

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Densidad de plantas en el rendimiento de tres variedades
de *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2750
msnm - Ayacucho, 2021**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Jhon QUISPE LLAMPASI

ASESOR:

M.Sc. Walter Augusto MATEU MATEO

AYACUCHO – PERÚ

2024

*A Dios por darme salud, sabiduría y el
entendimiento para culminar mis estudios.
Gracias, por ser el guiador de mi camino.*

*Esta tesis está dedicada a mi madre Maura
Llampasi Canchari, que con tu esfuerzo y
abnegada labor hiciste posible la culminación
de mis estudios superiores.*

*A mi esposa Justina y a mis hijos Jharely
Elma y Jhanzel Jesús que son mi mayor
fortaleza y orgullo.*

*A mis hermanos que me apoyaron de manera
directa e indirectamente en la materialización
del presente trabajo.*

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma máter, fuente de sabiduría y enseñanza, por brindarme la oportunidad de asimilar en sus aulas los conocimientos para lograr mis objetivos.

A la Escuela Profesional de Agronomía, a su plana de docentes por haber impartido sus conocimientos y por haberme formado profesionalmente.

Al Mtro. Walter A. Mateu Mateo, por la valiosa orientación y asesoramiento para la concretización del presente trabajo de investigación.

A mis amigos, compañeros y demás personas que me brindaron su apoyo incondicional durante la ejecución del trabajo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice general.....	iv
Índice de tablas	viii
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
Resumen.....	xii
Introducción	1
 CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	3
1.1. Centro de origen y distribución del cultivo de quinua	3
1.2. Clasificación taxonómica de la quinua.....	3
1.3. Morfología de la quinua	4
1.3.1. <i>Planta</i>	4
1.3.2. <i>Raíz</i>	5
1.3.3. <i>Tallo</i>	5
1.3.4. <i>Hojas</i>	5
1.3.5. <i>Flores</i>	6
1.3.6. <i>Inflorescencia</i>	6
1.3.7. <i>Fruto</i>	7
1.3.8. <i>Semilla</i>	7
1.4. Fenología del cultivo	8
1.4.1. <i>Emergencia</i>	8
1.4.2. <i>Hojas cotiledonales</i>	8
1.4.3. <i>Dos hojas verdaderas</i>	8
1.4.4. <i>Cuatro hojas verdaderas</i>	9
1.4.5. <i>Seis hojas verdaderas</i>	9
1.4.6. <i>Ramificación</i>	9
1.4.7. <i>Inicio de panojamiento</i>	9
1.4.8. <i>Panojamiento</i>	10
1.4.9. <i>Inicio de floración</i>	10
1.4.10. <i>Floración o antesis</i>	10

1.4.11. Grano lechoso	10
1.4.12. Grano pastoso	11
1.4.13. Madurez fisiológica	11
1.5. Valor nutricional	11
1.6. Variedades de quinua	13
1.6.1. Salcedo INIA	13
1.6.2. Señor del Huerto – INIA 441	14
1.6.3. Arete	15
1.7. Factores agroecológicos para el cultivo de quinua	15
1.7.1. Suelo	15
1.7.2. pH	15
1.7.3. Clima	15
1.7.4. Altitud	16
1.8. Labores culturales	17
1.8.1. Preparación de suelos	17
1.8.2. Fertilización y abonamiento	17
1.8.3. Siembra	17
1.8.4. Raleo	19
1.8.5. Deshierbes	19
1.8.6. Aporque	19
1.8.7. Riego	20
1.8.8. Plagas y enfermedades	20
1.8.9. Siega	23
1.8.10. Emparvado	23
1.8.11. Trilla	24
1.8.12. Aventado y limpieza de grano	24
1.8.13. Secado del grano	24
1.8.14. Selección del grano	24
1.8.15. Almacenamiento	25
1.9. Antecedentes de la investigación	25
CAPÍTULO II	
METODOLOGÍA	28
2.1. Ubicación del experimento	28
2.2. Características del suelo	28

2.3.	Condiciones climáticas.....	29
2.4.	Variables estudiadas e indicadores	32
2.4.1.	<i>Variables independientes</i>	32
2.4.2.	<i>Variables dependientes</i>	32
2.5.	Criterios de evaluación.....	32
2.5.1.	<i>Altura de planta a la madurez fisiológica (cm)</i>	32
2.5.2.	<i>Diámetro de la panoja (cm)</i>	32
2.5.3.	<i>Longitud de la panoja (cm)</i>	33
2.5.4.	<i>Diámetro del tallo (cm)</i>	33
2.5.5.	<i>Rendimiento (kg.ha⁻¹)</i>	33
2.6.	Método experimental.....	33
2.6.1.	<i>Tipo de investigación</i>	33
2.6.2.	<i>Población</i>	33
2.6.3.	<i>Muestra</i>	33
2.6.4.	<i>Diseño experimental</i>	33
2.6.5.	<i>Unidad experimental</i>	34
2.6.6.	<i>Tratamientos en estudio</i>	34
2.7.	Descripción del campo experimental	35
2.8.	Conducción del experimento	36
2.8.1.	<i>Preparación del terreno</i>	36
2.8.2.	<i>Demarcación del terreno</i>	36
2.8.3.	<i>Abonamiento</i>	36
2.8.4.	<i>Siembra</i>	37
2.8.5.	<i>Raleo</i>	37
2.8.6.	<i>Riegos</i>	37
2.8.7.	<i>Deshierbe y aporque</i>	37
2.8.8.	<i>Control fitosanitario</i>	38
2.8.9.	<i>Cosecha</i>	38

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1. Diámetro de tallo de la planta.....	39
3.2. Diámetro de panoja de la planta	40
3.3. Longitud de panoja de la planta	42
3.4. Altura de la planta	44

3.5. Rendimiento de granos del cultivo de quinua	46
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1. <i>Composición química y valor nutricional de la quinua Blanca de Junín</i>	12
Tabla 1.2. <i>Contenido de aminoácidos</i>	12
Tabla 1.3. <i>Comparativo de la quinua y otros alimentos.....</i>	13
Tabla 1.4. <i>Categorías de plagas de la quinua</i>	21
Tabla 2.1. <i>Resultado del análisis físico - químico del suelo del campo experimental. (Canaán 2750 msnm).....</i>	28
Tabla 2.2. <i>Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico correspondiente a la Campaña Agrícola 2021-2022. Ayacucho.....</i>	30
Tabla 2.3. <i>Descripción de los tratamientos</i>	35
Tabla 3.1. <i>ANVA de diámetro de tallo de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho</i>	39
Tabla 3.2. <i>Prueba de Duncan de diámetro de tallo de plantas en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho</i>	39
Tabla 3.3. <i>ANVA de diámetro de panoja en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.....</i>	40
Tabla 3.4. <i>Prueba de Duncan de diámetro de panoja en variedades de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.....</i>	41
Tabla 3.5. <i>Prueba de Duncan de diámetro de panoja en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho</i>	42
Tabla 3.6. <i>ANVA de longitud de panoja de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho</i>	43
Tabla 3.7. <i>Prueba de Duncan de longitud de panoja en las variedades de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.....</i>	43
Tabla 3.8. <i>Prueba de Duncan de longitud de panoja en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho</i>	44
Tabla 3.9. <i>ANVA de altura de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.....</i>	44
Tabla 3.10. <i>Prueba de Duncan de altura de planta en las variedades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.....</i>	45
Tabla 3.11. <i>Prueba de Duncan de altura de planta en las densidades de planta del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho</i>	46

Tabla 3.12.	<i>ANVA de rendimiento de granos en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho</i>	46
Tabla 3.13.	<i>Prueba de Duncan de rendimiento de granos en las densidades de planta del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho</i>	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Diagrama ombrotermico de temperatura, precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña 2021-2022. Estación Meteorológica de INIA-Ayacucho</i>	31
Figura 2.2. <i>Croquis del campo experimental</i>	36

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Datos de campo de Quinoa de tres variedades y tres densidades de plantas. Canaán, Ayacucho.....</i>	56
Anexo 2. <i>Panel fotográfico.....</i>	57

RESUMEN

El trabajo de investigación en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se condujo en el Centro Experimental de Canaán perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ubicado en el departamento de Ayacucho, a 2750 msnm, con el objetivo de evaluar el efecto de densidad de plantas y variedades de quinua en el rendimiento de granos de quinua. Los factores estudiados fueron, variedades: Salcedo INIA, Arete y Señor del Huerto; densidad de plantas, 125,000 plantas.ha⁻¹, 187,000 plantas.ha⁻¹ y 250,000 plantas.ha⁻¹. Se utilizó el Diseño Bloque Completo Randomizado, con arreglo factorial de 3V * 3D, con 9 tratamientos y 3 repeticiones. El área de la unidad experimental fue de 12.80 m². La densidad de plantas influyó en el rendimiento de grano de quinua, 125,000 plantas.ha⁻¹ con 4,028.96 kg.ha⁻¹ fue superior a 187,000 y 250,000 plantas.ha⁻¹, los cuales tuvieron similar rendimiento. La densidad 125,000 plantas.ha⁻¹ tuvo mayor diámetro de tallo, diámetro de panoja, longitud de panoja, altura de planta con 1.53; 16.44; 48.40 y 165.59 cm, respectivamente. Las variedades de quinua no presentaron diferencia de rendimientos de grano en las densidades probadas; sin embargo, la variedad Arete registró diámetro de panoja de 16.36 cm; la variedad Señor del huerto registró longitud de panoja y altura de planta de 45.69 y 159.85 cm, respectivamente.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd., variedades, densidad de plantas.

INTRODUCCIÓN

La quinua *Chenopodium quinoa* Willd., es un grano originario de Los Andes, donde fue cultivado desde las culturas precolombinas y constituye un alimento de las poblaciones rurales. La semilla de quinua es grano muy nutritivo pues contiene aminoácidos esenciales, minerales, aceites, vitaminas y no contiene gluten. Su valor nutritivo a nivel global ha sido reconocido desde el año 2013 donde se declaró el año internacional de la quinua y como consecuencia las exportaciones de los países productores como Perú y Bolivia y Ecuador se han incrementado vertiginosamente. Ha sido seleccionada por la FAO como uno de los cultivos destinados para combatir el hambre y la desnutrición en el mundo, en este siglo XXI (Jacobsen, 2003).

La quinua cuenta con más de tres mil genotipos tanto cultivados como silvestres que se clasifican en cinco categorías según el gradiente altitudinal: ecotipos del nivel del mar, del altiplano, de valles interandinos, de los salares y de las Yungas. Crece tradicionalmente en los Andes de Bolivia, Perú y Ecuador, lugares donde es un alimento básico e importante. (Mendoza, V. p. 13)

En la campaña agrícola 2023/2024 en el país se registra una producción de 70,300 toneladas, producción que ha decaído desde el 2022 donde registró 114,000 toneladas de quinua. En el último quinquenio el 93.7% de la producción se concentra en siete departamentos: Puno, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa y Junín. Ayacucho en el 2023, ha tenido una participación de 24.4 %, consolidándose en el segundo productor más importante del país (MIDAGRI, 2024).

A nivel nacional en el año 2022 fue de 1639 kg.ha⁻¹, mientras que el rendimiento de quinua en el departamento fue de 1836 kg.ha⁻¹, sin embargo, cinco departamentos: Arequipa, Cusco, Apurímac y Junín superan los 2000 kg.ha⁻¹, llegando inclusive a 3677 kg.ha⁻¹, cuyo soporte fue la mejora de la tecnología del cultivo (MIDAGRI, 2024).

Su potencial excepcional de supervivencia y su alto valor nutritivo han hecho que este cultivo se convierta en un producto agrícola con valor estratégico importante para la seguridad alimentaria de la humanidad, y ha sido seleccionada por la FAO como uno de los cultivos destinados para combatir el hambre y la desnutrición en el mundo, en este siglo. (Mendoza, V. p. 13)

Los aspectos importantes en la mejora del rendimiento de granos en quinua lo constituyen la utilización de densidades adecuadas de plantas, variedades adaptadas de buen rendimiento, énfasis en el abonamiento orgánico – mineral, deshierbo oportuno y control de plagas y enfermedades, bajo un contexto con condiciones edafoclimáticas adecuadas nos permitirán elevar los rendimientos por encima de la dos t.ha⁻¹.

Tomando en cuenta la importancia y adaptabilidad de la quinua basado en su diversidad genotípica se ha planteado la investigación bajo las condiciones de Canaán a 2750 msnm-Ayacucho para contribuir con la soberanía alimentaria de la región, persiguiendo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Canaán 2,750 msnm – Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento en grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).
2. Evaluar la respuesta de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a la densidad de plantas.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Centro de origen y distribución del cultivo de quinua

La quinua constituyó un importante componente de la alimentación de los pueblos prehispánicos en las tierras altas de los andes, su uso fue común en las regiones andinas hasta el primer tercio de este siglo, cuando los países de esta zona iniciaron la importación masiva del trigo (Tapia et al., 1979, p. 15).

Mujica et al (2023) sostiene que Vavilov estableció como centro de origen de una planta cultivada, aquella región con la mayor diversidad de tipos, tanto de plantas cultivadas tanto como de sus progenitores silvestres, en ello basa que los últimos estudios muestren concluyentemente que el centro de origen va desde el sur del nudo de Pasco hasta el Altiplano de Puno, por la gran diversidad de ecotipos observadas. (p. 01)

Mujica et al. (2023) menciona que, la quinua es un grano alimenticio que se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de Argentina y en las condiciones de montaña de altura, aunque en Chile se produce un ecotipo de nivel del mar. La existencia de diferentes tipos mayores o grupos de quinua cultivados en zonas determinadas: nivel del mar, valles interandinos, altiplano y zonas casi desérticos, como los salares en Bolivia, confirma su gran adaptación a diferentes climas. P. 01)

1.2. Clasificación taxonómica de la quinua

Mujica et al. (2023) manifiesta que esta especie, taxonómicamente está ubicada de la siguiente manera:

Reino	: Vegetal
División	: Fanerógamas
Clase	: Dicotiledóneas
Sub clase	: Angiospermas

Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiáceas
Género	: Chenopodium
Sección	: Chenopodia
Sub sección	: Cellulata
Especie	: <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. (p. 07)

Nombres comunes

Mujica et al. (2023) menciona que la quinua recibe diferentes nombres en el área andina, que varían entre localidades y de un país a otro.

- Perú : quinua, quiuna.
- Colombia : quinua, suba, supha, uba, luba, balá, juba, uca.
- Ecuador : quinua, juba, ubaque, uvate.
- Bolivia : quinua, jupha, jiura.
- Chile : quinua, quingua, dahuie.
- Argentina : quinua, quiuna. (p. 06)

1.3. Morfología de la quinua

Mujica et al. (2023) indica que, es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica, presenta características peculiares en su morfología, coloración y comportamiento en diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva. (p. 07)

1.3.1. Planta

Mujica et al. (2023) menciona que,

la planta es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 250 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece y 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, el primer carbono estable es el ácido fosfoglicérico. (p. 07)

1.3.2. Raíz

Mujica et al. (2023) menciona que,

la raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, lo cual posiblemente le dé resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta. Se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que se asemejan a una gran cabellera, esta se origina del periciclo, variando el color con el tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 1,80 cm de profundidad y teniendo también alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de la panoja. (p. 08)

1.3.3. Tallo

Mujica et al. (2023) menciona que,

el tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional. El grosor del tallo también es variable. Existen genotipos ampliamente ramificados (Quinuas de valle) incluso desde la base (Quinuas del nivel del mar) y otros de tallo único (Quinuas del altiplano), así como genotipos intermedios. Dependiendo del genotipo, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes. (p. 08)

1.3.4. Hojas

Mujica et al. (2023) señala que,

las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina. Los peciolo son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta. La lámina es polimorfa en la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés, los cuales son bastante higroscópicas, captando la humedad atmosférica nocturna, y que controlan la excesiva transpiración por humedecimiento de las células guarda de los estomas, y reflejan los rayos luminosos disminuyendo la radiación directa sobre las hojas, evitando el sobre

calentamiento, presentando bordes dentados, aserrados o lisos, variando el número de dientes con los genotipos, desde unos pocos hasta cerca de 25. El tamaño de la hoja varía, en la parte inferior son grandes, romboidales y triangulares y en la superior pequeñas y lanceoladas, y muchas veces sobresalen de la inflorescencia, con apenas 10 mm de largo por 2 mm de ancho. La coloración de la hoja es muy variable: del verde al rojo con diferentes tonalidades y puede medir hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho. Presenta nervaduras muy pronunciadas y fácilmente visibles, que nacen del peciolo y que generalmente son en número de tres. Existen genotipos que tienen abundante cantidad de hojas y otros con menor, generalmente las quinuas de valle tienen un follaje abundante, incluso han permitido seleccionar como forrajeras por su alta producción de materia verde. (p. 09)

1.3.5. Flores

Mujica et al. (2023) mencionan que,

las flores carecen de pétalos, pueden ser hermafroditas (pistilo y estambres) ubicadas en la parte superior del glomérulo. Pistiladas (femeninas), ubicadas en la parte inferior del glomérulo y androestériles (pistilos y estambres estériles). Los tres tipos de flores pueden estar ubicados en la misma planta. Por lo general las flores presentan un perigonio con cinco sépalos de color verde, un androceo con cinco estambres (pentámera) cortos de color amarillo y un gineceo con estigma central, plumoso con dos a tres ramificaciones estigmáticas, flores tetra ováricas de 3, 4, 6 y 7 estambres. (p. 10).

1.3.6. Inflorescencia

Mujica et al. (2023) mencionan que,

la inflorescencia es una panoja típica, constituida por un eje central, ejes secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen los glomérulos (así como por la disposición de las flores y por qué el eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas, presentando características de transición entre los dos grupos. Es glomerulada cuando las inflorescencias forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto (racimo). La longitud de la panoja es variable, dependiendo

del tipo de quinua, el lugar donde se desarrolla y las condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro. El número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos por inflorescencia. (p. 09)

1.3.7. Fruto

Mujica et al. (2023) afirma que,

el fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario súpero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico-lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección. (p. 10).

1.3.8. Semilla

Mujica et al. (2023) menciona que,

la semilla viene a ser el ovulo fecundado y maduro, tiene la forma lenticular elipsoidal, cónica esferoidal. Presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma. La episperma, está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina. La segunda capa es muy delgada y lisa, se observa solo cuando la capa externa es translúcida. La tercera es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capan es translúcida. El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula que constituye el 30 % del volumen total de la semilla el cual envuelve el perisperma. El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla. Sus células son grandes, de mayor tamaño que las del endospermo, de forma poligonal con paredes delgadas. (p. 11)

1.4. Fenología del cultivo

Mujica et. al. (2023) manifiesta que, la fenología, es el estudio de los cambios externos diferenciados y visibles que muestran las plantas como resultado de sus relaciones con las condiciones ambientales (temperatura, luz, humedad, suelo, etc.) donde se desarrollan, durante el periodo vegetativo y reproductivo.

En el caso de la quinua, se ha determinado que la planta atraviesa por 13 fases fenológicas importantes y claramente distinguibles, ello en base a las observaciones de las diferentes accesiones del banco de germoplasma sembradas en varios años y localidades, así como observación del cultivo de distintas variedades de campo de agricultores, habiendo determinado y nominado las siguientes:

1.4.1. Emergencia

Es cuando los cotiledones aún unidos, emergen del suelo a manera de una cabeza de fósforo y es distinguible sólo 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.

1.4.2. 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- 10 días después de la siembra.

1.4.3. Dos hojas verdaderas

Es cuando, fuera de las dos hojas cotiledonales, aparecen las 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 a los 15 – 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*, *Feltia*) “Ticuchis”.

1.4.4. 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 planta 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 una 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 (*Epitrix* y *Diabrotica*) Pulguilla saltana y loritos sobre todo cuando hay escasas de lluvias.

1.4.5. Seis hojas verdaderas

Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose las hojas cotiledonales de color amarillento y algo flácidas, 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 – 45 días después de la siembra, en el 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.

1.4.6. Ramificación

Se nota 8 hojas verdaderas extendidas y con 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 - 50 días después de la siembra. En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle así mismo, es la etapa de mayor resistencia al frío y se nota con mucha nitidez la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina e incluso de colores que caracterizan a los distintos genotipos; debido a la gran cantidad de hojas es la etapa en la que la mayormente se consumen las hojas como verdura, hasta esta fase el crecimiento de la planta pareciera lento, para luego alargarse rápidamente.

1.4.7. Inicio de panojamiento

La inflorescencia se ve que va emergiendo del ápice de la planta, observándose alrededor aglomeración 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 - 60

días después de la siembra; así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que dejaron de ser fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta fase ocurre el ataque de la primera generación de *Eurisyca quinoa* Povolny “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 temperaturas que afectan a la planta, se produce el colgado del ápice.

1.4.8. 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 ápices que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre de los 65 – 70 días después de la siembra; a partir de esta etapa se puede consumir las panojas tiernas como verdura.

1.4.9. Inicio de floración

Es cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertas, mostrando los estambres separados de color amarillento, ocurre de los 75 – 80 días después 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.

1.4.10. 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 – 100 días después de la siembra, esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir sólo hasta – 2 °C, en 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 tiene una coloración amarilla.

1.4.11. Grano lechoso

León (2003) refiere que, el estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un

líquido lechoso, lo que ocurre de los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente.

1.4.12. Grano pastoso

El estado de grano pastoso es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 – 160 días después de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurissacca quinoa* Povolny “Kconakona” y aves (gorriones, palomas) causan daños considerables al cultivo.

1.4.13. Madurez fisiológica

Es la fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados con las uñas presentan resistencia a la penetración, ocurre de los 160 – 180 días después de la siembra. En esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%. El lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el período de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación. (p. 34-37)

1.5. Valor nutricional

Esta especie constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de los pobladores de Los Andes, no tiene colesterol, no forma grasas en el organismo, es fácil la digestión, es un producto natural y ecológico. La quinua es la fuente natural de proteína vegetal, de alto valor nutritivo por la combinación de mayor proporción de aminoácidos esenciales, el valor calórico es mayor que otros cereales, tanto en grano y en harina alcanza 350 cal/100 g. que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. (Apaza y Delgado, 2005)

Tabla 1.1*Composición química y valor nutricional de la quinua Blanca de Junín*

Composición química y valor nutricional		
Contenido en 100 g de quinua Blanca de Junín		
Elemento	Unid	Valor
Calorías	cal	363
Agua	g	11.8
Proteínas	g	12.2
Grasas	g	6.2
Carbohidratos	G	67.2
Fibra	g	5.7
Ceniza	g	2.6
Calcio	mg	85
Fósforo	mg	155
Hierro	mg	4.2
Retinol	mcg	0
Vit. B1(Tiamina)	mcg	0.2
Vit.B2 (Riboflavina)	mcg	0.15
Vit. B5 (Niacina)	mcg	0.95
Ac. Ascórbico reduc.	Mcg	-

Nota. COLLAZOS, C.P.L White, H.S. White et al, 1975 “La Composición de los alimentos peruanos” Instituto de Nutrición-Ministerio de Salud.

Tabla 1.2*Contenido de aminoácidos*

Contenido de Aminoácidos en la Quinua y otros granos (mg/100g de proteína)					
Aminoácido	Trigo	Cebada	Avena	Maíz	Quinua
Isoleucina	32	32	24	32	68
Leucina	60	63	68	103	104
Lisina	15	24	35	27	79
Fenilamina	34	37	35	27	79
Tirosina	16	17	16	14	41
Cistina	26	28	45	31	68
Metionina	10	13	14	16	18
Treonina	27	32	36	39	40
Triptófano	6	11	10	5	16
Valina	37	46	50	49	76

Tabla 1.3*Comparativo de la quinua y otros alimentos*

Composición del valor nutritivo de la Quinua en comparación con alimentos básicos (%)					
Componentes	Quinua	Carne	Huevo	Queso	Leche humana
Proteínas	13	30	14	18	1.8
Grasas	6.1	50	3.2		3.5
H. carbono	71				
Azúcar					7.5
Hierro	5.2	2.2	3.2		
Calorías	350	431	200	24	80

Nota. Tomado de Informe agroalimentario, 2009 MDRT, BOLIVIA.

1.6. Variedades de quinua

Debido a la gran variabilidad genética de la quinua se puede cultivar en diferentes ambientes ecológicos (valles interandinos, altiplano, yunga y costa), con variadas condiciones de humedad relativa y altitud (desde el nivel del mar hasta los 4000 metros de altitud), siendo capaz de enfrentar cambios de temperatura que oscilan entre -8°C hasta los 38°C , con más de 100 cultivares de quinua. En el Perú existen 3 mil ecotipos de quinua, y el INIA resguarda cerca de 2 mil ecotipos. Dentro de las numerosas variedades de quinua que se cultivan en el Perú, el INIA ha puesto a disposición de los agricultores variedades con ciertas características favorables como: rendimiento, calidad de grano, resistencia a plagas y enfermedades, así como cualidades agroindustriales.

1.6.1. Salcedo INIA

INIA (2005) indica que,

la quinua Salcedo INIA se obtuvo por selección surco-panoja a partir de la introducción de material genético de la cruce de las variedades “Real Boliviana” x “Sajama” realizada en Patacamaya. Material genético introducido a través del Programa Nacional de Cultivos Andinos en el año de 1989 a 1995. Se adapta a condiciones del altiplano, valles interandinos y costa; entre 1 284 a 3 950 msnm”.

Características morfológicas:

Tipo de crecimiento	: Herbáceo
Porte de la planta	: Erecto
Altura de la planta	: 1,64 m
Color de axilas	: No pigmentado

Presencia de estrías	: Ausente
Color de tallo	: Verde
Intensidad de color	: Claro
Forma de la panoja	: Glomerulada
Longitud de panoja	: Hasta 70 cm
Densidad de panoja	: Intermedia
Color de grano	: Blanco
Tamaño de grano	: Grande
Sabor de grano	: Dulce (no requiere un lavado exigente)

Características agronómicas:

Período vegetativo	: De 150 días (precoz)
Rendimiento comercial	: 2,5 t/ha
Rendimiento potencial	: 4,0 t/ha

Reacción a factores bióticos y abióticos:

Mildiú	: Tolerante
Heladas	: Resistente, hasta -2 °C

1.6.2. Señor del Huerto – INIA 441

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) aprobó la liberación de la nueva variedad de quinua denominada “INIA 441 – Señor del Huerto”, que rinde entre 2.95 a 3.20 toneladas por hectárea y rentabilidad superior en 62.86 % ante la variedad testigo”. Esta nueva variedad es sobresaliente en calidad y productividad, constituye una alternativa tecnológica para mejorar la producción y la rentabilidad de los productores de la Sierra del Perú, con adaptación entre los 2800 a 3600 m.s.n.m; es tolerante a mildiu. Se caracteriza por tener un mejor rendimiento promedio en campo de productores llegando a producir de 2.95 a 3.20 toneladas por hectárea (t/ha), con un potencial de cosecha de hasta 4.03 t/ha. El nuevo cultivar posee granos de color blanco con un diámetro de 2.03 mm y con buenas características para la transformación industrial a nivel familiar y comercial; es resistente al mildiu, enfermedad importante en la producción de quinua. Su rango de adaptación va desde los 2 700 a 3600 metros de altitud. INIA 441 - Señor del Huerto, destaca por su alto contenido de proteína llegando a 11.02 %, resaltando la presencia de aminoácidos esenciales como la lisina con 13.91 mg., lo que la convierte en un alimento ideal para la nutrición de madres gestantes, niños y adultos mayores. Los indicadores económicos muestran que la nueva variedad INIA 441- Señor del Huerto

ofrece a los productores de quinua obtener una rentabilidad de 113.07 %, superior en 62.86 % a la de otras variedades. En su primer año de liberación, se espera beneficiar directamente la economía de 3 mil pequeños y medianos productores de la región de Ayacucho. INIA 441 – Señor del Huerto, tiene buena calidad de grano para la agroindustria y fue desarrollada por el Programa Nacional de Cereales, Granos Andinos y Leguminosas en la EEA Canaán, ubicado en la región Ayacucho. (INIA, 2020, p. 13)

1.6.3. Arete

Es una selección local realizado por los agricultores de Ayacucho, de grano grande de color blanco, que se adapta bien a valle interandino. Se encuentra en estudio.

1.7. Factores agroecológicos para el cultivo de quinua

Los principales requerimientos del cultivo para una apropiada producción: suelo, pH del suelo, clima (temperatura, luz solar, precipitación, fotoperiodo, etc.) agua y altura.

1.7.1. Suelo

Prefiere suelos francos, semi profundos, con buen contenido de materia orgánica y sobre todo que no se inunden porque con tal sólo cuatro a cinco días de exceso de humedad se afectarán el desarrollo de la planta, ocasionado incluso su muerte. A menudo se indica que la quinua es el cultivo rustico y que se produce en suelos pobres; si bien puede crecer en estos suelos, los rendimientos serán lógicamente bajos (Mamani, 2006, p. 19).

1.7.2. pH

Castro (2016) menciona que, “el pH o grado de acidez del suelo debe ser neutro o ligeramente alcalino, aunque algunas variedades procedentes de los salares de Bolivia pueden soportar hasta pH 8, demostrando su carácter de adecuarse a suelos salinos; así mismo se ha encontrado quinua de suelos ácidos (pH 4.5) en Michiquillay, Cajamarca y Perú”.

1.7.3. Clima

En cuanto al clima, la quinua por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y seco en la costa hasta el frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos

templados y lluviosos, llegando hasta las cabeceras de la ceja de selva con mayor humedad relativa y a la puna y zonas cordilleranas de grandes altitudes, por ello es necesario conocer que genotipos son adecuados para cada una de las condiciones climáticas. (Mujica et al., 2023, p. 21)

a) Temperatura

La temperatura media adecuada para la quinua está alrededor de 15-20 °C, sin embargo se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C se desarrolla perfectamente el cultivo, así mismo ocurre con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, prosperando adecuadamente, al respecto se ha determinado que esta planta también posee mecanismos de escape y tolerancia a bajas temperaturas, pudiendo soportar hasta menos 8 °C, en determinadas etapas fenológicas, siendo la más tolerante la ramificación y las más susceptibles la floración y llenado de grano. Respecto a las temperaturas extremas altas, se ha observado que temperaturas por encima de los 38 °C produce aborto de flores y muerte de estigmas y estambres, imposibilitando la formación de polen y por lo tanto impidiendo la formación de grano. (Mujica et al., 2003, p. 22).

b) Luz solar

La quinua se adapta a diferentes fotoperiodos, desde requerimientos de días cortos para su floración, cerca del Ecuador, hasta la insensibilidad a condiciones de luz para su desarrollo en Chile y las variedades que crecen cerca de la línea Ecuatorial son cultivos de días cortos. (Mujica et al. 2023, p. ,22).

c) Precipitación

La precipitación que requiere el cultivo de quinua es de 300 a 1000 mm con régimen de lluvia en verano, las condiciones pluviales varían según la especie o país de origen. La mínima precipitación para obtener un buen rendimiento es de 400 mm distribuidos durante el ciclo del cultivo. (Gómez y Aguilar, 2016, p. 16)

1.7.4. Altitud

En el Perú la quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4,000 metros sobre el nivel del mar. Quinuas sembradas al nivel del mar disminuyen su período vegetativo, comparados a la zona andina, observándose que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar habiendo obtenido hasta 6,000 kg/ha, con riego y buena fertilización (Gómez y Aguilar, 2016, p. 10)

1.8. Labores culturales

1.8.1. Preparación de suelos

La preparación de suelos para la quinua es una labor importante, que determinará el éxito futuro de la instalación del cultivo, por ello, esta debe efectuarse con el esmero necesario, en la época oportuna, con los implementos adecuados y utilizando tecnologías, formas y características propias para el cultivo, dado el tamaño reducido de la semilla y dependiendo del tipo de suelo a ser utilizado. Antes de iniciar la preparación de suelos es necesario ubicar y seleccionar, aquel que tenga una pendiente adecuada, de buena fertilidad con textura franco arenosa, que esté bien nivelada y que no se encuentre en una zona inundable, heladiza, ni demasiada salina, la cual se reconoce por su morfología, textura, orientación y presencia de plantas indicadoras. Si la siembra se efectúa en un suelo nuevo o virgen se debe roturar con un arado de vertedera o de discos de tal manera que la parte externa quede enterrada en el suelo, esta labor debe efectuarse al finalizar las lluvias, esto implica en la zona andina en el mes de marzo o inicios de abril, luego proceder a mullir el suelo con una rastra cruzada de discos o picos ya sea rígidos o flexibles de acuerdo a la textura del suelo; esto permitirá que se produzca una rápida descomposición del material orgánico. (Mujica et al. 2023, p. 23).

1.8.2. Fertilización y abonamiento

La quinua responde bien a la fertilización química y al abonamiento; en suelos de baja fertilidad, se recomienda aplicar 80 – 40 – 30 kg ha⁻¹, se debe aplicar el 50 % de nitrógeno y el total de fósforo y potasio a la siembra y el otro 50 % de nitrógeno en el momento del aporque, se puede también aplicar de 5 a 10 t ha⁻¹ de abono orgánico como el guano de isla, la gallinaza y el estiércol de animales. La incorporación al suelo debe ser de acuerdo a la fertilidad de suelos, en consecuencia, sería como alternativa a la fertilización química, incorporando al suelo antes de la siembra (Tapia, 1979)

1.8.3. Siembra

La siembra se debe realizar cuando las condiciones ambientales sean las más favorables. Esto está determinado por una temperatura adecuada de 15-20 °C, humedad del suelo por lo menos en ¾ de capacidad de campo, que facilitará la germinación de las semillas. La época más oportuna de siembra dependerá de las condiciones ambientales del lugar de siembra, generalmente en la zona andina, en el altiplano y en la costa, la fecha óptima es del 15 de septiembre al 15 de noviembre, lógicamente se puede adelantar o

retrasar un poco de acuerdo a la disponibilidad de agua y a la precocidad o duración del período vegetativo de los genotipos a sembrarse, en zonas más frías se acostumbra adelantar la fecha de siembra sobre todo si se usan genotipos tardíos. Experimentos efectuados en costa indican que se puede sembrar durante todo el año, sin embargo, en el invierno se retrasa el crecimiento y también se deprime la producción. Cuando no se tenga referencias sobre la fecha de siembra, es conveniente efectuar en la misma fecha que se siembra el maíz. Existen varios sistemas de siembra en la quinua: directa, por trasplante y asociada a otros cultivos. Para la siembra directa se utiliza 10 kg de semilla procedente de semilleros básicos o garantizados, los cuales han sido producidos bajo control y supervisión de un técnico y con condiciones especiales de fertilización, control de plagas y enfermedades, labores culturales estrictas y de cosecha sobre todo Rouging de plantas atípicas, extrañas y eliminación de ayaras (plantas con semillas de color negro, pardo o amarillentas, del mismo fenotipo que la variedad cultivada), la siembra directa puede efectuarse al voleo, cuyo uso está siendo desestimado en los últimos años por los problemas agronómicos que presenta, como dificultad de las labores culturales, empleo de mayor cantidad de semillas, desuniformidad de germinación, siendo lo recomendable efectuar en surcos distanciados de 0.40 hasta 0.80 m, dependiendo de la variedad a utilizar. En costa se recomienda 0.50 m entre surcos, con una densidad de 5 kg/ha; en el altiplano seco de los salares se siembran en hoyos distanciados a un metro entre hoyos y entre surcos, teniendo hasta 4 plantas por hoyo; este es un sistema de siembra ancestral, excepcional y único para dichas condiciones secas, áridas, frías y salinas, utilizando únicamente 3 kg/ha de semilla seleccionada. También existen siembras asociadas a otros cultivos sobre todo al maíz en los valles interandinos, a las habas a la papa y en muchos casos a la cebada y otros como oca en el altiplano, en algunos casos solo como bordes o como siembras intercaladas o sólo presencia de algunos surcos en otros cultivos. Existe el sistema de siembra por trasplante que se usa en los valles interandinos donde hay abundante presencia de agua para el riego y últimamente se está generalizando su uso en la costa sobre todo para evitar el exceso de plantas que aumenta la cantidad de mano de obra para el entresaque o raleo que es escasa en la costa e incrementa el costo de producción, para ello se efectúa una cama almaciguera mezclando estiércol, arena y tierra en la proporción de 1:2:3. Luego se surca con la mano a un distanciamiento de 10 cm entre surcos y se siembra a razón de 1 kg/ha, se aplica riego por aspersión hasta que las plántulas alcancen una altura de 10-15 cm y se procede al trasplante, con este sistema se tiene la cantidad de plantas necesarias por hectárea, alcanzando en promedio a 200,000

plantas por hectárea. La profundidad de siembra directa no debe de pasar de los 2 cm puesto que el tamaño de la semilla no permite mayor profundidad de enterrado. (Mujica et al. 2023, p. 23).

1.8.4. *Raleo*

Herrera (2017) menciona que, “se debe de realizar cuando se tiene alta densidad de plantas por metro lineal o área de cultivo, en esta labor se descartan las plantas más pequeñas, raquíticas, débiles y enfermas. Se realiza aproximadamente a los 30 a 45 días después de la emergencia, antes de que las plantas alcancen una altura de 20 cm. Se debe dejar de 15 a 20 plantas por metro lineal. Esta labor se realiza conjuntamente con el deshierbo” (p.28).

1.8.5. *Deshierbes*

Mujica (1997) citado en Cabrera (2017) menciona que el deshierbo,

se debe realizar el deshierbo para evitar la competencia, fundamentalmente por agua, luz, nutrientes y suelo (espacio); recomendándose hacerse el primer deshierbo cuando las plantas de quinua alcancen 20 cm de altura (a los 40 a 50 días después de la siembra); el segundo deshierbo se debe de realizar cuando las plantas de quinua alcancen una altura de 30 a 35 cm. Se tiene como malezas importantes en este cultivo las siguientes: Amor seco o Chiriro (*Bidens pilosa*), Mishico (*Bidens andicola*), Trébol carretilla (*Medicago hispida*), Cebadilla o Socella (*Bromus uniloides*), Kcacho (*Poa annua* L.), Auja auja (*Erodium cicutarium* L.), Aracpapa o Apharu (*Solanum acaule* L.), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst.), Kora o Ruppú (*Malvastrum capitatum* Saret.), Trébol Layo (*Trifolium amabile* H.B.K.), Chiqchinpay (*Tagetes mandonii*), Ayara (*Chenopodium quinoa* var. *Melanospermum*), Mostaza o nabo (*Brassica campestris* L.), etc.(p. 31).

1.8.6. *Aporque*

Mujica (1997) indica que, “se debe de realizar en forma manual con picotas o herramientas parecidas, con yunta o tractor. El aporque permite dar mayor fijación a las plantas y controlar las malezas entre los surcos, esta labor se debe realizar después del deshierbo”.

1.8.7. Riego

Mujica (1993) citado en Cabrera (2017) menciona que, el cultivo de quinua

requiere de 300 a 1000 mm por año con régimen de lluvias en verano; las condiciones pluviales varían según la especie o país de origen. Las variedades del sur de Chile necesitan mucha lluvia, mientras que la del altiplano muy poca. En general crece bien con una buena distribución de lluvia, durante su crecimiento y desarrollo y condiciones de sequedad, especialmente durante la maduración y cosecha. La quinua, cuando es sembrada en lugares de disponibilidad de agua para regadío, se utiliza como complemento a las precipitaciones pluviales o solas cuando hay déficit de humedad. Los riegos deben ser ligeros y distanciados cada 10 a 15 días. En la floración y llenado de grano debe suministrarse en forma abundante y menos distanciados en su frecuencia. En la zona andina es cultivada solamente con las precipitaciones pluviales y en forma excepcional se utiliza riego el cual constituye un elemento complementario con la finalidad de suministrar humedad en épocas de sequía prolongada o para adelantar las siembras, y sólo en los lugares donde se dispone de fuentes de agua. Estos son generalmente ligeros y bajo el sistema rodado o por gravedad, en los valles interandinos donde se efectúa el trasplante, es necesario y forzoso utilizar el riego después del trasplante y cuando lo requiera la planta, ya que en este sistema va asociado al maíz y recibe el agua en la misma oportunidad que el cultivo principal. (p. 32)

1.8.8. Plagas y enfermedades

a) Principales plagas

Zanabria y Mujica (1977) indican que, “durante el ciclo vegetativo de la quinua se registra de 12 plagas de insectos fitófagos; estos ocasionan daños en forma directa cortando plantas tiernas, masticando, defoliando hojas, destruyendo panojas y granos e indirectamente viabilizan infecciones secundarias por microorganismos patógeno y cuyas plagas se presentan en la tabla 1.4.”

Tabla 1.4*Categorías de plagas de la quinua*

Nº	Nombres científicos/Nombres comunes	Categorías
01	<i>Eurysacca quinoae</i> “q’hona q’hona”	Clave
02	<i>Copitarsia turbata</i> “panojero”	Ocasional
03	<i>Epicauta spp.</i> “padre kuru”	Potencial
04	<i>Epitrix sp.</i> “piki piki”	Potencial
05	<i>Frankliniella tuberosi</i> Moulton “llawa”, “kondorillo”	Potencial
06	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) “qhomer usa”	Potencial
07	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> “qhomer usa”	Potencial
08	<i>Liriomyza huidobrensis</i> “mosca minadora”	Potencial
09	<i>Agrotis sp.</i> “silwi kuru”	Potencial
10	<i>Feltia sp.</i> “tikuchi”	Potencial
11	<i>Meloe sp.</i> “uchu kuru”, “llama llama kuru”	Potencial
12	<i>Borogonalia sp.</i> “cigarritas”	Potencial
13	<i>Bergallia sp.</i> “cigarritas”	Potencial
14	<i>Paratanus sp.</i> “cigarritas”	Potencial
15	<i>Perizoma sordescens</i> Dognin “medidores”, “kuarta kuarta”	Potencial
16	<i>Pachyzancla sp.</i> “polilla de quinua”	Potencial
17	<i>Pilobalia sp.</i> “charka charka”	Potencial
18	<i>Hymenia sp.</i> “polilla de quinua”	Potencial
19	<i>Diabrotica viridula</i>	Potencial

León (2003) afirma que, Kcona Kcona (*Eurysacca quinoae* Pavolnii)

el adulto es una pequeña mariposita aproximadamente 8 a 9 mm de longitud y 14 a 16 mm de expansión alar, de color amarillo pajizo a gris parduzco, durante el día cuando es perturbado realiza vuelos cortos y bruscos. Larvas de coloración variable: amarillo verdoso, marrón claro oscuro, con manchas difusas marrón oscuro a rosado ubicadas en la parte dorsal semejante a bandas lineales, las larvas cuando presienten o notan la presencia de algún predador en las panojas, inmediatamente descienden al suelo, a través de un hilo delgado transparente, elaborado por la misma larva; se asemeja a la tela de araña. (p.33)

Daños

Las larvas atacan al cultivo en dos generaciones: en la primera generación (noviembre y diciembre), minan y destruyen las hojas e inflorescencias en formación, pegan las hojas tiernas de los brotes y las enrollan y, en la segunda generación (marzo y mayo), las larvas atacan plantas en la fase de maduración, se alimentan de los granos en formación (granos lechosos, pastosos y maduros) en el

interior de las panojas, esta segunda generación ocasiona mayor daño económico. Los ataques son más intensos en periodos de sequía y con temperaturas relativamente altas (veranillos), habiéndose registrado de 15 a 20 larvas en una planta (panoja), disminuyendo la calidad y cantidad del grano en un 50%. (León, 2003, p. 33))

b) Principales enfermedades

Tapia (1979) afirma que, “la quinua es infectada por diversos patógenos (virus, bacterias, oomicetos, y hongos). Las enfermedades se clasifican en: enfermedades de follaje, tallo y de la raíz. Por el momento el mildiu y la phoma es la enfermedad más importante de la quinua”.

Tapia y Aroni (2023) afirma que,

en los últimos años, se ha incrementado considerablemente el área cultivada de quinua en Sudamérica. Simultáneamente, las enfermedades que atacan a este cultivo van cobrando mayor importancia; la presencia de una enfermedad se debe a la relación siguiente; enfermedad = planta + agente patógeno + condiciones favorables del medio ambiente. Si faltase cualquiera de estos tres componentes la enfermedad no se presenta. El estudio de las enfermedades en quinua y su relación con organismos causales es relativamente reciente, los microorganismos patógenos (hongos, bacterias y otros) son nocivas para las plantas debido a que en su desarrollo evolutivo adquieren la capacidad de prescindir de la sustancias producidas por sus hospederos, por consiguiente, el patógeno al infectar a una planta obtiene sus nutrientes neutraliza sus reacciones de defensa y causa efectos negativos sobre su fisiología o ingresan a través de una daño o cuando una herida no es cicatrizada inmediatamente se introducen estos microorganismos.(p. 83-84)

Mildiú

Peronospora variabilis es el agente causal de mildiú de la quinua, es un parásito obligado (biotrófico), miembro de Peronosporales (Oomicetos). La enfermedad ataca a hojas, ramas, tallos e inflorescencias o panojas, infecta durante cualquier estado fenológico del cultivo. Los daños son mayores en plantas jóvenes (ramificación a panojamiento), provoca defoliación, afectando el normal desarrollo y fructificación de la

quinua. Generalmente, las condiciones ambientales con alta humedad favorecen el desarrollo del mildiú. (Aybar, 2020, p. 31-34)

c) Ataque de aves

Las aves ocasionan daños durante los primeros y últimos periodos vegetativos de la planta, especialmente en el estado lechoso, pastoso y de madures fisiológica del grano. Cuando picotean la panoja, producen caída de un gran número de semillas por desgrane o ruptura de los pedicelos de los glomérulos. En la costa, las aves pueden destruir por completo el cultivo en el momento de la emergencia de los cotiledones. El ataque es más notorio en las variedades dulces, donde las pérdidas pueden alcanzar hasta un 40 %, especialmente en los alrededores del Lago Titicaca y en microclimas donde abundan palomas, tórtolas o “Kullkus”. Para disminuir estas pérdidas se acostumbra contratar pajareros que ahuyentan a los pájaros con pitos y latas. También existe la tradición de colocar águilas o cernícalos disecados en sitios estratégicos, cambiándolas de ubicación a diario con lo cual se logra controlar en cierto grado dicho ataque (Tapia y Fries, 2007, p. 98).

En las comunidades alto andinas de Ayacucho, abundan aves como el gorrión, cuculí, jilgueros, etc., que hoy en día se ha convertido en una plaga, el daño es causado con mayor severidad cuando se cultiva la quinua bajo riego (Michqa) en épocas de junio – diciembre.

1.8.9. Siega

Mujica et al. (2023) manifiesta que “la siega se realiza cuando las plantas hayan alcanzado la madurez fisiológica. Esta labor debe efectuarse en las mañanas a primera hora, para evitar el desprendimiento de los granos por efectos mecánicos del corte y uso de las hoces o segaderas”. (p. 39)

1.8.10. Emparvado

Mujica et al. (2023) menciona que “el emparvado se realiza cuando las plantas ya fueron segadas en madurez fisiológica es necesario que éstas pierdan aún agua para la trilla, por ello se efectúa el emparvado o formación de arcos, que consiste en formar pequeños montículos con las panojas, ordenándolas y colocando en forma de pilas alargadas o redondas, debiendo estar las panojas en un solo sentido hasta que tengan la

humedad conveniente para la trilla, se realiza con el fin de que las lluvias, nevadas o granizadas no malogren, ya que estos perjudican en la calidad y percute el precio”. (p. 40)

1.8.11. Trilla

Mujica et al. (2023) menciona que, “la trilla se efectúa sacando las panojas secas de la parva, la cual se extiende sobre mantas preparadas apropiadamente para este fin. En algunos lugares se apisonan en un terreno plano. Luego se procede a efectuar el golpeo de las panojas colocadas en el suelo en forma ordenada, generalmente panoja con panoja, cuyos golpes permiten desprender el grano” (p. 41-42).

1.8.12. Aventado y limpieza de grano

Mujica et al. (2023) afirma que, “después de la trilla, el grano y la broza fina quedan juntos. Esta labor consiste en separar el grano de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas) aprovechando las corrientes de aire que se producen en las tardes, de tal manera que el grano esté completamente limpio” (p. 42).

1.8.13. Secado del grano

Mujica et al. (2023) menciona que, “cuando la trilla se efectúa con panojas secas, es necesario que el grano pierda humedad hasta obtener una humedad comercial y permitir su almacenamiento, puesto que al momento de la trilla los granos contienen entre un 12 a 15 % de humedad. Esto se consigue exponiendo a los rayos solares el grano trillado, limpio y extendido en mantas durante todo el día, debiendo remover y voltear el grano varias veces en el día para que pierda completamente la humedad. En el caso contrario se corre el riesgo de producirse fermentaciones o amarillamiento del grano en el almacén”. (p. 42)

1.8.14. Selección del grano

Mujica et al. (2023) manifiesta que, “una vez que el grano está completamente seco, se debe proceder a la selección y clasificación del grano, puesto que la panoja produce granos grandes, medianos y pequeños. Así mismo se tiene presencia de granos inmaduros los cuales ya fueron eliminados con el venteo”. (p. 42)

1.8.15. Almacenamiento

Mujica et al. (2023) menciona que “una vez clasificado el grano por tamaños y para usos diferenciados, se debe almacenar en lugares frescos, secos y en envases apropiados, de preferencia silos metálicos que evitarán la presencia de roedores y polillas, en ningún caso usar envases de plástico o polipropileno, puestos que ellos facilitan la conservación de humedad, dando olores desapropiados al producto” (p. 42).

1.9. Antecedentes de la investigación

Deza (2018) bajo condiciones de La Molina-Lima encontró que “las densidades (1 hilera y 2 hileras) así como los sistemas de fertilización (edáfico y fertirriego) tuvieron efectos similares en los caracteres agronómicos y de calidad en las variedades INIA Salcedo y Negra Ccollana. Se alcanzó diferencia significativa en la variable índice de cosecha, con 33.05 % para una hilera frente a 32.64 % para dos hileras. También encontró diferencias entre ambas variedades en rendimiento, índice de cosecha y días a cosecha”. (p.13)

Rosas (2019), bajo condiciones de suelo arcilloso con la variedad Salcedo INIA, encontró los resultados como,

la altura de plantas y número de panojas se asocian negativamente con el aumento de densidad; el tamaño de panojas y diámetro de tallo muestran una correlación positiva al disminuir la densidad mostrando estos parámetros diferencias significativas; el tamaño de grano y peso de 1000 granos no mostraron diferencias significativas. La posible explicación para estos dos parámetros es que predominan las características genéticas. En cuanto al rendimiento de kg ha^{-1} sí hubo diferencias significativas, donde los mejores resultados se obtuvieron con densidades entre 400 y 500 mil plantas ha^{-1} . La posible explicación para estos resultados con el cultivar salcedo INIA y bajo condiciones de suelo arenoso es que, en el cultivo de quinua sí hay competencia de agua, luz y nutrientes; donde a mayor densidad hay una respuesta negativa del rendimiento, y por el contrario a menor densidad no hay suficiente producción de granos para llegar a máximo rendimiento de kg ha^{-1} . (p. 12)

Erazzú et al (2016) utilizando los métodos de siembra por golpe, realizado manualmente (“CGo”, CICA separadas) y a chorrillo, con maquina sembradora (“CCh”, CICA juntas), con 4,2 y 27,9 plantas/metro lineal, respectivamente, reporta que:

Para contribuir al conocimiento del manejo agronómico de esta variedad se estudió el efecto de la densidad de siembra sobre la morfología y particularmente sobre el rendimiento en granos. Las experiencias se realizaron en una localidad de los Valles Calchaquíes (Amaicha del Valle, Tucumán, Argentina) a 1.995 m sobre el nivel del mar. Los métodos utilizados para la siembra fueron por golpe, realizado manualmente (“CGo”, CICA separadas) y a chorrillo, con maquina sembradora (“CCh”, CICA juntas). Con éstos se lograron densidades de plantas diferentes: 4,2 y 27,9 plantas/metro lineal respectivamente. Tanto la altura de las plantas, diámetro de tallo, área foliar específica (AFE), nitrógeno y fósforo foliar y el rendimiento en granos (kg/ha) fue mayor en el primer tratamiento. El análisis de las clases diamétricas de los granos obtenidos reveló que ambos tratamientos producen casi un 65% de granos cuyo diámetro es $\geq 1,41$ mm. Sin embargo, en el tratamiento “CGo” aumenta la proporción de granos cuyos diámetros son $\geq 1,68$ mm. Este último dato es importante pues los granos con mayor diámetro tienen mayor aceptación en los mercados. En general, el rendimiento en granos fue de 5.389 kg/ha y 3.049 kg/ha para los tratamientos “CGo” y “CCh”, respectivamente. Estos valores de rendimiento en grano se hallan incrementados con respecto a aquellos que se obtienen en las zonas andinas y muy próximas a los que se informan para otras condiciones ambientales. (p. 01).

Huayllacayan y Zúñiga (2019) en su trabajo sobre comparativo de variedades en la región Pasco, encontró que:

El porcentaje de emergencia, sobresalió el tratamiento T1, Variedad Sacaca con 100%, días a la emergencia que sobre salieron los tratamientos T6, T3 y T1, Variedades Huancayo, Blanca de Junín y Sacaca con 7 y 8 días; días al panojamiento, sobresalieron los tratamientos T9, T7 y T1, variedades Rojo Huancayo, Negra Collana y Sacaca, con 65, 66 y 66.5 días; días a la floración, sobresalieron los tratamientos T9, T3 y T6, variedades Rojo Huancayo, Blanca de Junín y Huancayo con 93.50, 95.00 y 95.50 días; días a grano lechoso, sobresalieron los tratamientos T9, T6 y T7 variedades Roja Huancayo, Huancayo y Negra Collana con 121, 121.25 y 125.50 días respectivamente; longitud de

panoja en cm, sobresalieron los tratamientos T6 y T8 variedades Huancayo y Pasankalla con 39.75 y 38.50 cm; ancho de panoja, con mayor tamaño tuvieron los tratamientos T8 y T1 variedades Pasankalla y Sacaca con 4.53 y 4.51 cm; altura de planta a la madurez fisiológica los mayores tamaños corresponde a los tratamientos T8, T2 y T1 que corresponde a las variedades Pasankalla, Salcedo INIA y Sacaca con 1.08, 1.08 y 1.07 m; peso de grano en kilogramos por parcela de 19.20 m² sobresalió el tratamiento T1 variedad Sacaca con 2.31 kg y rendimiento de grano en kilos por hectárea sobresalió el tratamiento T1 variedad Sacaca con 1201 kg/ha. La variedad seleccionada para el ámbito de la quebrada de Chaupihuaranga fue la variedad Sacaca por tener el mayor rendimiento de grano en kg/ha. (p. 6-7)

Arias (2017) en las condiciones de Recuay-Ancash, con la variedad Hualhuas reporta que:

El tratamiento T3 (densidad de 0.70 m) tiene 1.55 m. de altura de planta, este registro superó estadísticamente al resto de tratamientos. El segundo lugar lo ocupa el tratamiento T2 (densidad de 0.60 m) con 1.52 m. El tratamiento testigo T1 (densidad de 0.40 m) ocupa el último lugar, con el que se obtuvo 1.32 m. de altura de planta. Se determinó de la misma manera que el tratamiento T3 (densidad de 0.70 m) tiene 26.60 cm. de longitud de panoja, con el tratamiento testigo T1 (densidad de 0.40 m) se encontró el menor tamaño de longitud de panoja con tan solo 14.40 cm. Lo mismo que los casos anteriores el tratamiento T3 (densidad de 0.70 m) arrojó 1933.33 kg/ha superó estadísticamente al tratamiento testigo T1 (densidad de 0.40 m) y al tratamiento T2 (densidad de 0.60 m) donde se obtuvo un rendimiento promedio de 1216.67 y 1866.67 kg/ha respectivamente. Con el tratamiento T3 (densidad de 0.70 m) se obtuvo 4.00 gr/1000 semillas supera estadísticamente al tratamiento T2 (densidad de 0.60 m) y al tratamiento testigo T1 (densidad de 0.40 m) donde se obtuvieron un rendimiento promedio de 3.56 y 1.70 gr/1000 semillas respectivamente.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del experimento

El experimento se desarrolló en el Centro Experimental Canaán de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNSCH, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, a 1.5 km al este de la ciudad de Huamanga; se encuentra entre las paralelas 13° 10' 00.06'' de Latitud Sur. 74° 12' 22.92'' de Longitud Oeste, a una altitud de 2 750 msnm.

2.2. Características del suelo

Para conocer las características físicas y químicas del suelo, se realizó el análisis de suelo, para lo cual se extrajo una muestra de suelo agrícola de 20 cm de profundidad, que se envió para su análisis correspondiente a Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyos resultados se muestra a continuación.

Tabla 2.1

Resultado del análisis físico - químico del suelo del campo experimental. (Canaán 2750 msnm)

Características	Valor	Resultados Método	Interpretación
<u>Análisis físico</u>		Hidrómetro de Bouyoucus	
Arena (%)	36.6		
Limo (%)	24.2		Franco Arcilloso
Arcilla (%)	39.2		
Textura			
<u>Análisis químico</u>			
pH (H ₂ O)	7.57	Potenciométrico (1:2.5)	Lig. alcalino
M.O (%)	1.95	Walkley y Black	Bajo
N total (%)	0.10	Semi – micro Kjeldahl	Bajo
P Disponible (ppm)	20.9	Colorímetro Bray – Kurtz I	Medio
K Disponible (ppm)	108.5	Turbidimétrico Morgam P.	Medio

Nota: Reporte del Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería -UNSCH.

El resultado del análisis físico - químico del suelo del campo experimental presentó pH 7.57, ligeramente alcalino, además, 0.10% de N total, P disponible 20.9 ppm y K disponible 108.5 ppm; los cuales representan contenidos de pobre, medio y medio, respectivamente. La textura, según el contenido de arena, limo y arcilla se trata de un suelo franco arcilloso.

2.3. Condiciones climáticas

El C. E. de Canaán, se encuentra en la provincia de Huamanga, pertenece a la región intermedia entre valle interandino y la región sub andina; con precipitación anual de 500 mm a 800 mm por año; siendo los meses de mayo hasta octubre los meses de escasa precipitación y los meses de noviembre a abril como los más lluviosos. La temperatura promedio anual de la zona se encuentra en 16°C; con valores extremos de – 2°C a 29 °C.

Los datos climáticos para la presente investigación se obtuvieron de la Estación Meteorológica del INIA, propiedad de la oficina OPEMAN del Gobierno Regional de Ayacucho, ubicada a una altitud de 2750 msnm, con las coordenadas 13° 10' 00.06'' Latitud Sur y 74° 12' 22.92'' Longitud Oeste, que se encuentran dentro del ámbito del distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Provincia de Huamanga – Ayacucho.

Durante el periodo vegetativo del cultivo se tuvo una temperatura promedio de 17.28 °C con una máxima de 24.88 °C y una mínima de 9.68 °C. La precipitación total anual fue de 541.30 mm de lluvia.

Durante la ejecución del experimento entre agosto a diciembre del 2021, hubo déficit de humedad en los meses de agosto a noviembre y humedad adecuada, en el mes de diciembre de 2021. La humedad al cultivo durante los primeros 4 meses de cultivo se suministró mediante utilizó agua de riego por goteo; el último mes (diciembre 2021) se tuvo humedad proveniente de las lluvias.

Tabla 2.2

Temperatura máxima, mínima, media, precipitación y balance hídrico correspondiente a la Campaña Agrícola 2021-2022. Ayacucho

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray
 Provincia : Huamanga
 Departamento : Ayacucho

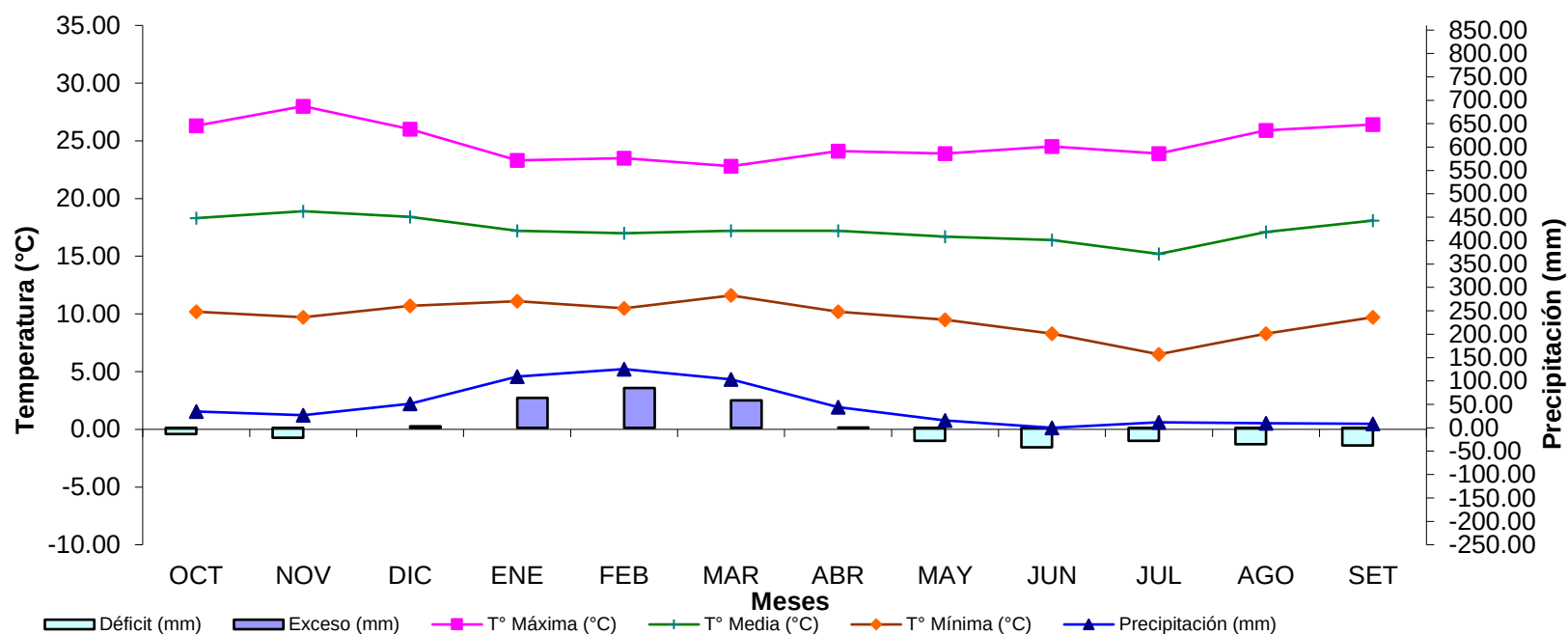
Altitud : 2736 m.s.n.m.
 Latitud : 13°10'00.06''
 Longitud : 74°12'22.92''

Año	2022							2021					Total	Prom
Meses	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set		
T° Máxima (°C)	26.3	28.0	26.0	23.3	23.5	22.8	24.1	23.9	24.5	23.9	25.9	26.4		24.9
T° Mínima (°C)	10.2	9.7	10.7	11.1	10.5	11.6	10.2	9.5	8.3	6.5	8.3	9.7		9.7
T° Media (°C)	18.3	18.9	18.4	17.2	17.0	17.2	17.2	16.7	16.4	15.2	17.1	18.1		17.3
Factor	4.96	4.80	4.96	4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80		
ETP (mm)	90.5	90.5	91.0	85.3	76.2	85.3	82.3	82.8	78.7	75.4	84.8	86.6	1009.5	0.5
Precipitación (mm)	34.7	26.6	51.4	109.4	125.5	103.7	44.2	15.8	0.0	11.8	9.8	8.4	541.3	
ETP Ajust. (mm)	48.0	48.0	48.2	45.2	40.4	45.2	43.6	43.9	41.7	40.0	45.0	45.9		
H del suelo (mm)	-13.3	-21.4	3.2	64.2	85.1	58.5	0.6	-28.1	-41.7	-28.2	-35.2	-37.5		
Déficit (mm)	-13.3	-21.4						-28.1	-41.7	-28.2	-35.2	-37.5		
Exceso (mm)			3.2	64.2	85.1	58.5	0.6							

Nota. Tomado de Estación Meteorológica INIA- SENAMHI (s.f.)

Figura 2.1

Diagrama ombrotermico de temperatura, precipitación y balance hídrico correspondiente a la campaña 2021-2022. Estación Meteorológica de INIA-Ayacucho



2.4. Variables estudiadas e indicadores

2.4.1. Variables independientes

a) Variedades de quinua (V)

Indicadores

- v1- Salcedo INIA
- v2- Arete
- v3- Señor del Huerto

b) Densidad de plantas (D)

Indicadores

- d1- 125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)
- d2- 187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)
- d3- 250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)

2.4.2. Variables dependientes

a) Rendimiento

Indicadores

1. Fenología de la planta (dds).
2. Altura de planta (cm).
3. Diámetro de tallo (cm).
4. Longitud de panoja (cm).
5. Diámetro de panoja (cm)
6. Rendimiento de grano ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

2.5. Criterios de evaluación

2.5.1. Altura de planta a la madurez fisiológica (cm)

Se tomó la medida entre el cuello de la raíz y el ápice de la panoja de 5 plantas de quinua de los surcos centrales de la parcela, en el momento de la madurez fisiológica. Se utilizó una wincha graduada.

2.5.2. Diámetro de la panoja (cm)

Se tomó la medida del diámetro de la panoja de 5 plantas de los surcos centrales en el momento de la madurez fisiológica de las plantas de quinua, utilizando una cinta métrica.

2.5.3. Longitud de la panoja (cm)

Se tomó la medida desde base de la panoja hasta el extremo distal de la misma en 5 plantas de los surcos centrales de la parcela en el momento de la madurez fisiológica de la planta.

2.5.4. Diámetro del tallo (cm)

De cinco plantas al azar de los surcos centrales se tomaron el diámetro del tallo con un vernier a 5 cm de la base de la planta, en el momento de la madurez fisiológica de la planta de quinua, que constituye un indicador del vigor de las plantas.

2.5.5. Rendimiento (kg.ha^{-1})

Se registró el peso del grano trillado de cada unidad experimental, esta medida se expresó en kg.ha^{-1} .

2.6. Método experimental

2.6.1. Tipo de investigación

Nivel: Experimental

2.6.2. Población

La población estuvo formada por plantas desarrolladas en el campo de cultivo, conformada por tres variedades del cultivo de quinua, instalada en el campo experimental.

2.6.3. Muestra

La muestra estuvo conformada por 5 plantas evaluadas de los surcos centrales de cada unidad experimental, y para evaluar el rendimiento de grano se cosecharon las plantas del surco central, dejando 0.50 m en los extremos de la parcela.

2.6.4. Diseño experimental

El tipo de investigación fue experimental y método inductivo. Se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial de $3V * 3D$ con 9 tratamientos, con 3 repeticiones. Los tratamientos resultaron de la combinación de 3 variedades de quinua (Salcedo INIA, Arete y Señor del Huerto) y 3 densidades de plantas (125,000, 187,000 y 250,000 plantas por hectárea), que es equivalente a 10, 15, 20 plantas por metro lineal, respectivamente. Se evaluó el rendimiento y componentes del

rendimiento de quinua. La unidad experimental tuvo una dimensión de 4.0 m * 3.20 m, con 4 surcos. El distanciamiento entre surcos fue de 0.80 m.

El análisis estadístico consistió en el Análisis de la Variancia (ANOVA) y la prueba de Contraste de Duncan (0,05) así como el estudio de la regresión de los caracteres que resultaran significativos.

El modelo aditivo lineal para el análisis estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \delta_j + \alpha_k + (\delta_j \alpha_k) + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta del i-ésimo nivel de a, j-ésimo nivel de b, en el k-ésimo bloque

μ : Media general

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

δ_j : Efecto de la j-ésima variedad de quinua

α_k : Efecto de k-ésimo densidad de plantas

$(\delta_j \alpha_k)$: Efecto de la interacción de variedad de quinua x densidad de plantas.

ε_{ijk} : Error

2.6.5. Unidad experimental

La unidad experimental tuvo como medidas 4.0 m de largo por 3.2 m de ancho (Cuatro surcos).

2.6.6. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se derivaron de la combinación de los factores en estudio.

Tabla 2.3*Descripción de los tratamientos*

Tratamientos	Descripción
T₁	125,000 plantas por hectárea, Salcedo INIA
T₂	187,000 plantas por hectárea, Salcedo INIA
T₃	250,000 plantas por hectárea, Salcedo INIA
T₄	125,000 plantas por hectárea, Arete
T₅	187,000 plantas por hectárea, Arete
T₆	250,000 plantas por hectárea, Arete
T₇	125,000 plantas por hectárea, Señor del huerto
T₈	187,000 plantas por hectárea, Señor del huerto
T₉	250,000 plantas por hectárea, Señor del huerto

2.7. Descripción del campo experimental

Las dimensiones del campo experimental son:

a) Bloques

- Número de bloques del experimento : 3
- Largo del bloque : 28.80m
- Ancho del bloque : 4.0 m
- Área total de los bloques : 345.60 m²

b) Calles

- Largo de calle : 28.80 m
- Ancho de la calle : 1.0 m
- Número de calles : 4 calles
- Área total de calles : 115.2 m²

c) Unidad experimental

- Número de parcelas/bloque : 9 unidades
- Largo de la parcela : 4.0 m
- Ancho de la parcela : 3.2 m
- Número de surcos/parcelas : 4 surcos
- Distancia entre surcos : 0.80 m
- Área total de las parcelas : 12.8 m²

d) Área total del experimento

- Área total de las calles : 115.2 m²
- Área total de bloques : 345.6 m²
- Área total del ensayo : 460.8 m²

Figura 2.2

Croquis del campo experimental

T3	T1	T2	T4	T6	T5	T8	T9	T7
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

T9	T7	T8	T2	T1	T3	T5	T4	T6
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

T2	T3	T1	T4	T5	T6	T7	T9	T8
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

2.8. Conducción del experimento

2.8.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo se realizó, con el tractor agrícola, posteriormente se efectuó la nivelación del terreno con zapapicos y rastrillos, finalmente, el surcado utilizando los azadones tomando en cuenta la distancia entre surcos de 0.80 m. Esta labor se ejecutó el 29 de junio de 2021.

2.8.2. Demarcación del terreno

Se realizó el trazado y delimitación usando una wincha y estacas para establecer los bloques y parcelas. La unidad experimental tuvo las siguientes dimensiones de 4 m de largo y 3.2 m de ancho.

2.8.3. Abonamiento

La cantidad de fertilizantes se calculó en base al análisis de suelo. El nivel de abonamiento fue 120-60-40 de N-P-K. La mezcla de fertilizantes se aplicó al fondo del

surco complementado con 2 toneladas por hectárea de gallinaza procesada (Mallki). El fertilizante nitrogenado se fraccionó en dos etapas, la mitad del nitrógeno al momento de la siembra y la otra, al momento del aporque. Se utilizó como fuente de nitrógeno a la urea agrícola 45 % de N, fuente de fósforo al fosfato di amónico 18% de N y 46 % de P_2O_5 y fuente de potasio al cloruro de potasio 60 % de K_2O . Esta labor se realizó el 02 de agosto de 2021.

2.8.4. Siembra

Luego de la apertura de los surcos manualmente utilizando la lampa a una distancia de 0.8 metros entre surcos, se procedió a aplicar y cubrir con suelo la mezcla de fertilizantes N-P-K y el abono orgánico. A continuación, se depositó manualmente las semillas de quinua a chorro continuo y se enterró a 1 cm, utilizando el rastrillo. La densidad de siembra fue de 8 kg ha⁻¹. Esta labor se realizó el 03 de agosto de 2021.

2.8.5. Raleo

El raleo o entresaque de las plántulas, se realizó para establecer la densidad de plantas por metro lineal, en esta labor se descartaron las plantas más pequeñas, raquíticas, débiles y enfermas. Esta actividad se realizó a los 45 días después de la emergencia cuando las plantas alcanzaron una altura de 15-20 cm; dejando 10, 15 y 20 plantas/m-lineal, respectivamente. Esta labor se realizó paralelamente al deshierbo. Esta labor se realizó el 17 de setiembre de 2021.

2.8.6. Riegos

El riego se efectuó en meses de secano, se utilizó agua de riego mejorado por goteo. Los dos primeros riegos se efectuaron cada 3 días, luego se distanciaron cada 5 días a 6 días, según la necesidad del cultivo de quinua. Las lluvias se presentaron en el mes de diciembre, cuando las plantas de quinua se encontraban en la fase de llenado de grano y luego la cosecha. Para evitar la humedad en el secado y trillado se utilizó el secadero y ambientes techados del C. E. de Canaán.

2.8.7. Deshierbe y aporque

El deshierbe se realizó oportunamente cuando las plantas tuvieron una altura de 15 a 20 cm. El aporque se realizó con el azadón, con la finalidad de airear, eliminar las malezas presentes entre los espacios de surco a surco, dar estabilidad a las plantas y cubrir

la segunda dosis de abono nitrogenado que se aplicó a chorro continuo. Estas labores se realizaron en forma simultánea el 28 de setiembre de 2021.

2.8.8. Control fitosanitario

Se aplicó agroquímicos que fueron absolutamente necesarios para el control de insectos, como la diabrotica y epitrix, para lo cual se usó Cyperklin. El primer control se efectuó cuando las plántulas emergieron (13 de agosto de 2021); la segunda aplicación se realizó después de 40 días juntamente con control preventivo para mildiu.

2.8.9. Cosecha

La cosecha se realizó a medida que las panojas alcanzaron la madures fisiológica, en forma manual y separada para cada tratamiento. La cosecha se procedió entre el 13 y 20 de diciembre de 2021. Luego las panojas cosechadas se secaron por 10 días en el secadero del centro experimental y se procedió a la trilla manual, hasta obtener grano limpio. Labor que se ejecutó entre el 03 y 07 de enero de 2022.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diámetro de tallo de la planta

Tabla 3.1

ANVA de diámetro de tallo de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	0.05	0.02	1.21	0.3249 ns
Variedades	2	0.05	0.02	1.24	0.3168 ns
Densidades	2	2.26	1.13	59.06	<0.0001 **
Int. V * D	4	0.05	0.01	0.64	0.6440 ns
Error	16	0.31	0.02		
Total	26	2.71			
C.V. = 11.86 %		R ² = 0.89			

En ANVA de diámetro de tallo (Tabla 3.1) muestra que existe alta significación estadística entre densidades de plantas. No hubo significación entre variedades y en la interacción variedades por densidad de plantas, lo que quiere decir que, por lo menos una densidad de plantas, es diferente de las demás densidades.

Tabla 3.2

Prueba de Duncan de diámetro de tallo de plantas en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Densidades	Promedio (cm)	ALS
d1-125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	1.53	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	1.14	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	0.83	c

El coeficiente de variabilidad 11.86 % expresa que los resultados son de buena confiabilidad y el R² 0.89 explica que los resultados de diámetro de planta se atribuyen a los factores estudiados.

En la prueba de Duncan del diámetro de tallo de las variedades de quinua (tabla 3.2), la densidad d1 con 1.53 cm tiene mayor diámetro que d2 con 1.14 cm y este a su vez, mayor que d3 con 0.83 cm, que fue el menor.

Esta diferencia se puede explicar porque en la d1, se tiene menor número de plantas por hectárea y mayor distanciamiento entre planta y planta de quinua y así sucesivamente con la densidad d2, lo que configura que cuando hay menor densidad poblacional también existe menor competencia intraespecífica entre plantas de la misma variedad y producto de ello, las plantas disponen de mayor espacio para desarrollar, reciben mayor luminosidad, mayor volumen de agua, mayor volumen edáfico, lo que produce plantas más robustas de mayor diámetro de tallo.

Deza (2018) cuando probó 2 densidades de siembra no encontró diferencia entre ellos, sin embargo, Rosas (2019) si pudo encontrar diferencias entre las densidades 400,000 y 500,000 plantas, en la variedad salcedo INIA. Erazzú (2016) también encontró diferencias entre métodos de siembra (por golpe y a chorrillo).

3.2. Diámetro de panoja de la planta

Tabla 3.3

ANVA de diámetro de panoja en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	22.12	11.06	4.08	0.0370
Variedades	2	151.91	75.95	28.01**	<0.0001
Densidades	2	175.83	87.91	32.42 **	<0.0001
Int. V * D	4	10.97	2.74	1.01	0.4310
Error	16	43.39	2.71		
Total	26	404.21			
C.V. = 12.56	R ² = 0.89				

En el ANVA de diámetro de panoja de quinua de variedades y densidades de plantas (Tabla 3.3) se encontró alta significación estadística entre variedades y entre densidades de planta. No existe significación en la interacción variedades por densidad de plantas. Quiere decir que una de las variedades y una densidad de plantas es diferente de las otras variedades o densidades estudiadas.

El coeficiente de variabilidad 12.56 % da una buena confianza a los resultados encontrados y el R² de 0.89 expresa que la respuesta obtenida se atribuye a los factores estudiados.

Tabla 3.4

Prueba de Duncan de diámetro de panoja en variedades de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Variedades	Promedio (cm)	ALS
v2-Arete	16.36	a
v3-Señor del Huerto	12.24	b
v1-Salcedo INIA	10.74	b

La prueba de Duncan de diámetro de panoja de las variedades de quinua (tabla 3.4) muestra que la variedad Arete (v2) con 16.36 cm tuvo mayor diámetro de panoja que las otras dos variedades (Señor del huerto y Salcedo INIA).

Esta diferencia de la variedad Arete frente a las otras se atribuye a la característica varietal de Arete que tiene panojas más laxas, que las otras variedades en estudio.

Como se verá, cada una de las variedades de quinua tiene características genéticas diferentes a las otras que al interactuar con el ambiente se expresan en una determinada característica que lo diferencia de las otras.

Al respecto, Deza (2018) no encontró diferencias entre variedades en las características botánicas de la planta, sin embargo, Rosas (2019) encontró diferencias en las densidades de 400,000 y 500,000 plantas por hectárea.

Tabla 3.5

Prueba de Duncan de diámetro de panoja en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Densidades		Promedio (cm)	ALS
d1-125,000	plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	16.44	a
d2-187,000	plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	12.66	b
d3-250,000	plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	10.24	c

En la prueba de Duncan de diámetro de panoja de las densidades de plantas de quinua (tabla 3.5) se visualiza que la densidad d1 (menor número de plantas por hectárea), tiene mayor diámetro (16.44 cm), frente a d2 y d3 que tuvieron 12.66 y 10.24 cm. Respectivamente.

Este resultado puede atribuirse al impacto del factor ambiental, o sea las plantas al contar con mayor espacio, luz, agua y nutrientes, logran mayor desarrollo que las plantas de cultivos con mayor densidad de plantas por hectárea o plantas más juntas. Esto se explica también por la competencia intraespecífica que desarrollan las plantas en su desarrollo vegetativo, menor competitividad entre plantas mayor desarrollo de plantas en el campo de cultivo.

El resultado no coincide con Deza (2018) que no encontró diferencias entre densidades de plantas y sistemas de fertilización. Huayllacayan y Zuñiga (2019) si encontró diferencias en esta característica, sobresaliendo con mayor ancho de panoja las variedades Pasankalla y Sacaca con 4.53 y 4.51, aunque estos datos fueron mucho menores a los alcanzados en nuestro experimento.

3.3. Longitud de panoja de la planta

En el ANVA de longitud de panoja de planta de quinua de variedades con densidades de plantas (cuadro 3.6) se halló alta significación entre variedades de quinua y entre densidades de plantas. No hubo significación en la interacción variedades por densidad de plantas. Es decir que existe respuesta a los factores secundarios estudiados.

Tabla 3.6

ANVA de longitud de panoja de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	123.77	61.89	2.71	0.0971 ns
Variedades	2	395.79	197.89	8.66	0.0028 **
Densidades	2	1018.85	509.42	22.28	<0.0001 **
Int. V * D	4	48.30	12.07	0.53	0.7168 ns
Error	16	365.80	22.86		
Total	26	1952.51			
C.V. = 11.87 %		R ² = 0.81			

El coeficiente de variabilidad 11.87 % nos indica que los resultados hallados tienen buena confiabilidad, el R² 0.81 significa que la respuesta obtenida en esta característica se atribuye a las variedades y densidad de plantas estudiados.

Tabla 3.7

Prueba de Duncan de longitud de panoja en las variedades de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Variedades	Promedio (cm)	ALS
v3-Señor del Huerto	45.69	a
v1-Salcedo INIA	38.02	b
v2-Arete	37.18	b

La prueba de Duncan de longitud de panoja de variedades de quinua (tabla 3.7) muestra que la variedad Señor del huerto – v3 con 45.69 cm presenta mayor longitud de panoja frente a Salcedo INIA-v1 y Arete-v2.

Este resultado podría atribuirse a la característica varietal propia de la variedad Señor del huerto que presenta panojas de mayor longitud que las otras dos variedades estudiadas.

Los resultados encontrados en el experimento coinciden con Huayllacayan y Zúñiga (2019), que hallaron diferencias entre variedades, donde sobresalieron Huancayo y Pasankalla con 39.75 y 38.50 cm, pero fueron un poco menores en comparado con nuestro experimento.

Tabla 3.8

Prueba de Duncan de longitud de panoja en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Densidades	Promedio (cm)	ALS
d1-125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	48.40	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	38.96	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	33.53	b

En la prueba de Duncan de longitud de panoja de las plantas de quinua con diferentes densidades de plantas (tabla 3.8) se evidencia que la d1 (125,000 plantas. ha⁻¹), que es la menor densidad de plantas presenta plantas con mayor longitud de panoja (48.40 cm) que las d2 y d3 estudiadas.

La respuesta se puede atribuir a la menor competencia intraespecífica que se desarrolló en el cultivo, lo que provocó mayor desarrollo de las panojas frente a las otras densidades estudiadas. La menor competencia en espacio, luz, agua, nutrientes y otros factores, provoca mayor desarrollo de longitud de panoja de las plantas de quinua.

Arias (2017) también halló diferencias con la densidad (0.70 cm) con 26.60 cm, frente a la densidad (0.40 cm) con sólo 14.40 cm; estos datos resultan ser menores a lo encontrado en nuestro experimento.

3.4. Altura de la planta

Tabla 3.9

ANVA de altura de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	294.19	147.10	14.04	0.0003 ns
Variedades	2	671.48	335.74	32.05	<0.0001 **
Densidades	2	3065.07	1532.53	146.29	<0.0001 **
Int. V * D	4	118.67	29.67	2.83	0.0596 ns
Error	16	167.61	10.48		
Total	26	4317.03			
C.V. = 2.12 %	R2 = 0.96				

El ANVA de altura de planta de variedades en quinua en diferentes densidades de plantas (tabla 3.9) demuestra que se alcanzó alta significación en los factores principales; no se halló significación en la interacción (factores secundarios) de variedad por densidad de plantas.

El coeficiente de variabilidad 2.12 % expresa que los resultados encontrados son de alta confiabilidad y el R² 0.96 evidencia que las respuestas encontradas se atribuyen a los dos factores estudiados, variedades y densidad de plantas de quinua.

Tabla 3.10

Prueba de Duncan de altura de planta en las variedades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Variedades	Promedio (cm)	ALS
v3-Señor del Huerto	159.85	a
v2-Arete	151.12	b
v1-Salcedo INIA	148.09	b

La prueba de Duncan (tabla 3.10) corrobora que, bajo las condiciones de Canaán a 2750 msnm, la variedad Señor del huerto-v3 con 159.85 cm presenta mayor altura de planta que las otras dos variedades de quinua que presentaron menor altura de planta, pero similares entre sí.

La respuesta se explica por la respuesta del genotipo frente a las condiciones ambientales de Canaán, donde se tuvo mayor porte de la variedad Señor del huerto.

Los resultados coinciden con Huayllacayan y Zuñiga (2019) que encontró diferencias entre variedades, las variedades Pasankalla, Salcedo INIA y Sacaca alcanzaron las mayores alturas con 1.08, 1.08 y 1.07 m, respectivamente.

Tabla 3.11

Prueba de Duncan de altura de planta en las densidades de planta del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Densidades	Promedio (cm)	ALS
d1- 125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	165.59	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	153.93	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	139.54	c

En la prueba de Duncan de altura de planta de las densidades de plantas de quinua estudiadas (Tabla 3.11) se demuestra que la menor competencia entre plantas de la misma variedad (competencia intraespecífica) tuvo influencia en la altura de planta de quinua, las parcelas con menor densidad o menor competencia desarrollaron plantas de mayor porte, los que se redujeron cuando se incrementa la densidad de plantas o competencia intraespecífica. En el experimento, d1 con 165.59 cm supera a d2 y d3 con 153.93 cm y 139.54 cm, respectivamente.

Arias (2017) encontró similares alturas de plantas al encontrado en nuestro experimento, sin embargo, estas fueron diferentes en las densidades probadas, 1.55 m con densidad 0.70 m, 1.52 m con densidad 0.60 m y 1.32 m con la densidad 0.40 m.

3.5. Rendimiento de granos del cultivo de quinua

Tabla 3.12

ANVA de rendimiento de granos en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	1959163.96	979581.98	3.32	0.0623 ns
Variedades	2	816959.62	408479.81	1.38	0.2791 ns
Densidades	2	4508396.76	2254198.38	7.63	0.0047 **
Int. V * D	4	836604.46	209151.11	0.71	0.5979 ns
Error	16	4724297.42	295268.59		
Total	26	12845422.23			
C.V. = 15.66 %		R ² = 0.63			

El ANVA de rendimiento de granos de variedades y densidades de plantas de quinua (tabla 3.12) evidencia que existen diferencias altamente significativas entre densidades de plantas de quinua. No se halló diferencia entre variedades y en la interacción de variedades por densidades de plantas.

El coeficiente de variabilidad 15.66 % indica que los resultados obtenidos en el experimento son confiables y el R² 0.63, indica que las respuestas logradas se atribuyen en 63 % a los factores estudiados.

Con respecto al rendimiento, Huayllacayan y Zúñiga encontró diferencias de rendimiento entre variedades, donde sobresalió la variedad Sacaca con 1210 kg/ha, que fue menor al obtenido en Canaán por las variedades estudiadas.

Tabla 3.13

Prueba de Duncan de rendimiento de granos en las densidades de planta del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Densidades	Promedio (kg/ha)	ALS
d1-125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	4,028.96	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	3,321.67	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	3,061.96	b

La prueba de Duncan de rendimiento de grano de quinua con diferentes densidades de plantas (tabla 3.13) reporta que con la densidad d1 (125,000 plasta/ha) se logró obtener el mayor rendimiento de grano de quinua (4028.96 kg/ha), en comparación con las otras densidades probadas que se comportaron de forma similar.

Se evidencia que la menor densidad de plantas al tener menor competencia intraespecífica, logra tener mayor tamaño de panoja, mayor diámetro, mayor longitud y mayor vigor (altura) de planta lo que se configura posteriormente en que estas plantas tienen mayor rendimiento de granos, frente a las otras densidades probadas.

Se debe mencionar también que las tres variedades estudiadas tienen similar rendimiento, son todas quinuas de valle, sin embargo es necesario comprobar bajo diferentes regímenes de lluvia y altitud para demostrar las bondades de cada una de ellas.

Los rendimientos obtenidos se encuentran muy por encima del promedio regional y nacional, lo que nos hace pensar que una buena conducción y oportunas labores culturales pueden de por si mejorar la productividad del cultivo de quinua.

Arias (2017) logró en las variedades Hualhuas en Recuay rendimientos de 1216.67 y 1866.67 kg/ha con las densidades 0.40m y densidad 0.60 m; estos rendimientos resultan siendo muy inferiores a las densidades probadas en nuestro experimento que varían de 3000 a 4000 kg, que demuestra las buenas condiciones climáticas de Canaán a 2750 m, así como a la aplicación de riego por goteo en el experimento.

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas influyó en el rendimiento de grano de quinua, 125,000 plantas.ha⁻¹ con 4,028.96 kg.ha⁻¹ fue superior a 187,000 y 250,000 plantas.ha⁻¹, los cuales tuvieron similar rendimiento. La densidad 125,000 plantas.ha⁻¹ tuvo mayor diámetro de tallo, diámetro de panoja, longitud de panoja, altura de planta con 1.53; 16.44; 48.40 y 165.59 cm, respectivamente.
2. Las variedades de quinua no presentaron diferencia en rendimientos de grano en las densidades probadas; sin embargo, la variedad Arete registró diámetro de panoja de 16.36 cm; la variedad Señor del huerto registró longitud de panoja y altura de planta de 45.69 y 159.85 cm, respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la densidad de 125,000 plantas por hectárea que equivale a 10 plantas por metro lineal y en surcos distanciados a 0.80 m para obtener buenos rendimientos de quinua.
- Se recomienda utilizar en el cultivo de quinua las nuevas variedades introducidas como Arete y Señor del Huerto que tuvieron similar rendimiento que la variedad Salcedo INIA, variedad plenamente adaptada a la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROPERU. (2020). INIA 441 - Señor del Huerto. Disponible en: <https://www.agroperu.pe/inia-441-senor-del-huerto-la-nueva-variedad-de-quinua-que-rinde-hasta-3-2-t-ha/>
- Aguilar, N. (1981). Origen y evolución de la quinua, Universidad Nacional Agraria. Lima – Perú.
- Apaza, V. y Delgado, P. (2005). Manejo y mejoramiento de quinua orgánica. Agraria Puno-Perú.
- Arias, D. (2017). *Evaluación de tres densidades de siembra sobre el rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa, Willd) variedad Hualhuas en la comunidad campesina de Manco Cápac, distrito y provincia de Recuay*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash, Perú. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2774>
- Castro, N. (2016). Alternativas para la generación de valor agregado en los cultivos de Mango y Quinua. <https://www.uniagraria.edu.co/wp-content/uploads/2018/09/alternativas-para-la-generacion-de-valor-agregado-en-los-cultivos-de-mango-y-quinua.pdf>
- Deza, D. (2018). *Rendimiento y calidad de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c14b4965-8361-4ad0-9a30-0cd2fdf7b8d0/content>
- Erazzú, L; J. Gonzales; S. Buedo y F. Prado. (2016). Efectos de la densidad de siembra sobre *Chenopodium quinoa* (quinua). Incidencia sobre variables morfológicas y rendimiento de grano en la variedad CICA cultivada en Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina). INTA. Tucumán, Argentina. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/119962/CONICET_Digital_Nro.76dff559-a827-4f3d-a6de-500f521f9a29_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Gómez, L. y Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. FAO y la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/76594aca-c6a8-45e0-97db-39905cd72575/content>

- Herrera, J. (2017). regulación de malezas en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) variedad Negra Collana. Canaán, 2 735 msnm – Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH.
<https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/14c347d5-cc21-47fc-b128-be884f28c2be/content>
- Huayllacayan, Z. y P. Zúñiga. (2019). *Adaptabilidad y potencial de rendimiento de 10 variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en la localidad de Chango, Región Pasco*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1426>
- INIA (2005). Quinoa Salcedo INIA. Disponible en: <https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/quinua/Quinoa-Salcedo.pdf>
- INIA. (2020). INIA 441- Señor del Huerto. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1437442/Resoluci%C3%B3n%20Jefatural%20N%C2%B0%200135-2020-INIA.pdf.pdf?v=1605106451>
- Jacobsen, S. E. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). CIP, Lima, Perú. Food Reviews International. New York. Vol. 19, n.1 y 1. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/FRI-120018883>
- León, J. (2003). El cultivo de la quinua en Puno-Perú. Descripción, manejo y producción. Disponible en:
<https://www.monografias.com/trabajos-pdf/cultivo-quinua-puno-peru/cultivo-quinua-puno-peru.pdf>.
- Mamani, Y. (2006). *Dinámica de crecimiento del cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) con relación a su expansión foliar*. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-11/010037005.pdf
- Mendoza, V. (2013). *Comparativo de accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en condiciones de Costa Central*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://core.ac.uk/download/482039311.pdf>
- Ministerio Nacional de Salud - MINSA. (2017). Plan Nacional para Reducción de Anemia 2017 - 2021. Disponible en: [Minsa.gob.pe/portada/especiales/2016/anemia/index.asp?op=3](https://minsa.gob.pe/portada/especiales/2016/anemia/index.asp?op=3)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego-MIDAGRI. (2024). Observatorio de siembras y perspectivas de producción: Quinoa Campaña agrícola 2023/2024.

- <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5945877/4344772-observatorio-de-siembras-y-perspectivas-de-produccion-quinua%282%29.pdf?v=1709155759#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20quinua%20el,que%20sum%C3%B3%20114%2C7%20mil.>
- Mujica, A., Izquierdo, J. y Marathee, J. (2023). Origen y descripción de la quinua. <https://ciq.org.bo/wp-content/uploads/2022/09/16-LIBRO-Quinua-ancestral-cultivo-de-los-andes-r-miranda.pdf>
- Mujica, A., Canahua, A. y Saravia, R. (2023). Agronomía del cultivo de la quinua. <https://ciq.org.bo/wp-content/uploads/2022/09/16-LIBRO-Quinua-ancestral-cultivo-de-los-andes-r-miranda.pdf>
- Mujica, A. y Canahua, A. (1989). Fenología del cultivo de la quinua. En curso taller de fitopatología de cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. PICA. INIA. Puno-Perú. https://www.proinpa.org/publico/libro_plagas_quinua/files/res/downloads/download_0023.pdf
- Mujica, A. (1993). Cultivo de Quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Manual N° 11. Lima-Perú.
- Mujica, A. (1997). Cultivo de Quinua. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Manual RI N° 1-97. Lima-Perú.
- PROINPA. (2011). La Quinua, Cultivo Milenario para Contribuir a la Seguridad Alimentaria Mundial. FAO Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 58 páginas. Disponible en http://www.ibce.org.bo/publicaciones/docu_rec.asp.
- Rosas, G. (2019). *Rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) (Amaranthaceae), desarrollado en cuatro densidades de siembra bajo condiciones de suelo arenoso*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4697?mode=full>
- Solid Perú. (2010). Programa modular para el manejo técnico del cultivo de quinua. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1908216/TECNOLOG%C3%8DA%20PRODUCTIVA%20DE%20LA%20QUINUA.pdf.pdf>
- Tapia, M. y Aroni, G. (2023). Tecnología del cultivo orgánico de la quinua. <https://ciq.org.bo/wp-content/uploads/2022/09/16-LIBRO-Quinua-ancestral-cultivo-de-los-andes-r-miranda.pdf>

- Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A. y Mujica, A. (1979). La quinua y kañihua. Cultivos andinos. Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo CIID-Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA Bogotá Colombia. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/16254?show=full>
- Tapia M. et al. (1993). Semillas andinas. CONCYTEC. Lima-Perú.
- Tapia, M. E.; Sánchez, I.; Morón., C.; Ayala, G.; Fries, A. M. y Bacigalupo, A. (2000). Cultivos Andinos Subexplotados y su Aporte a la Alimentación. FAO. Segunda Edición. Santiago - Chile. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/3020>
- Tapia, M. y A. M. Fries. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos, FAO y ANPE. <https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/Biodiversidad/71.pdf>
- Zanabria y Mujica, A. (1977). Plagas de la quinua en Puno. Boletín técnico Fundo Simón Bolívar. IICA, Ministerio de la Alimentación Zona XII. Puno-Perú.

ANEXOS

Anexo 1. Datos de campo de Quinoa de tres variedades y tres densidades de plantas.
Canaán, Ayacucho

Repetición	Variedad	Densidad	Rendimiento	Altura planta	Longitud panoja	Diámetro panoja	Diámetro tallo
1	v1	d1	4279.125	169.8	49.4	14.8	1.38
1	v1	d2	4012.125	151.6	35.8	8.6	1.12
1	v1	d3	2962.875	132.2	28.4	7	0.74
1	v2	d1	4363.75	170.6	49.2	22.6	1.8
1	v2	d2	3521.25	158	35.2	18	1.2
1	v2	d3	3051.875	139.6	30	14.6	1
1	v3	d1	4406.875	176.8	63.8	16.4	1.66
1	v3	d2	3732.5	167	47.8	14.8	1.15
1	v3	d3	3840	153.2	46.6	12	0.96
2	v1	d1	4034.625	160.8	43	13.8	1.48
2	v1	d2	3091.25	142.6	40.2	11.6	0.92
2	v1	d3	3355	132.8	36.6	8.6	0.64
2	v2	d1	4540.625	160.4	44	20	1.5
2	v2	d2	3301.25	154.2	43.6	15.6	1.2
2	v2	d3	2981.25	137	31	13	1
2	v3	d1	3917.5	160.2	44.4	14	1.5
2	v3	d2	2878.75	157	40	10.2	1.2
2	v3	d3	3209.375	146.4	40	9.4	0.72
3	v1	d1	2576.25	162.13	43.4	12.2	1.52
3	v1	d2	3064.125	147.27	35.8	12.9	1.24
3	v1	d3	2545.375	133.6	29.6	7.2	0.92
3	v2	d1	2764.375	159.13	42.8	19.8	1.3
3	v2	d2	3030	147.47	34	12	1
3	v2	d3	2800.625	133.67	24.8	11.6	0.8
3	v3	d1	5377.5	170.47	55.6	14.4	1.66
3	v3	d2	3263.75	160.2	38.2	10.2	1.2
3	v3	d3	2811.25	147.4	34.8	8.8	0.66

Anexo 2. Panel fotográfico



Foto 1. Preparación del terreno



Foto 2. Surcado del campo experimental a 0.80m.



Foto 3. Semilla de quinua, lista para la siembra



Foto 4. Pesado de gallinaza procesada (Mallki) para su incorporación al suelo



Foto 5. Siembra de quinua a chorro continuo



Foto 6. Riego por goteo a la emergencia de las plántulas de quinua



Foto 7. Control fitosanitario en quinua para control de plagas



Foto 8. Control fitosanitario en quinua para control de plagas en planta



Foto 9. Evaluación de altura de planta de quinua



Foto 10. Secado de panojas de quinua



Foto 11. Trilla de quinua



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Bach. JHON QUISPE LLAMPASI

R.D. N° 497-2023-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los quince días del mes de octubre del año dos mil veinticuatro, siendo las dieciocho horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Rolando Bautista Gómez Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Dr. Rolando Bautista Gómez, M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo como asesor, el Ing. Edgar Tenorio Mancilla y el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Densidad de plantas en el rendimiento de tres variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2750 msnm - Ayacucho, 2021**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **JHON QUISPE LLAMPASI**.

El señor Decano (e) previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Dr. Rolando Bautista Gómez	14	14	15	14
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo	15	15	15	15
Ing. Edgar Tenorio Mancilla	16	15	14	15
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza	15	14	15	15
PROMEDIO GENERAL				15

Acto seguido se invita al sustentante y publico en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Dr. Rolando Bautista Gómez
Presidente


.....
M.Sc. Walter Augusto Mateu Mateo
Asesor


.....
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por RR N° 294-2022-UNSCH-R y la RD N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Densidad de plantas en el rendimiento de tres variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2750 msnm – Ayacucho, 2021

Autor : Jhon QUISPE LLAMPASI
Asesor : Walter Augusto MATEU MATEO

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación y de tesis, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **veinticinco (25 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2526520066

Ayacucho, 20 de noviembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ing. Edgar Fenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de investigación y tesis - FCA

Densidad de plantas en el
rendimiento de tres variedades
de *Chenopodium quinoa* Willd.
Canaán 2750 msnm –
Ayacucho, 2021
por Jhon Quispe Llampasi

Fecha de entrega: 20-nov-2024 02:33p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2526520066

Nombre del archivo: Tesis_Jhon_Quispe_Llampasi-191124.docx (5.33M)

Total de palabras: 15767

Total de caracteres: 83366

Densidad de plantas en el rendimiento de tres variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2750 msnm – Ayacucho, 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

20%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	6%
2	repositorio.inia.gob.pe Fuente de Internet	6%
3	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	6%
4	ernesto-consultoria.blogspot.com Fuente de Internet	1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	1%
6	www.monografias.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
8	redi.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	1%

9	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1 %
11	www.campopotosino.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
12	alexisjuliocr.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
13	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
14	1library.co Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
18	Submitted to Universidad Catolica Los Angeles de Chimbote Trabajo del estudiante	<1 %
19	Sebastián E. Buedo, Juan Antonio Gonzáleza. "Effect of salinity stress on quinoa germination. Influence of ionic and osmotic	<1 %

components", Emirates Journal of Food and Agriculture, 2020

Publicación

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Densidad de plantas en el rendimiento de tres variedades de *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2750 msnm – Ayacucho, 2021

Área de investigación: Medio Ambiente
Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola
Jhon Quispe Llampasi
jhonqll@hotmail.com
Walter Augusto Mateu Mateo
walter.mateu@unsch.edu.pe

RESUMEN

El trabajo de investigación en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se condujo en el Centro Experimental de Canaán perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga. Ubicado en el departamento de Ayacucho, a 2750 msnm, con el objetivo de evaluar el efecto de densidad de plantas y variedades de quinua en el rendimiento de granos de quinua. Los factores estudiados fueron, variedades: Salcedo INIA, Arete y Señor del Huerto; densidad de plantas, 125,000 plantas.ha⁻¹, 187,000 plantas.ha⁻¹ y 250,000 plantas.ha⁻¹. Se utilizó el Diseño Bloque Completo Randomizado, con arreglo factorial de 3V * 3D, con 9 tratamientos y 3 repeticiones. El área de la unidad experimental fue de 12.80 m². La densidad de plantas influyó en el rendimiento de grano de quinua, 125,000 plantas.ha⁻¹ con 4,028.96 kg.ha⁻¹ fue superior a 187,000 y 250,000 plantas.ha⁻¹, los cuales tuvieron similar rendimiento. La densidad 125,000 plantas.ha⁻¹ tuvo mayor diámetro de tallo, diámetro de panoja, longitud de panoja, altura de planta con 1.53; 16.44; 48.40 y 165.59 cm, respectivamente. Las variedades de quinua no presentaron diferencia de rendimientos de grano en las densidades probadas; sin embargo, la variedad Arete registró diámetro de panoja de 16.36 cm; la variedad Señor del huerto registró longitud de panoja y altura de planta de 45.69 y 159.85 cm, respectivamente.

Palabras Clave: *Chenopodium quinoa* Willd., variedades, densidad de plantas.

Plant density in the yield of three varieties of *Chenopodium quinoa* Willd. Canaan 2750 meters above sea level – Ayacucho, 2021

ABSTRACT

The research work on quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) was conducted at the Canaan Experimental Center belonging to the Faculty of Agrarian Sciences of the National University of San Cristóbal de Huamanga. Located in the department of Ayacucho, at 2750 meters above sea level, with the objective of evaluating the effect of plant density and varieties of quinoa on the yield of quinoa grains. The factors studied were varieties: Salcedo INIA, Arete and Señor del Huerto; plant density, 125,000 plants.ha⁻¹, 187,000 plants.ha⁻¹ and 250,000 plants.ha⁻¹. The Randomized Complete Block Design was used, with a 3V * 3D factorial arrangement, with 9 treatments and 3 repetitions. The area of the experimental unit was 12.80 m². Plant density influenced quinoa grain yield, 125,000 plants.ha⁻¹ with 4,028.96 kg.ha⁻¹ was higher than 187,000 and 250,000 plants.ha⁻¹, which had similar yields. The density of 125,000 plants.ha⁻¹ had the highest stem diameter, panicle diameter, panicle length, and plant height with 1.53; 16.44, 48.40 and 165.59 cm, respectively. The quinoa varieties did not present a difference in grain yields in the tested densities; However, the Arete variety recorded a panicle diameter of 16.36 cm; The Señor del Huerto variety recorded panicle length and plant height of 45.69 and 159.85 cm, respectively.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd., varieties, plant density.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua *Chenopodium quinoa* Willd., es un grano originario de Los Andes, donde fue cultivado desde las culturas precolombinas y constituye un alimento de las poblaciones rurales. La semilla de quinua es grano muy nutritivo pues contiene aminoácidos esenciales, minerales, aceites, vitaminas y no contiene gluten. Su valor nutritivo a nivel global ha sido reconocido desde el año 2013 donde se declaró el año internacional de la quinua y como consecuencia las exportaciones de los países productores como Perú y Bolivia y Ecuador se han incrementado vertiginosamente. Ha sido seleccionada por la FAO como uno de los cultivos destinados para combatir el hambre y la desnutrición en el mundo, en este siglo XXI (Jacobsen, 2003).

La quinua cuenta con más de tres mil genotipos tanto cultivados como silvestres que se clasifican en cinco categorías según el gradiente altitudinal: ecotipos del nivel del mar, del altiplano, de valles interandinos, de los salares y de las Yungas. Crece tradicionalmente en los Andes de Bolivia, Perú y Ecuador, lugares donde es un alimento básico e importante. (Mendoza, V. p. 13)

En la campaña agrícola 2023/2024 en el país se registra una producción de 70,300 toneladas, producción que ha decaído desde el 2022 donde registró 114,000 toneladas de quinua. En el último quinquenio el 93.7% de la producción se concentra en siete departamentos: Puno, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Arequipa y Junín. Ayacucho en el 2023, ha tenido una participación de 24.4 %, consolidándose en el segundo productor más importante del país (MIDAGRI, 2024).

A nivel nacional en el año 2022 fue de 1639 kg.ha⁻¹, mientras que el rendimiento de quinua en el departamento fue de 1836 kg.ha⁻¹, sin embargo, cinco departamentos: Arequipa, Cusco, Apurímac y Junín superan los 2000 kg.ha⁻¹, llegando inclusive a 3677 kg.ha⁻¹, cuyo soporte fue la mejora de la tecnología del cultivo (MIDAGRI, 2024).

Su potencial excepcional de supervivencia y su alto valor nutritivo han hecho que este cultivo se convierta en un producto agrícola con valor estratégico importante para la seguridad alimentaria de la humanidad, y ha sido seleccionada por la FAO como uno de los cultivos destinados para combatir el hambre y la desnutrición en el mundo, en este siglo. (Mendoza, V. p. 13)

Los aspectos importantes en la mejora del rendimiento de granos en quinua lo constituyen la utilización de densidades adecuadas de plantas, variedades adaptadas de buen rendimiento, énfasis en el abonamiento orgánico – mineral, deshiero oportuno y control de plagas y enfermedades, bajo un contexto con condiciones edafoclimáticas adecuadas nos permitirán elevar los rendimientos por encima de la dos t.ha⁻¹.

Tomando en cuenta la importancia y adaptabilidad de la quinua basado en su diversidad genotípica se ha planteado la investigación bajo las condiciones de Canaán a 2750 msnm-Ayacucho para contribuir con la soberanía alimentaria de la región, persiguiendo los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Canaán 2,750 msnm – Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Evaluar la influencia de la densidad de plantas en el rendimiento en grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).
2. Evaluar la respuesta de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) a la densidad de plantas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

El experimento se desarrolló en el Centro Experimental Canaán de la Escuela Profesional de Agronomía de la UNSCH, ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho, a 1.5 km al este de la ciudad de Huamanga; se encuentra entre las paralelas 13° 10' 00.06'' de Latitud Sur. 74° 12' 22.92'' de Longitud Oeste, a una altitud de 2 750 msnm.

2.2. Análisis físico - químico del suelo C.E. Canaán 2750 msnm

Características	Resultados		Interpretación
	Valor	Método	
<u>Análisis físico</u>		Hidrómetro de Bouyoucus	
Arena (%)	36.6		
Limo (%)	24.2		
Arcilla (%)	39.2		
Textura			Franco Arcilloso
<u>Análisis químico</u>			
pH (H ₂ O)	7.57	Potenciométrico (1:2.5)	Lig. alcalino
M.O (%)	1.95	Walkley y Black	Bajo
N total (%)	0.10	Semi – micro Kjeldahl	Bajo
P Disponible (ppm)	20.9	Colorímetro Bray – Kurtz I	Medio
K Disponible (ppm)	108.5	Turbidimétrico Morgam P.	Medio

2.3. Variables estudiadas e indicadores

2.3.1. Variables independientes

Variedades de quinua (V)

Indicadores

- v1- Salcedo INIA
- v2- Arete
- v3- Señor del Huerto

Densidad de plantas (D)

Indicadores

- d1- 125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)
- d2- 187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)
- d3- 250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)

2.3.2. Variables dependientes

Rendimiento

Indicadores

- Fenología de la planta (dds).
- Longitud de panoja (cm).
- Altura de planta (cm).
- Diámetro de panoja (cm)
- Diámetro de tallo (cm).
- Rendimiento de grano (kg.ha⁻¹).

2.4. Método experimental

2.4.1. Tipo de investigación

Nivel: Experimental

2.4.2. Población

La población estuvo formada por plantas desarrolladas en el campo de cultivo, conformada por tres variedades del cultivo de quinua, instalada en el campo experimental.

2.4.3. Muestra

La muestra estuvo conformada por 5 plantas evaluadas de los surcos centrales de cada unidad experimental, y para evaluar el rendimiento de grano se cosecharon las plantas del surco central, dejando 0.50 m en los extremos de la parcela.

2.4.4. Diseño experimental

El tipo de investigación fue experimental y método inductivo. Se utilizó el diseño estadístico de Bloque Completo Randomizado (DBCR) con arreglo factorial de 3V * 3D con 9 tratamientos, con 3 repeticiones. Los tratamientos resultaron de la combinación de 3 variedades de quinua (Salcedo INIA, Arete y Señor del Huerto) y 3 densidades de plantas (125,000, 187,000 y 250,000 plantas por hectárea), que es equivalente a 10, 15, 20 plantas por metro lineal, respectivamente. Se evaluó el rendimiento y componentes del rendimiento de quinua. La unidad experimental tuvo una dimensión de 4.0 m * 3.20 m, con 4 surcos. El distanciamiento entre surcos fue de 0.80 m.

El análisis estadístico consistió en el Análisis de la Variancia (ANOVA) y la prueba de Contraste de Duncan (0,05) así como el estudio de la regresión de los caracteres que resultaran significativos.

El modelo aditivo lineal para el análisis estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \delta_j + \alpha_k + (\delta_j \alpha_k) + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} : Variable de respuesta del i-ésimo nivel de a, j-ésimo nivel de b, en el k-ésimo bloque

μ : Media general

β_i : Efecto del i-ésimo bloque

δ_j : Efecto de la j-ésima variedad de quinua

α_k : Efecto de k-ésimo densidad de plantas

$(\delta_j \alpha_k)$: Efecto de la interacción de variedad de quinua x densidad de plantas.

ε_{ijk} : Error

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diámetro de tallo de la planta

Tabla 3.1

ANVA de diámetro de tallo de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	0.05	0.02	1.21	0.3249 ns
Variedades	2	0.05	0.02	1.24	0.3168 ns
Densidades	2	2.26	1.13	59.06	<0.0001 **
Int. V * D	4	0.05	0.01	0.64	0.6440 ns
Error	16	0.31	0.02		
Total	26	2.71			

C.V. = 11.86 % R² = 0.89

En ANVA de diámetro de tallo (tabla 3.1) muestra que existe alta significación estadística entre densidades de plantas. No hubo significación entre variedades y en la interacción variedades por densidad de plantas, lo que quiere decir que, por lo menos una densidad de plantas, es diferente de las demás densidades.

Tabla 3.2

Prueba de Duncan de diámetro de tallo de plantas en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho

Densidades	Promedio (cm)	ALS
d1-125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	1.53	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	1.14	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	0.83	c

El coeficiente de variabilidad 11.86 % expresa que los resultados son de buena confiabilidad y el R² 0.89 explica que los resultados de diámetro de planta se atribuyen a los factores estudiados.

En la prueba de Duncan del diámetro de tallo de las variedades de quinua (tabla 3.2), la densidad d1 con 1.53 cm tiene mayor diámetro que d2 con 1.14 cm y este a su vez, mayor que d3 con 0.83 cm, que fue el menor.

Esta diferencia se puede explicar porque en la d1, se tiene menor número de plantas por hectárea y mayor distanciamiento entre planta y planta de quinua y así sucesivamente con la densidad d2, lo que configura que cuando hay menor densidad poblacional también existe menor competencia intraespecífica entre plantas de la misma variedad y producto de ello, las plantas disponen de mayor espacio para desarrollar, reciben mayor luminosidad, mayor volumen de agua, mayor volumen edáfico, lo que produce plantas más robustas de mayor diámetro de tallo.

Deza (2018) cuando probó 2 densidades de siembra no encontró diferencia entre ellos, sin embargo, Rosas (2019) si pudo encontrar diferencias entre las densidades 400,000 y 500,000 plantas, en la variedad salcedo INIA. Erazzú (2016) también encontró diferencias entre métodos de siembra (por golpe y a chorrillo).

3.2. Diámetro de panoja de la planta

Tabla 3.3

ANVA de diámetro de panoja en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	22.12	11.06	4.08	0.0370
Variedades	2	151.91	75.95	28.01**	<0.0001
Densidades	2	175.83	87.91	32.42 **	<0.0001
Int. V * D	4	10.97	2.74	1.01	0.4310
Error	16	43.39	2.71		
Total	26	404.21			

C.V. = 12.56 R² = 0.89

En el ANVA de diámetro de panoja de quinua de variedades y densidades de plantas (Tabla 3.3) se encontró alta significación estadística entre variedades y entre densidades de planta. No existe significación en la interacción variedades por densidad de plantas. Quiere decir que una de las variedades y una densidad de plantas es diferente de las otras variedades o densidades estudiadas.

El coeficiente de variabilidad 12.56 % da una buena confianza a los resultados encontrados y el R² de 0.89 expresa que la respuesta obtenida se atribuye a los factores estudiados.

Tabla 3.4

Prueba de Duncan de diámetro de panoja en variedades de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.

Variedades	Promedio (cm)	ALS
v2-Arete	16.36	a
v3-Señor del Huerto	12.24	b
v1-Salcedo INIA	10.74	b

La prueba de Duncan de diámetro de panoja de las variedades de quinua (tabla 3.4) muestra que la variedad Arete (v2) con 16.36 cm tuvo mayor diámetro de panoja que las otras dos variedades (Señor del huerto y Salcedo INIA).

Esta diferencia de la variedad Arete frente a las otras se atribuye a la característica varietal de Arete que tiene panojas más laxas, que las otras variedades en estudio.

Como se verá, cada una de las variedades de quinua tiene características genéticas diferentes a las otras que al interactuar con el ambiente se expresan en una determinada característica que lo diferencia de las otras.

Al respecto, Deza (2018) no encontró diferencias entre variedades en las características

botánicas de la planta, sin embargo, Rosas (2019) encontró diferencias en las densidades de 400,000 y 500,000 plantas por hectárea.

Tabla 3.5

Prueba de Duncan de diámetro de panoja en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.

Densidades	Promedio (cm)	ALS
d1-125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	16.44	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	12.66	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	10.24	c

En la prueba de Duncan de diámetro de panoja de las densidades de plantas de quinua (tabla 3.5) se visualiza que la densidad d1 (menor número de plantas por hectárea), tiene mayor diámetro (16.44 cm), frente a d2 y d3 que tuvieron 12.66 y 10.24 cm. Respectivamente.

Este resultado puede atribuirse al impacto del factor ambiental, o sea las plantas al contar con mayor espacio, luz, agua y nutrientes, logran mayor desarrollo que las plantas de cultivos con mayor densidad de plantas por hectárea o plantas más juntas. Esto se explica también por la competencia intraespecífica que desarrollan las plantas en su desarrollo vegetativo, menor competitividad entre plantas mayor desarrollo de plantas en el campo de cultivo.

El resultado no coincide con Deza (2018) que no encontró diferencias entre densidades de plantas y sistemas de fertilización. Huayllacayan y Zuñiga (2019) si encontró diferencias en esta característica, sobresaliendo con mayor ancho de panoja las variedades Pasankalla y Sacaca con 4.53 y 4.51, aunque estos datos fueron mucho menores a los alcanzados en nuestro experimento.

3.3. Longitud de panoja de la planta

En el ANVA de longitud de panoja de planta de quinua de variedades con densidades de plantas (tabla 3.6) se halló alta significación entre variedades de quinua y entre densidades de plantas. No hubo significación en la interacción variedades por densidad de plantas. Es decir que existe respuesta a los factores secundarios estudiados.

Tabla 3.6

ANVA de longitud de panoja de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	123.77	61.89	2.71	0.0971 ns
Variedades	2	395.79	197.89	8.66	0.0028 **
Densidades	2	1018.85	509.42	22.28	<0.0001 **
Int. V * D	4	48.30	12.07	0.53	0.7168 ns
Error	16	365.80	22.86		
Total	26	1952.51			

C.V. = 11.87 % R² = 0.81

El coeficiente de variabilidad 11.87 % nos indica que los resultados hallados tienen buena confiabilidad, el R^2 0.81 significa que la respuesta obtenida en esta característica se atribuye a las variedades y densidad de plantas estudiados.

Tabla 3.7

Prueba de Duncan de longitud de panoja en las variedades de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.

Variedades	Promedio (cm)	ALS
v3-Señor del Huerto	45.69	a
v1-Salcedo INIA	38.02	b
v2-Arete	37.18	b

La prueba de Duncan de longitud de panoja de variedades de quinua (tabla 3.7) muestra que la variedad Señor del huerto – v3 con 45.69 cm presenta mayor longitud de panoja frente a Salcedo INIA-v1 y Arete-v2.

Este resultado podría atribuirse a la característica varietal propia de la variedad Señor del huerto que presenta panojas de mayor longitud que las otras dos variedades estudiadas.

Los resultados encontrados en el experimento coinciden con Huayllacayan y Zúñiga (2019), que hallaron diferencias entre variedades, donde sobresalieron Huancayo y Pasankalla con 39.75 y 38.50 cm, pero fueron un poco menores en comparado con nuestro experimento.

Tabla 3.8

Prueba de Duncan de longitud de panoja en las densidades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.

Densidades	Promedio (cm)	ALS
d1-125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	48.40	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	38.96	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	33.53	b

En la prueba de Duncan de longitud de panoja de las plantas de quinua con diferentes densidades de plantas (tabla 3.8) se evidencia que la d1 (125,000 plantas. ha^{-1}), que es la menor densidad de plantas presenta plantas con mayor longitud de panoja (48.40 cm) que las d2 y d3 estudiadas.

La respuesta se puede atribuir a la menor competencia intraespecífica que se desarrolló en el cultivo, lo que provocó mayor desarrollo de las panojas frente a las otras densidades estudiadas. La menor competencia en espacio, luz, agua, nutrientes y otros factores, provoca mayor desarrollo de longitud de panoja de las plantas de quinua.

Arias (2017) también halló diferencias con la densidad (0.70 cm) con 26.60 cm, frente a la densidad (0.40 cm) con sólo 14.40 cm; estos datos resultan ser menores a lo encontrado en nuestro experimento.

3.4. Altura de la planta

Tabla 3.9

ANVA de altura de planta en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	294.19	147.10	14.04	0.0003 ns
Variedades	2	671.48	335.74	32.05	<0.0001 **
Densidades	2	3065.07	1532.53	146.29	<0.0001 **
Int. V * D	4	118.67	29.67	2.83	0.0596 ns
Error	16	167.61	10.48		
Total	26	4317.03			

C.V. = 2.12 % R² = 0.96

El ANVA de altura de planta de variedades en quinua en diferentes densidades de plantas (tabla 3.9) demuestra que se alcanzó alta significación en los factores principales; no se halló significación en la interacción (factores secundarios) de variedad por densidad de plantas.

El coeficiente de variabilidad 2.12 % expresa que los resultados encontrados son de alta confiabilidad y el R² 0.96 evidencia que las respuestas encontradas se atribuyen a los dos factores estudiados, variedades y densidad de plantas de quinua.

Tabla 3.10

Prueba de Duncan de altura de planta en las variedades de plantas del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.

Variedades	Promedio (cm)	ALS
v3-Señor del Huerto	159.85	a
v2-Arete	151.12	b
v1-Salcedo INIA	148.09	b

La prueba de Duncan (tabla 3.10) corrobora que, bajo las condiciones de Canaán a 2750 msnm, la variedad Señor del huerto-v3 con 159.85 cm presenta mayor altura de planta que las otras dos variedades de quinua que presentaron menor altura de planta, pero similares entre sí.

La respuesta se explica por la respuesta del genotipo frente a las condiciones ambientales de Canaán, donde se tuvo mayor porte de la variedad Señor del huerto.

Los resultados coinciden con Huayllacayan y Zuñiga (2019) que encontró diferencias entre variedades, las variedades Pasankalla, Salcedo INIA y Sacaca alcanzaron las mayores alturas con 1.08, 1.08 y 1.07 m, respectivamente.

Tabla 3.11

Prueba de Duncan de altura de planta en las densidades de planta del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.

Densidades	Promedio (cm)	ALS
d1- 125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	165.59	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	153.93	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	139.54	c

En la prueba de Duncan de altura de planta de las densidades de plantas de quinua estudiadas (tabla 3.11) se demuestra que la menor competencia entre plantas de la misma variedad (competencia intraespecífica) tuvo influencia en la altura de planta de quinua, las parcelas con menor densidad o menor competencia desarrollaron plantas de mayor porte, los que se redujeron cuando se incrementa la densidad de plantas o competencia intraespecífica. En el experimento, d1 con 165.59 cm supera a d2 y d3 con 153.93 cm y 139.54 cm, respectivamente.

Arias (2017) encontró similares alturas de plantas al encontrado en nuestro experimento, sin embargo, estas fueron diferentes en las densidades probadas, 1.55 m con densidad 0.70 m, 1.52 m con densidad 0.60 m y 1.32 m con la densidad 0.40 m.

3.5. Rendimiento de granos del cultivo de quinua

Tabla 3.12

ANVA de rendimiento de granos en variedades de quinua con densidades de plantas. Canaán 2750 msnm, Ayacucho.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft
Bloque	2	1959163.96	979581.98	3.32	0.0623 ns
Variedades	2	816959.62	408479.81	1.38	0.2791 ns
Densidades	2	4508396.76	2254198.38	7.63	0.0047 **
Int. V * D	4	836604.46	209151.11	0.71	0.5979 ns
Error	16	4724297.42	295268.59		
Total	26	12845422.23			

C.V. = 15.66 % R² = 0.63

El ANVA de rendimiento de granos de variedades y densidades de plantas de quinua (tabla 3.12) evidencia que existen diferencias altamente significativas entre densidades de plantas de quinua. No se halló diferencia entre variedades y en la interacción de variedades por densidades de plantas.

El coeficiente de variabilidad 15.66 % indica que los resultados obtenidos en el experimento son confiables y el R² 0.63, indica que las respuestas logradas se atribuyen en 63 % a los factores estudiados.

Con respecto al rendimiento, Huayllacayan y Zúñiga encontró diferencias de rendimiento entre variedades, donde sobresalió la variedad Sacaca con 1210 kg/ha, que fue menor al obtenido en Canaán por las variedades estudiadas.

Tabla 3.13

Prueba de Duncan de rendimiento de granos en las densidades de planta del cultivo de quinua. Canaán 2750 msnm. Ayacucho.

Densidades	Promedio (kg/ha)	ALS
d1-125,000 plantas por hectárea (10 plantas/metro lineal)	4,028.96	a
d2-187,000 plantas por hectárea (15 plantas/metro lineal)	3,321.67	b
d3-250,000 plantas por hectárea (20 plantas/metro lineal)	3,061.96	b

La prueba de Duncan de rendimiento de grano de quinua con diferentes densidades de plantas (tabla 3.13) reporta que con la densidad d1 (125,000 plasta/ha) se logró obtener el mayor rendimiento de grano de quinua (4028.96 kg/ha), en comparación con las otras densidades probadas que se comportaron de forma similar.

Se evidencia que la menor densidad de plantas al tener menor competencia intraespecífica, logra tener mayor tamaño de panoja, mayor diámetro, mayor longitud y mayor vigor (altura) de planta lo que se configura posteriormente en que estas plantas tienen mayor rendimiento de granos, frente a las otras densidades probadas.

Se debe mencionar también que las tres variedades estudiadas tienen similar rendimiento, son todas quinuas de valle, sin embargo es necesario comprobar bajo diferentes regímenes de lluvia y altitud para demostrar las bondades de cada una de ellas.

Los rendimientos obtenidos se encuentran muy por encima del promedio regional y nacional, lo que nos hace pensar que una buena conducción y oportunas labores culturales pueden de por sí mejorar la productividad del cultivo de quinua.

Arias (2017) logró en las variedades Hualhuas en Recuay rendimientos de 1216.67 y 1866.67 kg/ha con las densidades 0.40m y densidad 0.60 m; estos rendimientos resultan siendo muy inferiores a las densidades probadas en nuestro experimento que varían de 3000 a 4000 kg, que demuestra las buenas condiciones climáticas de Canaán a 2750 m, así como a la aplicación de riego por goteo en el experimento.

CONCLUSIONES

1. La densidad de plantas influyó en el rendimiento de grano de quinua, 125,000 plantas.ha⁻¹ con 4,028.96 kg.ha⁻¹ fue superior a 187,000 y 250,000 plantas.ha⁻¹, los cuales tuvieron similar rendimiento. La densidad 125,000 plantas.ha⁻¹ tuvo mayor diámetro de tallo, diámetro de panoja, longitud de panoja, altura de planta con 1.53; 16.44;48.40 y165.59 cm, respectivamente.
2. Las variedades de quinua no presentaron diferencia en rendimientos de grano en las densidades probadas; sin embargo, la variedad Arete registró diámetro de panoja de 16.36 cm; la variedad Señor del huerto registró longitud de panoja y altura de planta de 45.69 y 159.85 cm, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, D. (2017). *Evaluación de tres densidades de siembra sobre el rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa, Willd) variedad Hualhuas en la comunidad campesina de Manco Cápac, distrito y provincia de Recuay*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Ancash, Perú. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2774>
- Deza, D. (2018). *Rendimiento y calidad de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/c14b4965-8361-4ad0-9a30-0cd2fdf7b8d0/content>
- Erazzú, L; J. Gonzales; S. Buedo y F. Prado. (2016). Efectos de la densidad de siembra sobre *Chenopodium quinoa* (quinua). Incidencia sobre variables morfológicas y rendimiento de grano en la variedad CICA cultivada en Amaicha del Valle (Tucumán, Argentina). INTA. Tucumán, Argentina. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/119962/CONICET_Digital_Nro_76dff559-a827-4f3d-a6de-500f521f9a29_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Huayllacayan, Z. y P. Zúñiga. (2019). *Adaptabilidad y potencial de rendimiento de 10 variedades de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en la localidad de Chango, Región Pasco*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco, Perú. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1426>
- INIA (2005). Quinua Salcedo INIA. Disponible en: <https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/investigacion/programa/sistProductivo/variedad/quinua/Quinua-Salcedo.pdf>
- INIA. (2020). INIA 441- Señor del Huerto. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1437442/Resoluci%C3%B3n%20Jefatural%20N%C2%B0%200135-2020-INIA.pdf.pdf?v=1605106451>
- Jacobsen, S. E. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). CIP, Lima, Perú. Food Reviews International. New York. Vol. 19, n.1 y 1. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1081/FRI-120018883>
- Mendoza, V. (2013). *Comparativo de accesiones de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en condiciones de Costa Central*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://core.ac.uk/download/482039311.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego-MIDAGRI. (2024). Observatorio de siembras y perspectivas de producción: Quinua Campaña agrícola 2023/2024.

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5945877/4344772-observatorio-de-siembras-y-perspectivas-de-produccion-quinua%282%29.pdf?v=1709155759#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20quinua%20el,que%20sum%C3%B3%20114%2C7%20mil>.

Rosas, G. (2019). *Rendimiento del cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) (Amaranthaceae), desarrollado en cuatro densidades de siembra bajo condiciones de suelo arenoso*. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú.
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4697?mode=full>