la técnica de las parcelas de inclusión se consideran los tratamientos T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K) y T₁ (T).

1.10.5. Rendimiento relativo

Según Tineo (2014), el rendimiento relativo consiste en la comparación del rendimiento obtenido con algún tratamiento al que se hace faltar un nutriente, entre el rendimiento obtenido con el tratamiento completo (técnica del elemento faltante) o la comparación del rendimiento obtenido con algún tratamiento al que se suministra un nutriente, entre el rendimiento obtenido con el tratamiento testigo o fertilidad natural del suelo (elemento presente).

La técnica del elemento faltante, considera a los tratamientos T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K) y T₈ (C). La técnica del elemento presente, considera a los

tratamientos T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K) y T₁ (T).

Los Rr para la técnica del elemento faltante se calculan con la fórmula siguiente:

$$Rr. (\%) = \frac{T_i}{T_8} * 100$$

Dónde:

T_i : tratamiento T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K)

T₈ : tratamiento completo.

Los Rr para la técnica del elemento presente se calculan con la fórmula siguiente:

$$Rr. (\%) = \frac{T_i}{T_1} * 100$$

Dónde:

T_i : tratamiento T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K)

T₁ : testigo.

Con la información de los rendimientos relativos se podrá obtener la fórmula de abonamiento, ello previo al conocimiento de la extracción de nutrientes por tonelada de producto cosechado.

El cuadro siguiente muestra la ubicación correspondiente a los cálculos a realizar para la obtención de la fórmula de abonamiento.

Trat.	Rdto.	Dif.	Comp.	PAU	FC	FR
-N						
-P						
-K						
C						

Los pasos a seguir para la determinación de la fórmula de abonamiento se señalan a continuación:

1. Colocar los rendimientos obtenidos en el campo (Rend.), en la columna 2, correspondientes a los tratamientos (Trat.) identificados en la columna 1.
2. En la columna 3, escribir la diferencia (Dif.) entre los rendimientos del tratamiento completo (C) y los tratamientos donde se omitió el factor (nutriente).

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-N)}$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-P)}$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-K)}$$

3. En la columna 4 se calcula la parte complementaria (Comp.) de nutrientes que debe incorporar la cosecha (mediante los abonos) en sus tejidos para alcanzar el rendimiento planteado ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

$$N = \text{Rdto}_{(C)} * \text{Extrac.}_{(N)}$$

$$P_2O_5 = \text{Rdto}_{(C)} * \text{Extrac.}_{(P)}$$

$$K_2O = \text{Rdto}_{(C)} * \text{Extrac.}_{(K)}$$

4. Los nutrientes que se suministran están sujetos a pérdidas en el suelo por diferentes mecanismos (lixiviación, fijación, etc.). La eficiencia de uso de los nutrientes suministrados vía abonamiento (PAU) depende de factores edáficos, climáticos y genéticos, entre otros. Considerando los valores indicados en la columna 5, calculamos las cantidades de abono (columna 6) requerido (FC).

$$N = \text{Comp.}_{(N)} * 100/\text{PAU}_{(N)}$$

$$P_2O_5 = \text{Comp. (P)} * 100 / \text{PAU (P)}$$

$$K_2O = \text{Comp. (K)} * 100 / \text{PAU (K)}$$

5. Los valores de la columna 6 se redondean por comodidad para representarlo como una fórmula de abonamiento (columna 7: FR).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de Canaán, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2750 msnm, con coordenadas de 13°08'05" Latitud sur y 74°32' Longitud oeste, con pendiente entre 1 y 1.5%. Además según ONERN (1976), ecológicamente pertenece a bosque seco montano bajo sub tropical.

2.2. ANTECEDENTES DEL TERRENO

Anterior al presente trabajo de investigación, durante la Campaña Agrícola 2012, se sembró alfalfa con fines de investigación.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

El suelo del terreno experimental fue muestreado a una profundidad de 20 cm, tratando de obtener una muestra representativa

homogénea, que se analizó en el Laboratorio de Suelos del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Los resultados se muestran en el cuadro 2.1. Canaán - INIA Ayacucho.

Cuadro 2.1. Características del suelo del Centro Experimental Canaán 3735 msnm - Ayacucho.

pH	CaCO ₃	MO	N total	Elementos disponibles	
				P	K
H ₂ O	%	%	%	ppm	ppm
6.23	0.00	2.13	0.11	39.40	83.20

De los resultados del análisis químico y físico del suelo en el cuadro 2.1, pH (6.23) es ligeramente ácido y está dentro del rango donde la mayoría de las plantas crecen satisfactoriamente y en el que puede expresar mejor su potencialidad de productividad. El contenido de materia orgánica (2.13 %) es medio, muy bajo en el contenido de N total (0.11 %), alto en el contenido de P-disponible (39.4 ppm) y bajo contenido de K- disponible (83.2 ppm), (Ibáñez y Aguirre, 1983) y la clase textural es franco arcilloso arenoso.

2.4. CLIMA

Los datos meteorológicos fueron registrados en el Observatorio Climatológico de Pampa del Arco, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga y cuya información fue proporcionado por la Oficina de Meteorología y Climatología del Proyecto Especial Río Cachi.

El experimento se condujo entre los meses de enero y abril (siembra 05-01-13), en el cuadro 2.2, se muestra los datos de temperatura máxima promedio mensual en el periodo de cultivo se registró rangos de 23.6°C a 25.1°C y la media mensual entre 16.1°C a 17.6°C valores adecuados para el cultivo de quinua. La precipitación total fue de 682.1 mm, en el periodo de cultivo hubo déficit de humedad solamente en el mes de abril, por lo que se complementó con riego. En el balance hídrico se puede ver que hubo exceso en los meses de enero, febrero y marzo.

La precipitación máxima fue de 130.4 mm correspondiente al mes de febrero y la mínima fue de 20.2 mm correspondiente al mes de abril.

Cuadro 2.2: Temperatura Máxima, Media, Mínima y Balance Hídrico 2013, Estación Meteorológica Pampa del Arco 2760 msnm – 13° 10' 09" Latitud Sur, 74° 12' 82" - Ayacucho.

AÑO	2013													
	MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
T° Máxima (°C)	24.0	23.8	23.6	25.1	24.5	23.5	23.0	23.0	24.9	25.1	26.9	26.7	22.8	
T° Mínima (°C)	9.7	11.3	10.8	7.0	6.2	5.9	4.7	4.7	5.1	7.2	9.5	10.4	11.4	
T° Media (°C)	16.9	17.6	17.2	16.1	15.4	14.7	13.9	13.9	15.0	16.2	18.2	18.6	17.1	
PP (mm)	98.0	130.4	84.4	20.2	18.8	11.3	14.7	14.7	32.8	36.1	28.6	58.7	148.1	682.1
Factor	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	
PP (mm)	98.0	130.4	84.4	20.2	18.8	11.3	14.7	14.7	32.8	36.1	28.6	58.7	148.1	682.1
T° Máxima (°C)	24.0	23.8	23.6	25.1	24.5	23.5	23.0	23.0	24.9	25.1	26.9	26.7	22.8	
T° Mínima (°C)	9.7	11.3	10.8	7.0	6.2	5.9	4.7	4.7	5.1	7.2	9.5	10.4	11.4	
T° Media (°C)	16.9	17.6	17.2	16.1	15.4	14.7	13.9	13.9	15.0	16.2	18.2	18.6	17.1	
E.T.P (mm)	119.0	106.6	117.1	120.5	121.5	112.8	114.1	114.1	123.5	120.5	133.4	128.2	113.1	1430.3
E.T.P ajustado	56.8	50.8	55.8	57.5	58.0	53.8	54.4	54.4	58.9	57.5	63.6	61.1	53.9	
Exceso (mm)	41.2	79.6	28.6										94.2	
Déficit (mm)				37.3	39.2	42.5	39.7	26.1	21.4	35.0	2.4			

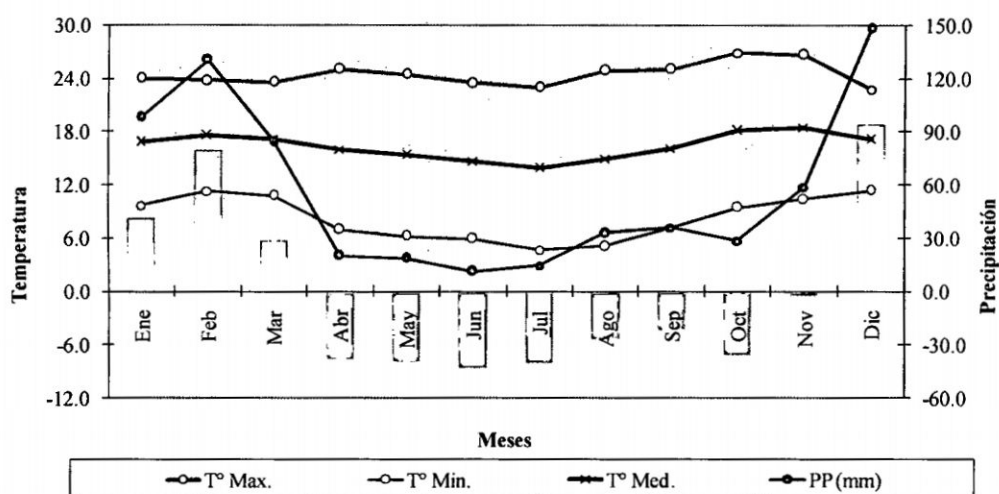


Figura 2.1: Temperatura Máxima, Media, Mínima y Balance Hídrico correspondiente a la Campaña Agrícola 2013.

2.5. MATERIAL EXPERIMENTAL

El material genético utilizado fue la variedad de quinua, Blanca de Junín, semidulce, de grano blanco, precoz y de buen rendimiento.

La semilla se obtuvo del Centro Experimental de Canaán.

2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El experimento se condujo en el Diseño de Bloques Completos Randomizados con 8 tratamientos y 3 bloques.

Los tratamientos fueron establecidos considerando la parte factorial del diseño 03 de Julio (D3J), para tres factores; los niveles empleados en cada factor se indican en el cuadro 2.3, se plantearon tomando como referencia trabajos de investigación anteriores.



Cuadro 2.3. Estructura de los tratamientos para tres factores.

Tratamiento	X ₁	X ₂	X ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
				kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹
1	-2	-2	-2	0	0	0
2	2	-2	-2	140	0	0
3	-2	2	-2	0	90	0
4	2	2	-2	140	90	0
5	-2	-2	2	0	0	80
6	2	-2	2	140	0	80
7	-2	2	2	0	90	80
8	2	2	2	140	90	80

2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y OTROS CÁLCULOS.

Se realizó el Análisis de Variancia general, para determinar diferencias entre tratamientos, la prueba de contraste de Duncan con nivel de significación de 5 %.

Además de realizar los análisis de variancia y de regresión correspondientes, de acuerdo a la metodología propuesta por Tineo (2014), se realizaron otros cálculos con la finalidad de interpretar el estado de fertilidad del suelo en cuanto a sus contenidos de N, P y K; los cálculos se refieren a la determinación de los rendimientos relativos por las técnicas de las parcelas de omisión y de las parcelas de inclusión

La técnica de las parcelas de omisión (PO), considera a los tratamientos T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K) y T₈ (C). La técnica de las parcelas

de inclusión (PI), está constituida por los tratamientos T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K) y T₁ (T).

Los Rr para la técnica de las parcelas de omisión (PO) se calculan con la fórmula 2.1:

$$\boxed{\text{Rr (\%)} = \frac{T_i}{T_8} * 100} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Dónde:

T_i : tratamiento T₇ (-N), T₆ (-P), T₄ (-K)

T₈ : tratamiento completo.

Los Rr para la técnica de las parcelas de inclusión (PI) se calculan con la fórmula 2.2.

$$\boxed{\text{Rr(\%)} = \frac{T_i}{T_1} * 100} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Dónde:

T_i : tratamiento T₂ (+N), T₃ (+P), T₅ (+K)

T₁ : testigo.

2.8. DESCRIPCIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

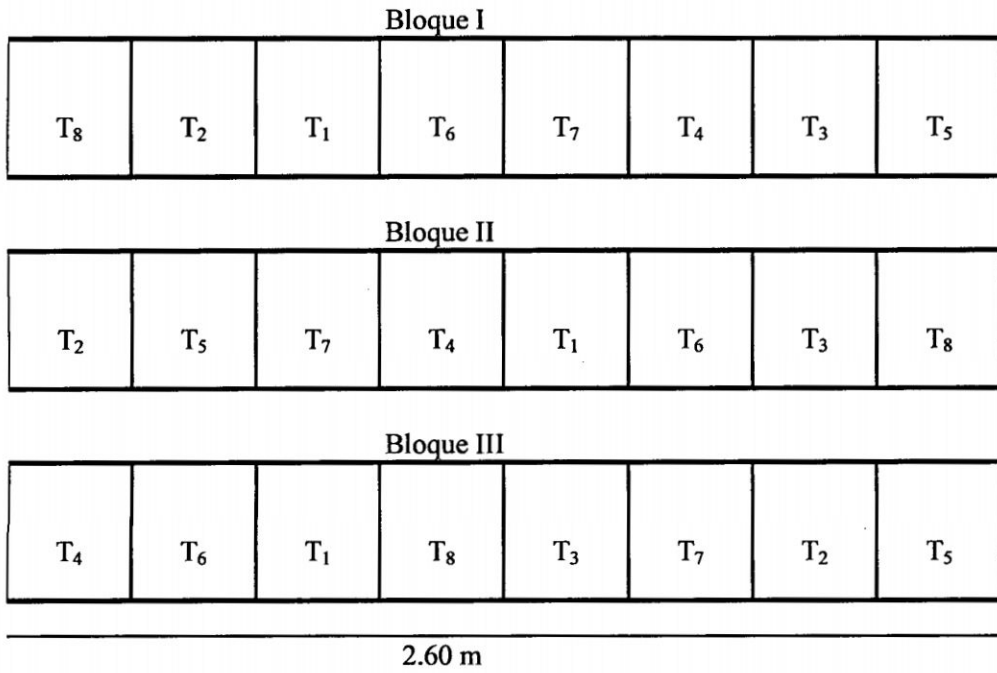
a) Características del campo experimental

- Largo del campo experimental : 25.60 m
- Ancho del campo experimental : 17 m
- Largo de bloque : 25.60 m
- Ancho del bloque : 5m
- Área del bloque : 128.0 m²
- Distancia entre bloques(calles) :1.0 m
- Número de parcelas por bloque : 8
- Ancho de parcela : 3.2 m
- Largo de parcela : 5m
- Área de parcela : 16 m²

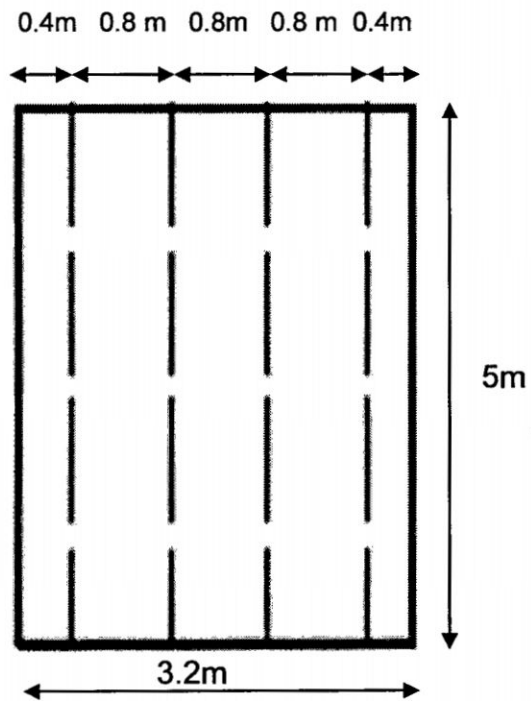
b) Características de la unidad experimental

- Número de surcos por parcela : 4
- Distancia entre surcos : 0.8 m
- Forma de siembra : surco corrido (20 pl./ml)

c) Croquis del campo experimental



d) croquis de la unidad experimental



2.9. CARACTERES EVALUADOS

Caracteres de productividad

Los caracteres de longitud de tallo, longitud de panoja y diámetro de panoja se evaluaron en 10 plantas igualmente competitivas, tomadas al azar de la parte central del surco, mientras que el rendimiento se evaluó en los tres surcos por parcela.

- a) **Rendimiento de granos de quinua ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).** Se cosecharon todas las plantas de los tres surcos de la parcela, luego de un secado, trillado y venteado se pesaron los granos en una balanza calibrada y luego se infirió a una hectárea, esta medida se expresó en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.
- b) **Longitud del tallo (cm).** Este parámetro se evaluó en la madurez fisiológica, desde el cuello de la planta hasta la base de la panoja principal, se tomó la medida en cm.
- c) **Longitud de la panoja (cm).** La longitud de panoja se consideró a la madurez fisiológica, desde la base de la panoja hasta el extremo distal de la misma.
- d) **Diámetro de panoja (mm).** El diámetro de panoja se consideró a la madurez fisiológica, esta medida fue tomada en la parte más ancha de la panoja mediante el uso de un vernier.

2.10. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

- a) **Preparación del Terreno.** Se realizó con una pasada de arado de disco y rastra dejando el terreno desterronado, mullido y nivelado aprovechándose la limpieza de arena y semilla de malezas. Luego se

realizó el surcado a un distanciamiento de 0.70 m entre surcos. Esta labor fue efectuada el 12 de diciembre del 2012.

b) Fertilización. En la fertilización, se utilizaron los diferentes niveles de fertilización calculados según los tratamientos. La incorporación de los fertilizantes se efectuó en dos etapas: la primera fertilización fue realizada al momento de la siembra (05 de enero del 2013), mientras que la segunda fertilización se efectuó 40 días después de la siembra, es decir al momento del aporque (14 de febrero del 2013) estas labores se efectuaron manualmente a “chorro continuo” al fondo de los surcos, cubriendo luego con una delgada capa de tierra.

c) Siembra. Se realizó el 05 de enero del 2013 con una densidad de siembra de $12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, depositándose la semilla en el fondo del surco a chorro continuo y procediendo al tapado con rastrillo.

d) Riego. Se suministraron riegos de acuerdo a la necesidad del cultivo y de acuerdo a la precipitación existente durante el periodo de evaluación. El primer riego fue efectuado 15 días después de la siembra, para complementar el requerimiento de agua necesaria por falta de lluvia.

e) Control de Malezas. Se realizó con la finalidad de evitar la competencia con el cultivo, el control se efectuó manualmente. Durante la conducción del cultivo se realizó dos veces la limpieza de malezas al mes de la siembra y en el aporque, para mantener “limpio” el campo experimental.

- f) Raleo.** Se realizó antes del aporque a los 40 días después de la siembra, dejando aproximadamente 10 cm entre plantas. En esta labor se aprovechó para eliminar las plantas atípicas.
- g) Aporque.** Se realizó a los 40 días después de la siembra, cuando las plantas alcanzaron una altura de 25 cm y consistió en cubrir la base de las plantas con tierra, para un mayor sostenimiento y anclaje de las plantas; al mismo tiempo se eliminaron las malezas favoreciendo un mayor desarrollo radicular.
- h) Control Fitosanitario.** Se realizó los tratamientos fitosanitarios oportunos con la finalidad de evitar la presencia de las principales plagas y enfermedades en el cultivo. Para ello se recurrió a la aplicación de productos químicos comerciales: Cyperklin en una dosis de 150 ml/cilindro, Ridomil con una dosis de $2.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, adherente.
- i) Cosecha.** Se realizó previa evaluación de la madurez de cosecha de los granos. La cosecha se realizó el 25 de abril del 2013, y se prosiguió cortando y guardando las plantas cosechadas en costales, con su respectiva etiqueta de identificación. El secado se hizo al sol sobre mantones, posteriormente se procedió a la trilla en forma manual; luego de ventear se procedió al pesado en una balanza.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. RENDIMIENTO DE GRANOS DE QUINUA

El cuadro 3.1 de análisis de variancia (ANVA) indica que no existe diferencia estadística significativa entre bloques, lo que hace entender que el área experimental fue relativamente homogénea. También existe diferencia estadística altamente significativa entre tratamientos, a partir del cual se entiende que el rendimiento obtenido por al menos un tratamiento es diferente al de otro(s); en vista de que los tratamientos constituyen la técnica de las parcelas de omisión y de las parcelas de inclusión, significa que la ausencia de algún nutriente (N, P o K) o la sola presencia de alguna de ellas, ha influido en el rendimiento del cultivo.

Cuadro 3.1. Análisis de variancia del rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2735 msnm – Ayacucho.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Repetición	2	160404.250	80202.125	0.7508 ns
Tratamientos	7	9022400.292	1288914.327	0.0067 **
Error	14	3838151.080	274153.650	
Total	23	13020955.630		

C.V. 20.91%;

En la prueba de Duncan (cuadro 3.2) el tratamiento T₈ (C: completo) alcanzó el mayor rendimiento (3583.3 kg.ha⁻¹), sin diferencia estadística con los tratamientos T₂ (+N) y T₄ (-K); Por otro lado, el rendimiento más bajo corresponde al testigo (T₁)(1562.7 kg.ha⁻¹), sin diferencia estadística con los tratamientos T₇ (-N), T₆ (-P) y T₅ (+K).

Cuadro 3.2. Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2735 msnm - Ayacucho

Trat	X ₁	X ₂	X ₃	Promedio (kg.ha ⁻¹)	DLS
8 C	2	2	2	3583.3	a
2 +N	2	-2	-2	3021.0	a b
4 -K	2	2	-2	2812.7	a b c
3 +P	-2	2	-2	2625.3	b c
5 +K	-2	-2	2	2492.0	b c d
6 -P	2	-2	2	2021.0	b c d
7 -N	-2	2	2	1916.7	c d
1 T	-2	-2	-2	1562.7	d

A partir de estos resultados se puede deducir que el aporte de K sólo (+K) no contribuye significativamente en el incremento del rendimiento (según la técnica de las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de K (-K) no perjudica significativamente el desarrollo del cultivo (según la técnica de las parcelas de omisión). En el caso del N, su omisión (-N), con respecto al completo perjudica notablemente el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+N), con respecto al testigo resulta de mucha importancia en el incremento de los rendimientos. Una posición de importancia ocupa el P, ya que su omisión (-P), con respecto al completo también perjudica el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+P), con respecto al testigo resulta de importancia intermedia en el incremento de los rendimientos del cultivo de quinua.

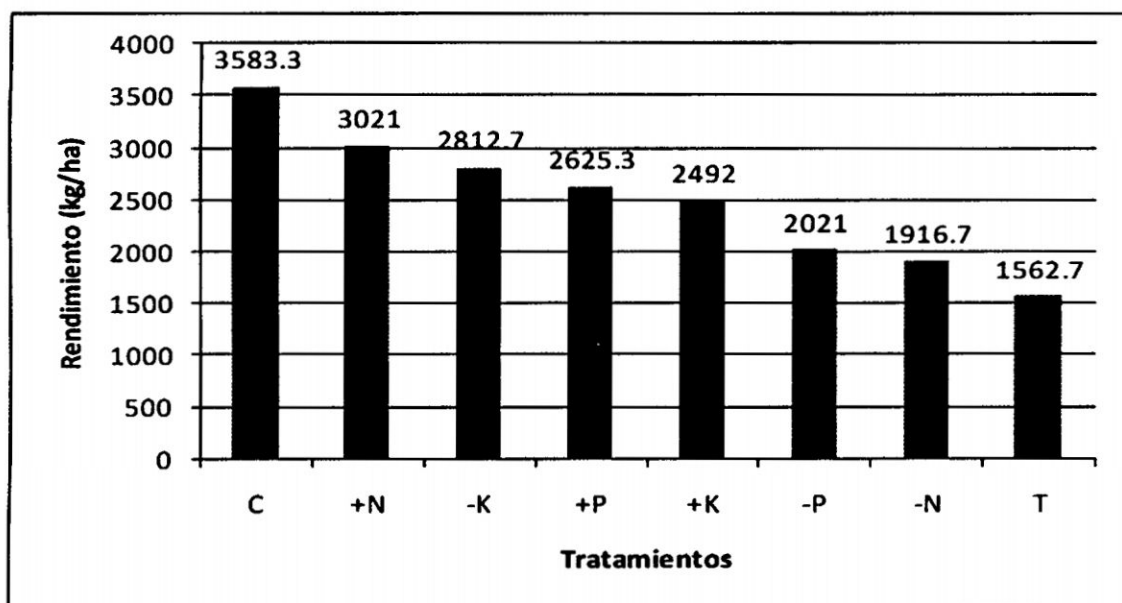


Figura 3.1. Rendimiento de quinua Blanca de Junín con los tratamientos de elemento presente y elemento faltante. Canaán 2735 msnm. Ayacucho.

Los resultados sugieren que la aplicación de N, P y K al suelo tuvieron un efecto positivo en el rendimiento del cultivo en el siguiente orden: $N > P > K$. La respuesta obtenida aparentemente no guarda relación con el contenido de nutrientes disponibles en el suelo, cuyo análisis realizado (Cuadro 2.1) indica un contenido medio en materia orgánica y nitrógeno total, alto en P disponible y bajo en K disponible; sin embargo, los cultivos responden mejor a los abonamientos con N y P. Al respecto, Tapia (1979), señala que los rendimientos en quinua están relacionados con el nivel de fertilidad del suelo.

El rendimiento del cultivo de quinua, variedad Blanca de Junín, varía mucho según el nivel de fertilización, pudiendo obtenerse hasta 2500 kg.ha^{-1} , con niveles de 80-40-00 de NPK (Tapia, 1979). Palomino (2006), en Canaán a 2750 msnm abonando con 7.5 t.ha^{-1} de estiércol ovino obtuvo un rendimiento de $2588.8 \text{ kg.ha}^{-1}$ y cuando la dosis de estiércol aumentó a 15.0 t.ha^{-1} el rendimiento llegó a 4694 kg.ha^{-1} . Así como también Oriundo (2010), en Canaán a 2750 msnm utilizando 2500 kg.ha^{-1} de guano de isla incubado en microorganismos eficientes, obtuvo un rendimiento de $4047.9 \text{ kg.ha}^{-1}$. De la Cruz (2003) a 3640 msnm empleando 150-90-60 de NPK, obtuvo un rendimiento de $2570.6 \text{ kg.ha}^{-1}$. Los rendimientos de grano alcanzados con el presente trabajo varían de 1562.7 a $3583.3 \text{ kg.ha}^{-1}$; valores que están dentro del rango encontrados por los autores anteriormente citados. La variación del rendimiento está en función a diversos factores; como son el abonamiento, precipitación, altitud, suelo, presencia de plagas y enfermedades, etc.

Tapia y Fries (2007), indican que con una precipitación mayor de 600 mm, la quinua responde en forma significativa a niveles de 80 a 120 kg de nitrógeno y 60 a 80 kg de fósforo. La dosis de potasio es hasta 80 kg.ha⁻¹ en suelos deficientes de este elemento, lo que muy rara vez se presenta en los suelos de los andes; en el presente experimento se presentó una precipitación anual de 682.1mm.

Apaza y Delgado (2005), señalan que el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza 8500 a 9000 kg.ha⁻¹. Se logra cuando todos los factores de crecimiento y desarrollo se dan simultánea y constantemente en su valor óptimo en el curso de las diversas fases de desarrollo. Del mismo modo (Mujica, 1983), menciona que el potencial de rendimiento de grano de quinua alcanza a 11.0 t.ha⁻¹

Cuadro 3.3. Coeficientes de regresión del modelo polinomial para rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2735 msnm – Ayacucho.

Parámetro	Valor Estimado	T para Ho: Parámetro=0	Error estándar del Valor estimado	Pr>F
Intercepto	1988.79167	5.25	378.64	<.0001 **
N	4.32917	1.22	3.54	0.2382 ns
P ₂ O ₅	2.33796	0.42	5.51	0.6766 ns
K ₂ O	0.96354	0.16	6.20	0.8783 ns
N.P ₂ O ₅	0.03440	0.76	0.05	0.4593 ns
N.K ₂ O	-0.20074	-0.39	0.05	0.6994 ns
P ₂ O ₅ .K ₂ O	0.00924	0.12	0.08	0.9089 ns

En el análisis de regresión para estimar la influencia del nitrógeno (N) fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) en el rendimiento de grano de quinua (Cuadro 3.3), no se muestra significación estadística para ninguno de los componentes del modelo, salvo el intercepto. Sin embargo, con la finalidad de mostrar una representación gráfica podría asumirse el modelo polinomial siguiente:

$$Y = 1988.79167 + 4.32917N + 2.33796 P_2O_5 + 0.96354K_2O + 0.03440N.P_2O_5 - 0.20074N.K_2O + 0.00924 P_2O_5.K_2O$$

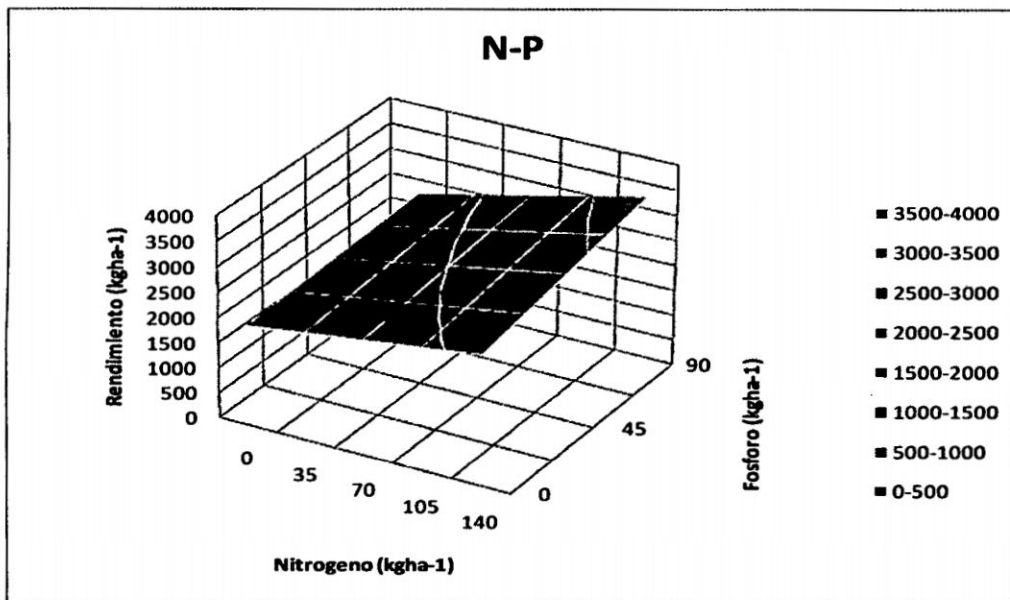


Figura 3.2. Superficie de respuesta N – P en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm– Ayacucho.

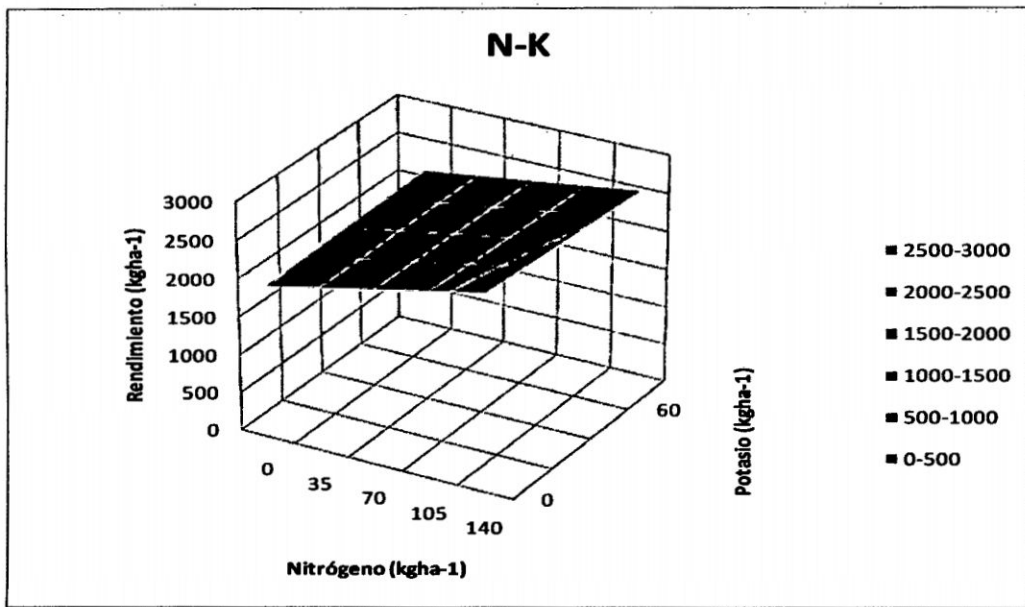


Figura 3.3. Superficie de respuesta N – K en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm– Ayacucho.

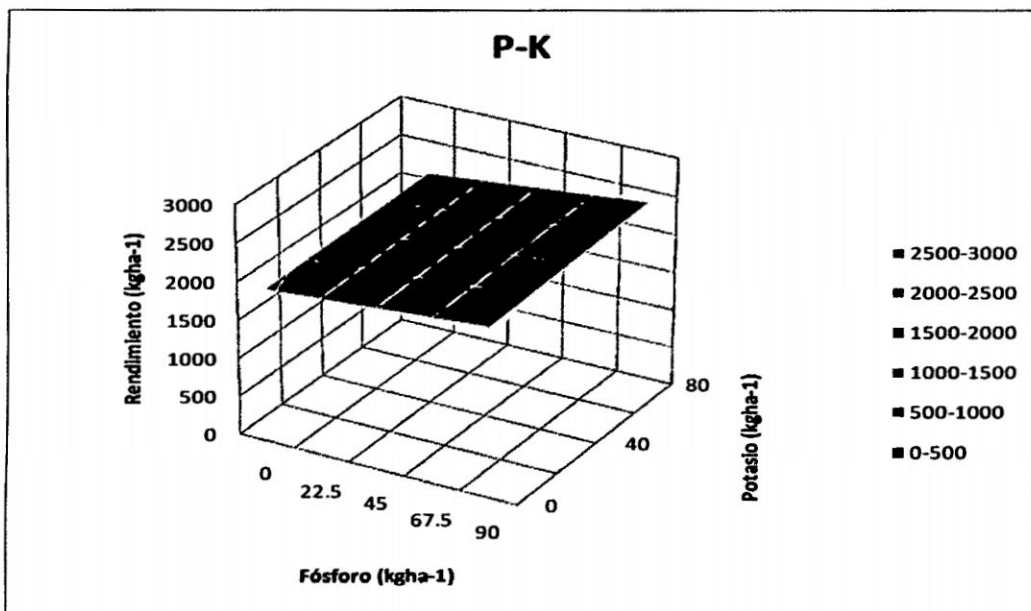


Figura 3.4. Superficie de respuesta P – K en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm – Ayacucho.

Los valores de la pendiente en la figura 3.5 (Influencia de dosis crecientes de N, P y K, en el rendimiento de quinua, en ausencia de los otros dos nutrientes) y la figura 3.6 (Influencia de dosis crecientes de N, P y K, en el rendimiento de quinua, a nivel medio de los otros dos nutrientes), indican que en presencia de niveles medios de los otros nutrientes la respuesta del cultivo de quinua al abonamiento con dosis crecientes de N o P es mayor, que la respuesta a éste en ausencia de los otros nutrientes; el efecto del K apenas es perceptible en ausencia de los otros nutrientes (N y P). Al respecto, INPOFOS (1997) manifiesta que “El balance nutricional es un concepto vital en la fertilidad del suelo y en la producción de los cultivos; el N puede ser el principal nutriente limitante en la producción de los cultivos, pero en ausencia de cantidades adecuadas de otros nutrientes, puede no cumplir adecuadamente con su cometido”.

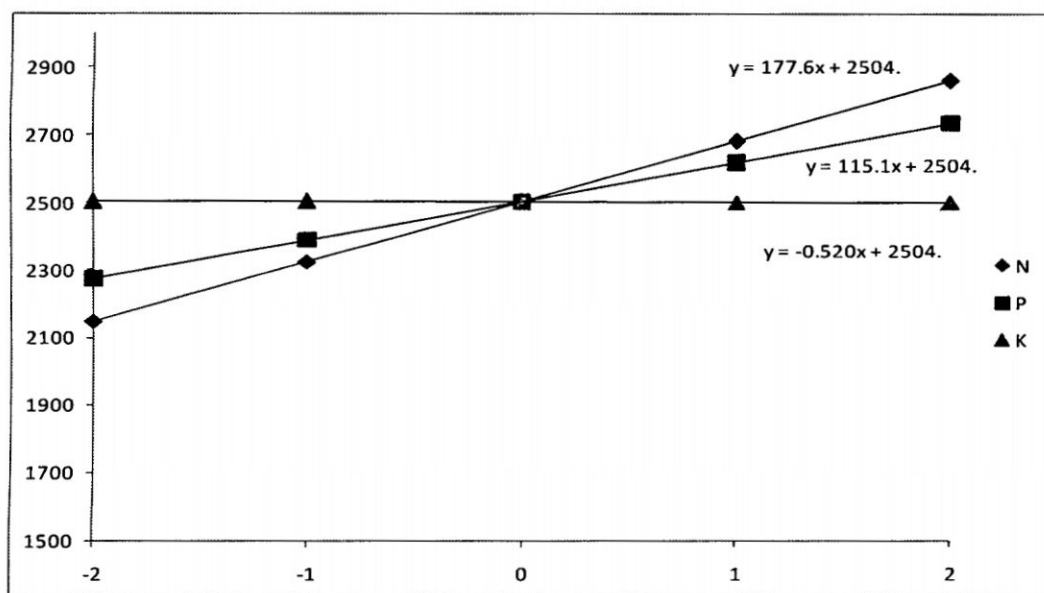


Figura 3.5. Influencia de N, P, K en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cuando los otros 2 factores están en el nivel medio. Canaán 2735 msnm – Ayacucho

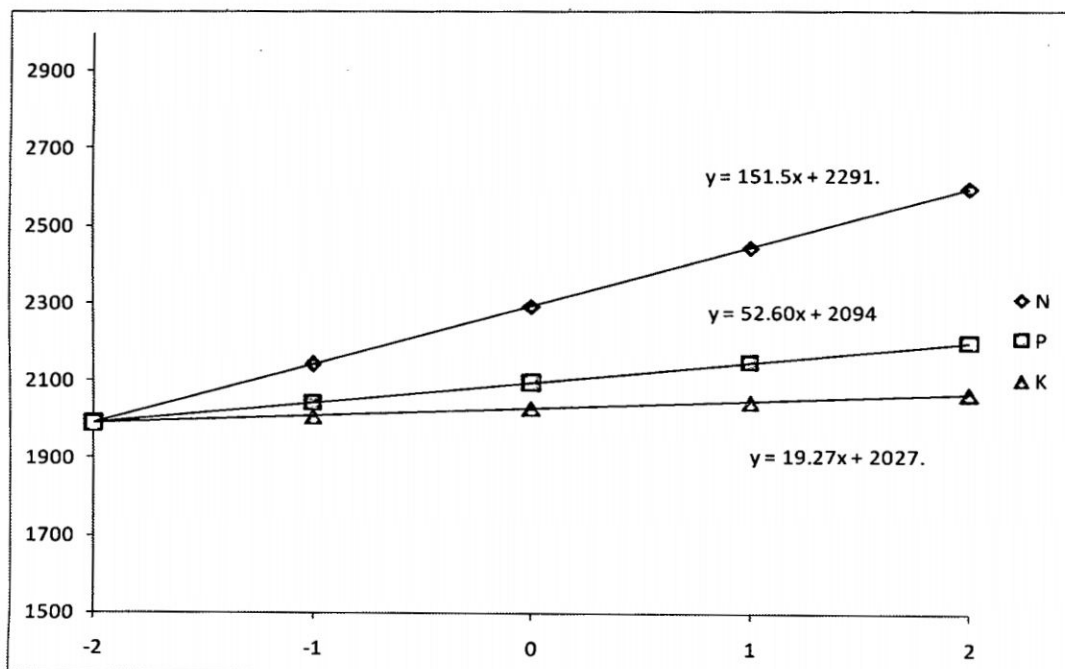


Figura 3.6. Influencia de N, P, K en el rendimiento de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), cuando otros 2 factores están ausentes. Canaán 2735 msnm – Ayacucho

Así, el uso de la “Técnica de las Parcelas de Omisión y Parcelas de Inclusión”, permite determinar un modelo de primer orden con el que se puede simular los rendimientos esperados según la combinación de diferentes niveles de N, P y K.

3.2. DIÁMETRO DE PANOJA

En el anexo 01, se presentan los resultados del diámetro de panoja, en los que se observa que la mayoría de los tratamientos superan al testigo a excepción de los Tratamientos T₅ (+K) y Tratamiento T₇ (-N). De los resultados, corresponde el valor más alto al Tratamiento T₈ (C) con un diámetro de panoja de 25 cm; mientras que el diámetro más bajo se obtuvo con el Tratamiento T₇ (-N), con 13 cm.

Cuadro 3.4. Análisis de variancia del diámetro de panoja (cm) de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). Canaán 2735 msnm – Ayacucho.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Repetición	2	73.583	36.792	1.46 ns
Tratamientos	7	410.625	58.661	2.33 ns
Error	14	351.750	25.125	
Total	23	835.958		

C.V. 25.65%;

El análisis de variancia para el diámetro de panoja (cuadro 3.4) muestra que no existe diferencia significativa entre tratamientos; lo que podría deberse al coeficiente de variación de 26.65%, relativamente alto para esta variable.

3.3. LONGITUD DE PANOJA

En el anexo 01 se presentan los resultados de la longitud de panoja, en los que se observa que solo el tratamiento +N, +P y -K superan al testigo. De los resultados, corresponde el valor más alto al Tratamiento T₂ (+N) con una longitud de panoja de 61.7 cm; mientras que la menor longitud se obtuvo con el Tratamiento T₇ (-N), con 44.7 cm. El testigo tiene una longitud de panoja de 53.3 cm que iguala al tratamiento completo. La respuesta obtenida en el testigo puede estar relacionada con el contenido de nutrientes disponibles en el suelo, que tuvo un contenido medio en materia orgánica y nitrógeno total, alto en P disponible y bajo en K disponible (cuadro 2.1)

Cuadro 3.5. Análisis de variancia de la longitud de panoja (cm) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2735 msnm – Ayacucho.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Repetición	2	85.583	42.792	0.56 ns
Tratamientos	7	540.625	77.232	1.01 ns
Error	14	1069.750		
Total	23	1695.958		

C.V.16.64%

El análisis de variancia para la longitud de panoja (cuadro 3.5) muestra que no existe diferencia significativa entre tratamientos, lo que podría deberse al carácter varietal.

3.4. LONGITUD DE TALLO

En el anexo 01 se presentan los resultados de la longitud de tallo, en los que se observa que la mayoría de los tratamientos superan al testigo con excepción del T₇ (-N). El valor más alto corresponde al Tratamiento T₂ (+N) con una longitud de tallo de 157.0 cm; mientras que la menor longitud se obtuvo con el tratamiento T₇ (-N), con 117.3 cm.

Cuadro 3.6. Análisis de variancia de la longitud de tallo (cm) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2735 msnm – Ayacucho.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
Repetición	2	358.583	179.292	0.73 ns
Tratamientos	7	3292.625	470.375	1.91 ns
Error	14	3456.750	246.911	
Total	23	7101.958		

C.V.11.29%;

El análisis de variancia para la longitud de tallo (cuadro 3.6) muestra que no existe diferencia significativa entre tratamientos; la que también podría estar asociada a la variedad y al coeficiente de variación de 11.29 % (relativamente alto).

3.5. RENDIMIENTOS RELATIVOS Y FÓRMULA DE ABONAMIENTO

Cuadro 3.7. Rendimiento y rendimiento relativo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canáan 2735 msnm–Ayacucho

Tratamiento		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Rendimiento kg.ha ⁻¹	Rr %
T ₁	T	0	0	0	1562.7	100.0
T ₂	+N	140	0	0	3021.0	193.3
T ₃	+P	0	90	0	2625.3	168.0
T ₄	-K	140	90	0	2812.7	78.5
T ₅	+K	0	0	80	2492.0	159.5
T ₆	-P	140	0	80	2021.0	56.4
T ₇	-N	0	90	80	1916.7	53.5
T ₈	C	140	90	80	3583.3	100.0

El cuadro 3.7 muestra los rendimientos promedio de quinua (kg.ha⁻¹) para cada tratamiento; asimismo, los rendimientos relativos (Rr) calculados, según las técnicas de elemento presente y elemento faltante.

Según el cuadro 3.13 con respecto al testigo (Parcelas de inclusión o elemento presente) la mayor respuesta corresponde al abonamiento nitrogenado (+N) con un Rr de 193%, seguido del abonamiento fosfórico (+P) con un Rr de 168% y el abonamiento con potasio (+K) con un Rr de 159%; asimismo, con respecto al tratamiento completo (elemento faltante

o parcelas de omisión), la no utilización de N (-N) es la que perjudica más notablemente el rendimiento de quinua (Rr de 53.5%), seguido de la omisión de P (-P) con un Rr de 56.4% y la omisión del potasio (-K) con un Rr de 78.5%. La cantidad de cosecha de grano en porcentaje que se pierde por la omisión de N, P y K es de 46.5%, 43.6% y 21.5% respectivamente con relación al completo (figura 3.7)

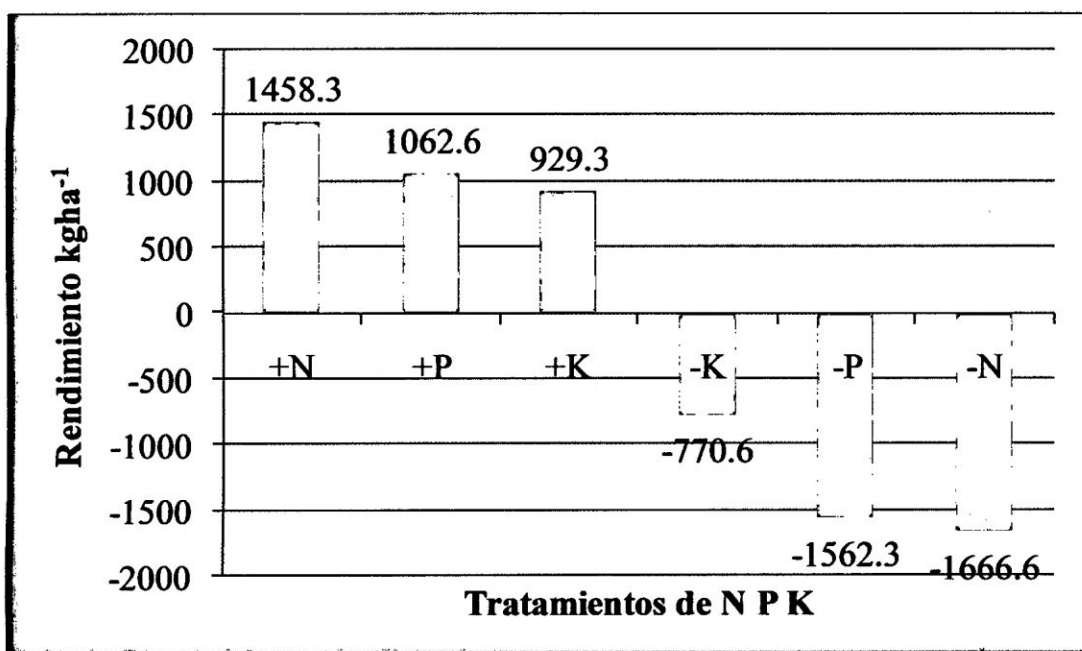


Figura 3.7. Ganancia de rendimiento de grano de quinua por inclusión del nutriente (valores positivos) respecto al testigo y pérdida de rendimiento de grano de quinua por omisión del nutriente (valores negativos) respecto al completo.

Existe una correspondencia importante entre los rendimientos relativos (Rr) obtenidos con la técnica del EF y los Rr obtenidos con la técnica del EP; a valores bajos de Rr con la técnica del EF para un nutriente, le

corresponde valores altos de Rr con la técnica del EP para el mismo nutriente, y viceversa.

La “Técnica de las parcelas de Omisión” permite estimar la contribución de N, P y K por el suelo, y mediante cálculos sencillos se estiman la fórmula de abonamiento a recomendar en el sitio específico (Canaán) para el cual se recomienda una fórmula de 240-240-80 de N-P₂O₅-K₂O para un rendimiento de 3583 kg.ha⁻¹. (Cuadro 3.8)

Cuadro 3.8. Requerimiento de abonos por la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm– Ayacucho.

Trat.	Rdto.	Dif	Comp.	PAU	FC	FR
-N	1917	1666	166.600	70	238.00	240
-P	2021	1562	60.918	25	243.67	240
-K	2813	770	63.140	80	78.93	80
C	3583					

El procedimiento de Cálculo del cuadro 3.14 de abonamiento en “Quinua”, mediante la “Técnica de las Parcelas de Omisión” en Canaán es el siguiente:

1. Colocar los rendimientos de quinua obtenidos en el campo (**Rdto**), en la columna 2, correspondientes a los tratamientos (**Trat**) identificados en la columna 1
2. En la columna 3, escribir la diferencia (**Dif**) entre los rendimientos del tratamiento completo (C) y los tratamientos donde se omitió un factor (nutriente):

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-N)} = 3583 - 1917 = 1666$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-P)} = 3583 - 2021 = 1562$$

$$\text{Rdto}_{(C)} - \text{Rdto}_{(-K)} = 3583 - 2813 = 770$$

3. En la columna 4 se calcula la parte complementaria (**Comp**) de nutrientes que debe incorporar la cosecha (el cultivo) en sus tejidos, a partir de los abonos, para alcanzar el rendimiento planteado ($3583 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Se conoce que el requerimiento del cultivo de quinua "Blanca Junín" para producir 1 tonelada de granos es 100-39-82 kg de N-P₂O₅-K₂O (Mateu, 2004):

$$\text{N} = 1666 \cdot 100 / 1000 = 166.600$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 1562 \cdot 39 / 1000 = 60.918$$

$$\text{K}_2\text{O} = 770 \cdot 82 / 1000 = 63.140$$

4. Los nutrientes que se suministran están sujetos a pérdidas en el suelo por diferentes mecanismos (lixiviación, fijación, etc.). La eficiencia de uso de los nutrientes suministrados vía abonamiento (**PAU**) depende de factores edáficos, climáticos y genéticos, entre otros. Considerando los valores indicados en la columna 5 (estimado para las condiciones de Canaán), calculamos las cantidades de abono (columna 6) requerido (**FC**):

$$\text{N} = 166.600 \cdot 100 / 70 = 238.00$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 60.918 \cdot 100 / 25 = 243.67$$

$$\text{K}_2\text{O} = 63.140 \cdot 100 / 80 = 78.93$$

5. Los valores de la columna 6 se redondean por comodidad para representarlo como una fórmula de abonamiento a recomendar (columna 7: **FR**); en este caso 240-240-80 de $\text{N-P}_2\text{O}_5\text{-K}_2\text{O}$.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

1. Los rendimientos de quinua obtenidos en Canaán se encuentran en un rango de 3583.3 y 1729.2 kg.ha⁻¹.
2. El aporte de potasio (+K) no contribuye significativamente en el incremento del rendimiento (según la técnica de las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de potasio (-K) no perjudica significativamente el desarrollo del cultivo (según la técnica de las parcelas de omisión).
3. La omisión de Nitrógeno (-N), con respecto al completo perjudica notablemente el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+N), con respecto al testigo resulta de mucha importancia en el incremento de los rendimientos.
4. La omisión de Fosforo (-P), con respecto al completo también perjudica el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+P), con respecto

al testigo resulta de importancia intermedia en el incremento de los rendimientos del cultivo de quinua.

5. La cantidad de cosecha de grano (en porcentaje) que se gana por la inclusión de nitrógeno, fósforo y potasio, con respecto al testigo, es de 93.3%, 68.0% y 59.5%, respectivamente.
6. La cantidad de cosecha de grano en porcentaje que se pierde por la omisión de nitrógeno, fósforo y potasio es de 46.5%, 43.6% y 21.5%, respectivamente, con relación al completo.
7. El rendimiento de quinua (Y) por influencia de la fertilización con NPK obedece al modelo: $Y = 1988.79 + 4.3292N + 2.3379P_2O_5 + 0.9635K_2O + 0.0344N.P_2O_5 - 0.20074N.K_2O + 0.00924 P_2O_5.K_2O$.

4.2. RECOMENDACIONES

1. Para un rendimiento de 3583 kg.ha⁻¹ de quinua Blanca Junín en Canaán, se recomienda abonar con 240-240-80 de N-P₂O₅-K₂O.
2. Efectuar estudios con la metodología de parcelas de inclusión y omisión con otras variedades comerciales de quinua, para el mejoramiento de la productividad de grano de quinua.
3. Para estimar la dosis de fertilizante a utilizar, se recomienda emplear la "Técnica de las Parcelas de Omisión y de las Parcelas de Inclusión".

RESUMEN

Con la finalidad de determinar la dosis óptima de NPK para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Will var. Blanca de Junín) en Canaán, se realizó el presente trabajo en el Centro Experimental Canaán de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Se utilizó la técnica del elemento faltante (parcelas de omisión) y elemento presente (parcelas de inclusión). Los tratamientos se distribuyeron en el Diseño de bloques completos al azar (DBCA). Cada tratamiento se repitió tres veces, de manera que el experimento contó con 24 unidades experimentales (8 unidades por bloque). Como fuentes de N, P y K se utilizaron urea, superfosfato triple y cloruro de potasio. Se evaluó el rendimiento del cultivo de quinua. Los rendimientos se llevaron a rendimientos relativos (%Rr) según la técnica de las parcelas de omisión o la técnica de las parcelas de inclusión. Luego de realizar los análisis correspondientes, se concluye que: 1) El aporte de potasio (+K) no contribuye significativamente en el incremento del rendimiento (según la técnica de

las parcelas de inclusión); asimismo, la omisión de potasio (-K) no perjudica significativamente el desarrollo del cultivo (según la técnica de las parcelas de omisión); 2) La omisión de Nitrógeno (-N), con respecto al completo perjudica notablemente el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+N), con respecto al testigo resulta de mucha importancia en el incremento de los rendimientos; 3) La omisión de Fosforo (-P), con respecto al completo también perjudica el rendimiento del cultivo, o su inclusión (+P), con respecto al testigo resulta de importancia intermedia en el incremento de los rendimientos del cultivo de quinua. 4) La cantidad de cosecha de grano (en porcentaje) que se gana por la inclusión de nitrógeno, fósforo y potasio, con respecto al testigo, es de 93.3%, 68.0% y 59.5%, respectivamente; 5) La cantidad de cosecha de grano en porcentaje que se pierde por la omisión de nitrógeno, fósforo y potasio es de 46.5%, 43.6% y 21.5%, respectivamente, con relación al completo; 6) La técnica de las parcelas de omisión y la técnica de las parcelas de inclusión son herramientas adecuadas para el diagnóstico de la fertilidad del suelo. Bajos contenidos de un nutriente en el suelo, están asociados a bajos Rr en la técnica de las parcelas de omisión y altos Rr en la técnica de las parcelas de inclusión; 7) Según la "Técnica de las parcelas de Omisión" se permitió estimar la contribución de N, P y K por el suelo, estimándose en 240 - 240 - 80 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, la fórmula de abonamiento a recomendar en Canaán para un rendimiento de 3583.3 kg.ha⁻¹ de grano de quinua.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APAZA, V.; DELGADO, P. 2005. Manejo y Mejoramiento de Quinoa Orgánica. Serie: Manual N°1 Estación Experimental Agraria Illpa. Puno, Perú.
- BLACK, C. 1975. Relaciones Suelo-Planta. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina.
- BONIFACIO A. et al. 2007. Capítulo VI. Mejoramiento Genético, Germoplasma y Producción de Semilla.
Disponible: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro03/cap6.htm>. Accedado: 18 de setiembre del 2014.
- BUCKMAN, H., y BRADY, N. 1993. Naturaleza y propiedades de los suelos. Editorial UTHEA. España.
- DE LA CRUZ, J. 2003. Fertilización NPK en 4 variedades de Quinoa. (*Chenopodium quinoa* Willd) Manallasacc a 3 640 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.
- DEVLIN, R. 1970. Fisiología Vegetal. Edit. Omega S.A. Barcelona. Madrid, España.
- DOMINGUEZ, A. 1989. Tratado de Fertilizantes. Edit. Mundi Prensa. Madrid, España.
- ESTRADA, J. 1986. Curso de nutrición mineral de las plantas. UNA La Molina. Lima, Perú.
- FASSBENDER, H. y BORDEMIZSA. M. 1987. Química de suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
- FASSBENDER, H. 1984. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación. Fitotécnica Latinoamericana. Vol.3, Número 1. Lima, Perú.

FERNANDEZ, T. 1986. Comparativo de Rendimiento de Seis Variedades y dos Líneas de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), en condiciones de Allpachaka a 3600 m.s.n.m. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

IBAÑEZ, R.; AGUIRRE, G. 1983. Fertilidad de suelos: manual de prácticas. UNSCH, Ayacucho, Perú.

INPOFOS (POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE). 1997. Manual Internacional de fertilidad de Suelos. 1^{era} Impresión, versión en español Potash & Phosphate Institute. USA.

LEON, J. 2003. Cultivo de la Quinoa en Puno Peru. Descripción, Manejo y Producción. Puno, Perú. Setiembre. www.monografias.com.pe

LESCANO, J. 1994. Genética y Mejoramiento de Cultivos Alto andinos. Quinoa, Kañiwa, Tarwi, Kiwicha, Papa Amarga, Olluco, Mashua y Oca. Puno, Perú.

MEJIA, M. 2012. Niveles de guano de isla y NPK en el rendimiento de quinoa var. Blanca de Junín (*Chenopodium quinoa* Willd). Chontaca 3500 msnm – Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

MATEU, V. 2005. Extracción de nutrientes por el cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa*. Willd.) variedad blanca de Junín. en Canaán a 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

MUJICA, A. 1993. Cultivo de Quinoa. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Manual N° 11. Lima, Perú.

MUJICA, A. et al. 1998. Libro de Campo. Prueba Americana y Europea de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Puno, Perú.

ORIUNDO, C. 2010. Dosis De Guano De Islas Incubado En El Rendimiento De La Quinoa Blanca de Junín (*Chenopodium quinoa* Willd.),

Canaán 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

PALOMINO, C. 2006. Influencia del Estiércol de Ovino en el Rendimiento de Cinco Variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) de Grano Grande, Canaán a 2750 msnm. Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

PULGAR, J. 1954. La Quinoa en Colombia. Ministerio de Agricultura. Publicación N° 08. Bogotá, Colombia.

RUSSELL, J.; RUSSELL, W. 1968. Condiciones del suelo y crecimiento de las plantas. Edit. Aguilar. Madrid, España.

TAPIA, M. et al. 1979. La Quinoa y la cañihua. Cultivos Andinos. Editorial IICA. Bogotá – Colombia.

TAPIA, M.; FRIES, A. 2007. Guía De Campo De Los Cultivos Andinos. FAO-ANPE. Primera edición FAO. Lima-Perú.

TAPIA, M.; GANDARILLAS, H. 1979. La Quinoa y la cañihua. Cultivos Andinos. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo CIID – Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA. Bogotá, Colombia.

THOMPSON, L. 1974. El suelo y su fertilidad. Edit. Reverté. Madrid, España.

TINEO, A. 2007. Manejo y Conservación de Suelos, Guía de estudio para la asignatura de Manejo y Conservación de Suelos. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. UNSCH.

TINEO, A.L. 2014. Superficies de respuesta: El Diseño 03 de Julio (Aplicaciones agronómicas), Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, UNSCH, Ayacucho.

TISDALE, S.L; NELSON, W.L. 1985. Fertilidad de Suelos y Fertilizantes. Edit. Montaner y Simón S.A. Barcelona, España.

ZVALETA, A. 1992. El suelo en relación con la producción UNA. La Molina. Lima, Perú.

ZVALLOS, D. 1984. Manual de Horticultura para el Perú. Ediciones Manfer. S.A. Barcelona, España.

ANEXO

Anexo 01. Resultados de longitud de tallo, longitud de panoja, diámetro de panoja y rendimiento de grano con tratamientos de parcelas de inclusión y parcelas de omisión en el cultivo de quinua var Blanca de Junín (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2750 msnm - Ayacucho

Bloque	Tratamiento	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Longitud de tallo	Longitud de panoja	Diámetro de panoja	Rendimiento de grano
		kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹	kg.ha ⁻¹	cm	cm	cm	kg.ha ⁻¹
1	T	0	0	0	163	56	15	2562.5
1	+N	140	0	0	172	72	31	2750
1	+P	0	90	0	130	54	23	2250
1	-K	140	90	0	138	56	29	2500
1	+K	0	0	80	158	55	20	2750
1	-P	140	0	80	115	33	13	1187.5
1	-N	0	90	80	134	59	18	1750
1	C	140	90	80	156	45	23	4000
2	T	0	0	0	122	50	15	2625
2	+N	140	0	0	150	58	21	3125
2	+P	0	90	0	122	52	16	1562.5
2	-K	140	90	0	163	58	27	2812.5
2	+K	0	0	80	150	57	16	2187.5
2	-P	140	0	80	147	54	23	2500
2	-N	0	90	80	124	53	12	2625
2	C	140	90	80	124	57	29	2562.5
3	T	0	0	0	156	59	26	2687.5
3	+N	140	0	0	149	55	17	3187.5
3	+P	0	90	0	133	54	22	1375
3	-K	140	90	0	141	48	16	3125
3	+K	0	0	80	134	39	12	2937.5
3	-P	140	0	80	158	67	25	2375
3	-N	0	90	80	94	32	8	1375
3	C	140	90	80	138	58	22	4187.5

**ANEXO 02. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T1 (T)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostalado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		52		1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL		16		560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (0-0-0)				
- Urea	Kg.	0	1.40	0.00
- Super fosfato triple	Kg.	0	1.90	0.00
- Cloruro de Potasio	Kg.	0	1.60	0.00
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				464.00
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				258.4
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				258.4
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				2842.40
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				2842.40
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg. ha ⁻¹)				1562.7
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				11720.25

**ANEXO 03. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T2 (+N)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		52		1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL		16		560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (140-0-0)				
- Urea	Kg.	304	1.40	426.09
- Super fosfato triple	Kg.	0	1.90	0.00
- Cloruro de Potasio	Kg.	0	1.60	0.00
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				890.09
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				301.01
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				301.01
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				3311.10
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3311.10
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg.ha ⁻¹)				3021
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				22657.50

**ANEXO 04. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T3 (+P)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		52		1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL		16		560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (0-90-0)				
- Urea	Kg.	0	1.40	0.00
- Super fosfato triple	Kg.	196	1.90	371.74
- Cloruro de Potasio	Kg.	0	1.60	0.00
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				835.74
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				295.57
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				295.57
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				3251.31
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3251.31
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg.ha ⁻¹)				2625.3
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				19689.75

**ANEXO 05. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T4 (-K)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostalado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		52		1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL		16		560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (140-90-0)				
- Urea	Kg.	304	1.40	426.09
- Super fosfato triple	Kg.	196	1.90	371.74
- Cloruro de Potasio	Kg.	0	1.60	0.00
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				1261.83
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				338.18
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				338.18
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				3720.01
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3720.01
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg. ha ⁻¹)				2812.7
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				21095.25

**ANEXO 06. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T5 (+K)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostalado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		52		1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL		16		560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (0-0-80)				
- Urea	Kg.	0	1.40	0.00
- Super fosfato triple	Kg.	0	1.90	0.00
- Cloruro de Potasio	Kg.	133	1.60	213.33
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				677.33
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				279.73
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				279.73
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				3077.07
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3077.07
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg. ha ⁻¹)				2492
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				18690.00

**ANEXO 07. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T6 (-P)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostalado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA			52	1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL			16	560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (140-0-80)				
- Urea	Kg.	304	1.40	426.09
- Super fosfato triple	Kg.	0	1.90	0.00
- Cloruro de Potasio	Kg.	133	1.60	213.33
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS			1103.42	1103.42
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				322.34
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES			322.34	322.34
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				3545.76
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3545.76
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg.ha ⁻¹)				2021
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				15157.50

**ANEXO 08. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T7 (-N)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	Nº DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		52		1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL		16		560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (0-90-80)				
- Urea	Kg.	0	1.40	0.00
- Super fosfato triple	Kg.	196	1.90	371.74
- Cloruro de Potasio	Kg.	133	1.60	213.33
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				1049.07
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				316.91
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				316.91
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				3485.98
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3485.98
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg. ha ⁻¹)				1916.7
B. Precio Promedio de Venta (S/.x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				14375.25

**ANEXO 09. COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE QUINUA
T8 (C)**

VARIEDAD : BLANCA DE JUNIN
FECHA DE COSTEO : JUNIO - 2014

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	N° DE UNIDAD	VALOR UNITARIO (S/.)	COSTO PRIVADO TOTAL (S/.)
I.- COSTOS DIRECTOS				
A. GASTOS DE CULTIVO				
1. Mano de Obra:				
1.1 Preparación de terreno				
- Limpieza de campo	Jor.	2	30.00	60.00
1.2 Siembra				
- Desinfección y distrib. de semilla	Jor.	8	30.00	240.00
1.3 Abonamiento				
- 1er. Abonamiento	Jor.	2	30.00	60.00
- 2do. Abonamiento	Jor.	1	30.00	30.00
1.4 Labores Culturales				
- Desahije	Jor.	2	30.00	60.00
- Aporque	Jor.	12	30.00	360.00
1.5 Control Fitosanitario				
- Aplicación pesticidas	Jor.	3	30.00	90.00
1.6 Cosecha				
- Siega	Jor.	8	30.00	240.00
- Trilla	Jor.	10	30.00	300.00
- Encostalado y carguío	Jor.	4	30.00	120.00
SUB-TOTAL DE MANO DE OBRA		52		1560.00
2. Tracción Animal:				
2.1 Aradura	Día/yunta	6	35.00	210.00
2.2 Cruza	Día/yunta	4	35.00	140.00
2.3 Rastra	Día/yunta	2	35.00	70.00
2.4 Surcado	Día/yunta	4	35.00	140.00
SUB-TOTAL DE TRACCION ANIMAL		16		560.00
3. Insumos:				
3.1 Semilla	Kg.	15	15.00	225.00
3.2 Fertilizantes (140-90-80)				
- Urea	Kg.	304	1.40	426.09
- Super fosfato triple	Kg.	196	1.90	371.74
- Cloruro de Potasio	Kg.	133	1.60	213.33
3.3 Pesticidas				
- 2,4-D Sal amina	Lt.	2	40.00	80.00
- Metamidofos	Lt.	1	30.00	30.00
- Mancozeb	Kg.	2	60.00	120.00
- Lissapol NX	Lt.	0.5	18.00	9.00
SUB-TOTAL DE INSUMOS				1475.16
B. GASTOS GENERALES				
1. Imprevistos (10% gastos de cultivo)				359.52
SUB-TOTAL DE GASTOS GENERALES				359.52
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				3954.68
II.- COSTO TOTAL DE PRODUCCION				3954.68
IV.- VALORIZACION DE LA COSECHA				
A. Rendimiento Probable (kg. ha ⁻¹)				3583.3
B. Precio Promedio de Venta (S/. x kg.)				7.50
C. Valor Bruto de la Producción (S/.)				26874.75

**Anexo 10. Resumen de análisis de costos y rentabilidad en la producción de quinoa var. Blanca de Junin
(*Chenopodium quinoa Will.*) Canaán 2750 msnm - Ayacucho.**

Tratamiento	Código			Costos de Producción S/. ha	Rendimiento kg.ha ⁻¹	Valor bruto de producción S/. ha ⁻¹	Utilidad neta S/.	Índice Rentabilidad %
	X ₁	X ₂	X ₃					
1 T	-2	-2	-2	2842.4	1562.7	11720.25	8877.85	312.3%
2 +N	2	-2	-2	3311.1	3021.0	22657.50	19346.40	584.3%
3 +P	-2	2	-2	3251.3	2625.3	19689.75	16438.44	505.6%
4 -K	2	2	-2	3720.0	2812.7	21095.25	17375.24	467.1%
5 +K	-2	-2	2	3077.1	2492.0	18690.00	15612.93	507.4%
6 -P	2	-2	2	3545.8	2021.0	15157.50	11611.74	327.5%
7 -N	-2	2	2	3486.0	1916.7	14375.25	10889.27	312.4%
8 C	2	2	2	3954.7	3583.3	26874.75	22920.07	579.6%

Anexo 11. Galería de fotografías



Foto 01. Preparación de terreno en campo experimental, Canaán.



Foto 02. Campo experimental divididas en tres bloques.



Foto 03 Aplicación de fungicidas e insecticidas



Foto 04. Campo de cultivo



Foto 05. Panojamiento



Foto 06. Panoja var. Blanca de Junín