

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMA



Rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)
(Amaranthaceae), desarrollado en cuatro densidades de siembra bajo
condiciones de suelo arenoso

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

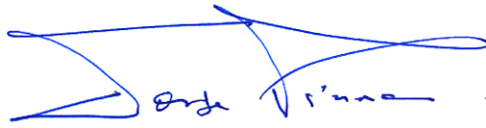
INGENIERO AGRÓNOMO

GILMER ROSAS TOMAS

TRUJILLO, PERÚ

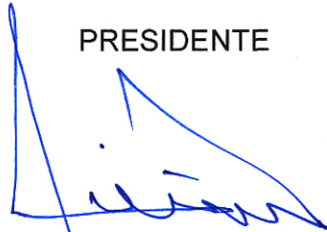
2019

La tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



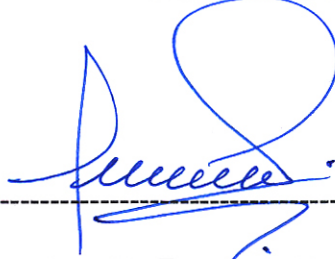
Ing. Dr. Jorge Pinna Cabrejos.

PRESIDENTE



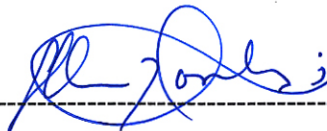
Ing. Mg. Suiberto Vigo Rivera

SECRETARIO



Ing. Dr. Fernando Ugaz Odar

VOCAL



Ing. Cesar Guillermo Morales Skrabonja

ASESOR

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida, bendecirme y haberme guiado durante todos mis estudios, también por darme la salud y fuerzas necesarias para lograr mis objetivos.

A mi esposa e hijos

Por su apoyo incondicional que en cada momento me brindaron, además del amor y la motivación constante que me han permitido terminar con uno de mis sueños.

A mis Queridos Padres

Por darme su apoyo infinito en todo momento, por brindarme los buenos consejos y a través de sus ejemplos enseñarme a ser perseverante y constante, además por sus valores que me han permitido ser una persona de bien.

A mis maestros.

A todos aquellos que fueron parte de mi formación profesional, a los maestros que me apoyaron en la elaboración de esta tesis y a todos los que impulsaron el desarrollo de mi formación profesional.

Gilmer Rosas Tomas

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a:

A Dios por darme la vida, por protegerme y guiarme en todo mi camino, por darme las fuerzas para superar obstáculos y seguir adelante.

Gracias a mi esposa e hijos, por su amor, comprensión y apoyo que siempre me brindaron, además de su motivación constante para lograr este objetivo. Gracias también a mis hermanos y familiares por el apoyo brindado.

Gracias a mis queridos Padres por estar junto a mí siempre, y por su apoyo incondicional en cada momento de mi vida. Por sus ejemplos y superación que siempre los caracteriza. Por los valores y el amor que me inculcaron para ser siempre una persona de bien.

Gracias a mis amigos que fueron parte de este proyecto y de mi formación profesional; un agradecimiento especial al Ingeniero Pedro Chigchon Castillo por el impulso, motivación y apoyo brindado durante mi formación profesional.

A mis Maestros gracias por su apoyo, por su tiempo y sabiduría que me transmitieron.

Gracias a mi jurado dictaminador por el apoyo y asesoramiento para poder culminar este informe de tesis.

Gilmer Rosas Tomas

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA.....	i
APROBACIÓN POR EL JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
2.1 Clasificación científica.....	4
2.2 El cultivo de la quinua y el efecto de la cantidad de plantas ha ⁻¹	4
2.3 El Cultivo de quinua.....	7
2.4 Las saponinas en la quinua.....	8
2.5 Cultivares de la quinua.....	9
2.6 Morfología de la planta de quinua.....	10
2.6.1 La raíz.....	10
2.6.2 El tallo.....	10

2.6.3	Hojas.....	10
2.6.4	Inflorescencia.....	11
2.6.5	Flores.....	11
2.6.6	Fruto.....	11
2.6.7	Semilla.....	12
2.7	Fases de desarrollo de la quinua.....	12
2.7.1	Emergencia.....	13
2.7.2	Dos hojas verdaderas.....	13
2.7.3	Cuatro hojas verdaderas.....	13
2.7.4	Seis hojas verdaderas.....	14
2.7.5	Ramificación.....	14
2.7.6	Inicio de panojamiento.....	14
2.7.7	Panojamiento.....	14
2.7.8	Inicio de floración.....	15
2.7.9	Floración.....	15
2.7.10	Grano lechoso.....	16
2.7.11	Grano pastoso.....	16
2.7.12	Madurez fisiológica.....	16
2.8	Densidad poblacional en la siembra de la quinua.....	16
2.9	Requerimientos para la siembra de la quinua.....	17
2.9.1	Suelo.....	17
2.9.2	Fertilización.....	18
2.9.3	Agua.....	18
2.9.4	Clima.....	19
2.9.5	Preparación del suelo..	20
2.9.6	Siembra de la quinua.....	20
2.9.7	Riegos.....	20
2.9.8	Labores culturales.....	21
2.9.9	Sanidad: (plagas y enfermedades).....	21

2.9.10 Cosecha, trilla, selección, envasado y almacenamiento.....	23
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Materiales.....	24
3.1.1 Lugar donde se instaló el campo experimental.....	24
3.1.2 Propiedades químicas del suelo.....	24
3.1.3 Material biológico.....	25
3.1.4 Material no biológico.....	25
3.1.4.1 Fertilizantes.....	25
3.1.4.2 Fungicidas.....	25
3.1.4.3 Sistema de riego.....	25
3.1.4.4 Herramientas y equipo.....	26
3.1.4.5 Materiales de oficina.....	26
3.2 Métodos.....	26
3.2.1 Diseño estadístico y análisis de datos.....	26
3.2.2 Análisis de variancia DBCA.....	27
3.2.3 Tratamientos en estudio.....	27
3.2.4 Detalle del campo experimental.....	27
3.2.5 Croquis del campo experimental.....	28
3.3 Instalación del experimento.....	28
3.3.1 Preparación del terreno experimental.....	28
3.3.2 Surcado.....	28
3.3.3 Desinfección de la semilla.....	29
3.3.4 Siembra.....	29
3.3.5 Riego del campo experimental.....	29
3.3.6 Fertilización.....	30
3.3.7 Desahíje o raleo.....	31
3.3.8 Control de malezas.....	32
3.3.9 Aporque.....	32
3.3.10 Manejo y control de plagas y enfermedades.....	32

3.3.11 Cosecha.....	32
3.3.12 Pesado de la producción.....	33
3.4 Evaluaciones.	33
3.4.1 Número de plantas por metro.	33
3.4.2 Diámetro del tallo.	33
3.4.3 Altura de planta.....	33
3.4.4 Número de panojas.....	34
3.4.5 Tamaño de panoja.	34
3.4.6 Tamaño de grano.	34
3.4.7 Peso de grano.....	34
3.4.8 Obtención del rendimiento.	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1 Número de plantas por metro.....	35
4.2 Altura de planta.....	36
4.3 Número de panojas.....	38
4.4 Altura de panoja.....	41
4.5 Diámetro de tallo.....	44
4.6 Tamaño de grano.....	47
4.7 Peso de 1000 granos de quinua.....	49
4.8 Rendimiento por tratamiento.....	52
4.9 Rendimiento por hectárea.....	54
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. RECOMENDACIONES.....	58
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	59
VIII. ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Análisis físico químico de suelo del campo experimental.....	24
Cuadro 2. Descripción y detalle de los tratamientos estudiados.....	27
Cuadro 3. Análisis de agua de riego.....	29
Cuadro 4. Programa de fertilización en kilos de nutrientes ha ⁻¹	31
Cuadro 5. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de planta.....	36
Cuadro 6. Prueba de Duncan (p<0.05) para la altura de planta.....	36
Cuadro 7. Análisis de variancia (ANOVA) de número de panojas.....	38
Cuadro 8. Prueba de Duncan (p<0.05) para el número de panojas.....	39
Cuadro 9. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de panoja.....	41
Cuadro 10. Prueba de Duncan (p<0.05) para la altura de panoja.....	41
Cuadro 11. Análisis de variancia (ANOVA) del diámetro de tallo.....	44
Cuadro 12. Prueba de Duncan (p<0.05) para el diámetro de tallo.....	44
Cuadro 13. Análisis de variancia (ANOVA) del tamaño de grano.....	47
Cuadro 14. Prueba de Duncan (p<0.05) para el tamaño de grano.....	47
Cuadro 15. Análisis de variancia (ANOVA) del peso de 1000 granos.....	49
Cuadro 16. Prueba de Duncan (p<0.05) para el peso de 1000 granos.....	50
Cuadro 17. Análisis de variancia del rendimiento por tratamiento.....	52
Cuadro 18. Prueba de Duncan para el rendimiento por tratamiento.....	52
Cuadro 19. Análisis de variancia (ANOVA) del rendimiento ha ⁻¹	54
Cuadro 20. Prueba de Duncan (p<0.05) para el rendimiento ha ⁻¹	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Croquis de los tratamientos y repeticiones.....	28
Figura 2. Programa de riego en m ³ ha ⁻¹ por día y por semana.....	30
Figura 3. Distribución de nutrientes ha ⁻¹ y por semana.....	31
Figura 4. Número de plantas por metro de quinua.....	35
Figura 5. Altura de planta de la quinua.....	37
Figura 6. Tendencia de la altura de planta de la quinua.....	37
Figura 7. Número de panojas de la quinua.....	39
Figura 8. Tendencia del número de panojas de la quinua.....	40
Figura 9. Altura de panojas de la quinua.....	42
Figura 10. Tendencia de la altura de panojas de la quinua.....	43
Figura 11. Diámetro de tallo de la quinua.....	45
Figura 12. Tendencia del diámetro de tallo de la quinua.....	46
Figura 13. Tamaño de grano de la quinua.....	48
Figura 14. Tendencia del tamaño de grano de la quinua.....	48
Figura 15. Peso de 1000 granos de la quinua.....	50
Figura 16. Tendencia del peso de 1000 granos de la quinua.....	51
Figura 17. Rendimiento de la quinua por tratamiento.....	53
Figura 18. Tendencia del rendimiento de la quinua por tratamiento.....	53
Figura 19. Rendimiento de la quinua kg ha ⁻¹	55
Figura 20. Tendencia del rendimiento de kg ha ⁻¹	56

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de planta.....	65
Anexo 2. Análisis de variancia (ANOVA) de número de panojas.....	65
Anexo 3. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de panoja.....	66
Anexo 4. Análisis de variancia (ANOVA) del diámetro de tallo.....	66
Anexo 5. Análisis de variancia (ANOVA) del tamaño de grano.....	67
Anexo 6. Análisis de variancia (ANOVA) del peso de 1000 granos.....	67
Anexo 7. Análisis de variancia (ANOVA) del rendimiento por tratamiento.....	68
Anexo 8. Análisis de variancia (ANOVA) del rendimiento por hectárea.....	68
Anexo 9. Variables climáticas registradas durante el desarrollo del cultivo...	69
Anexo 10. Cantidad de kg de nutrientes por ha ⁻¹ en el cultivo de quinua.....	70
Anexo 11. Distribución de nutrientes y volumen de agua en el cultivo.....	70
Anexo 12. Desinfección de la semilla con Homai a dosis de 30 g por kg.....	71
Anexo 13. Desahíje o raleo de la quinua.....	71
Anexo 14. Cosecha mecanizada de la quinua.....	72

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado: Rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) (*Amaranthaceae*), desarrollado en cuatro densidades de siembra bajo condiciones de suelo arenoso, y con el cultivar Salcedo INIA tuvo como objetivo contribuir al entendimiento sobre los efectos de la densidad poblacional, siendo de 300, 400, 500 y 600 mil plantas ha^{-1} evaluando el rendimiento de kg. ha^{-1} y otros parámetros relacionados. El diseño estadístico fue de bloques completos al azar (DBCA), la valoración estadística es en base al análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Duncan al 0.05% de significación. Basándonos en los resultados obtenidos, 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} .

ABSTRACT

The present work of investigation titled: Yield of the cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Amaranthaceae), developed in four densities of sowing under sandy soil conditions", and with the cultivar Salcedo INIA had as objective to contribute to the understanding on the effects of the population density, being of 300, 400, 500 and 600 thousand plants ha⁻¹ evaluating the yield of kg ha⁻¹ and other related parameters. The statistical design was randomized complete blocks (DBCA), the statistical evaluation is based on the analysis of variance (ANOVA) and the Duncan test at 0.05% significance. Based on the results obtained, plant height and number of panicles are negatively associated with the increase in density; the size of panicles and stem diameter show a positive correlation when decreasing density, these parameters showing significant differences; the grain size and weight of 1000 grains showed no significant differences. The possible explanation for these two parameters is that genetic characteristics predominate. Regarding the yield of kg ha⁻¹ there were significant differences, where the best results were obtained with densities between 400 and 500 thousand plants ha⁻¹. The possible explanation for these results with the cultivar Salcedo INIA and under sandy soil conditions is that, in the cultivation of quinoa there is competition for water, light and nutrients; where at higher density there is a negative yield response, and conversely at lower density there is not enough grain production to reach maximum yield of kg ha⁻¹.

I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es cultivada en los Andes de Perú y Bolivia. Según la historia han cultivado quinua desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile, del nivel del mar hasta los 4.000 m.s.n.m. Algunos investigadores mencionan al altiplano que bordea al lago Titicaca como el centro de origen y domesticación. Otros investigadores mencionan diferentes lugares de origen que se ubican en valles interandinos, además indican que la quinua fue llevada al altiplano del lago Titicaca, siendo este lugar el gran centro de diversidad (Tapia y Frías 2007). En Sudamérica, el país que reporta la mayor exportación de quinua orgánica a Estados Unidos y países de Europa es Bolivia (Mujica y Jacobsen, 2006). La mejor bondad de la quinua está dada por el alto valor nutritivo, donde la proteína puede variar de 13.81 a 21.9%, este valor varía según el cultivar. Por su alto contenido de aminoácidos esenciales de sus proteínas, también lo consideran como el alimento vegetal más completo, proveyendo todos los aminoácidos esenciales, que están cerca a los estándares óptimos de la nutrición humana que establece la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO 2011). El valor proteico de los alimentos se valora en función de dos factores: el valor total de los aminoácidos esenciales y el balance de aminoácidos. La quinua tiene la ventaja de sobresalir en estos dos factores, además contiene 16 aminoácidos de los 24 existentes; al contenido proteico se suman almidón, la grasa, minerales y vitaminas. Debido al contenido nutricional los indígenas lo han llamado como el grano madre por su comparación con la leche materna (Villacres y col. 2011). La quinua tiene una capacidad extraordinaria para adaptarse a diferentes pisos agroecológicos, considerando las zonas donde se ha desarrollado el cultivo y su diversidad genética que en la actualidad presenta (Leiva, y otros 2015). En la actualidad el cultivo es una alternativa

para ser sembrado al norte de la costa Peruana, donde predomina un suelo degradado, salino y erizado debido a la falta del recurso hídrico. La siembra de la quinua puede realizarse desde nivel del mar hasta los 4000 msnm. La mayor superficie sembrada se encuentra desde los 2500 hasta los 4000 msnm (Gómez y Aguilar, 2012). La quinua es originaria del Altiplano Andino, creciendo bajo noches frías y con baja necesidad de agua; luego el cultivo se dispersó por diversos valles incluyendo la costa. También es importante y necesario seleccionar los cultivares y densidades de mejor adaptabilidad, para sembrarse desde el nivel del mar en valles interandinos y en el altiplano.

El rendimiento del cultivo de la quinua está en función de varios factores como el clima, suelo, plagas, etc y dentro del manejo es determinante el número de plantas por ha^{-1} a sembrar. La densidad influye directamente en el rendimiento y los suelos arenosos influyen directamente en el crecimiento de la planta. Una densidad menor conlleva a tener bajos rendimientos y pérdidas económicas; y por el contrario una excesiva densidad genera competencias entre plantas por agua, luz y nutrientes (Spehar y Rocha, 2009). Calla (2012) refiere que en suelos de textura arenosa hay una mejor y rápida emergencia de plantas, sin embargo el crecimiento de la planta y la vigorosidad es débil, prosperando mejor en suelos francos y bien drenados.

La definición más adecuada de la población de plantas por hectárea es un factor de éxito en la producción comercial de la quinua. La densidad de siembra depende de varias condiciones, tales como el genotipo, hábito de crecimiento, fecha de siembra, condiciones climáticas y la fertilidad del suelo (CARBONE RISI, 1986; Santos, 1996). Para la siembra, la semilla a utilizarse varía entre 10 y 15 kilos por hectárea y la densidad poblacional óptima está entre 420,000 y 440,000 plantas ha^{-1} con un distanciamiento que varía desde 80 a 90 cm entre surco.

El rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la costa peruana, depende de la adaptación del cultivar y a las condiciones de clima y suelo. Los genotipos seleccionados deben tener un manejo técnico apropiado para alcanzar los máximos rendimientos y la mejor calidad que el comercio exige. En diferentes partes del mundo se hacen experimentaciones que conducen a determinar la densidad poblacional que resulte la más eficiente en la utilización del agua, luz y nutrientes. El presente trabajo será realizado con la finalidad de comparar la productividad de la quinua con relación a las diferentes densidades de siembra en suelos de textura arenosa.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1 Clasificación científica

La quinua forma parte del género *Chenopodium*, familia *Amaranthaceae*, sub familia *Chenopodioideae*.

Reino: *Plantae*
División: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Orden: *Caryophyllales*
Familia: *Amaranthaceae*
Subfamilia: *Chenopodioideae*
Tribu: *Chenopodieae*
Género: *Chenopodium*
Especie: *Chenopodium quinoa*

2.2 El cultivo de la quinua y el efecto de la cantidad de plantas por hectárea

En el 2014 en el centro de Brasil se realizó un experimento sobre: Efecto de diferentes densidades de siembra y efecto de nitrógeno sobre el rendimiento de amaranto. El objetivo de ese estudio fue determinar el efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de nitrógeno con cuatro repeticiones. El experimento se llevó a cabo en el Diseño experimental de Bloques Completos al Azar y esquema factorial 4x4 (cuatro densidades de siembra: 25, 12, 8 y 6 plantas por metro y cuatro dosis de N: 0, 50, 100 y 150 kg ha⁻¹), con cuatro repeticiones. Se determinó el peso de la materia seca, panoja y el grano, altura de planta, diámetro de tallo, longitud y anchura de la

panícula. Todos los parámetros, con excepción de la anchura de la panícula mostraron interacción entre la densidad de siembra y las tasas de N de manera significativa. Niveles crecientes de N, a la dosis de 150 kg. ha⁻¹ en general en todas las densidades, producen una respuesta lineal en el rendimiento de grano de amaranto; el crecimiento de panícula se relaciona a las plantas con mayor espaciamiento entre sí, donde tienden a tener menor competencia por agua, luz y nutrientes; y por consecuencia presentan panículas con mayor desarrollo. El tamaño de la panícula refleja el ambiente donde se desarrolla la planta: población, fertilidad del suelo, estrés hídrico y época de siembra (Ferreira y otros, 2014). La altura de la planta es un parámetro muy importante para la cosecha mecanizada, además de la estabilidad de la planta para la producción de granos bajo diferentes condiciones ambientales (Erasmus y otros, 2004).

En el 2007 en Brasil se realizó un ensayo de densidades de quinua con el genotipo 4.5, con el ciclo biológico de 120 días. El límite inferior fue 100.000 plantas ha⁻¹, mientras que el límite superior a 600.000 plantas ha⁻¹. Los resultados muestran que el cultivo de la quinua tiene la capacidad de crecimiento donde en los límites de 100.000 a 600.000 plantas ha⁻¹, iguala la biomasa y el rendimiento de grano, índice de cosecha y peso del grano. La reducción de altura de la planta se muestra al aumentar la densidad, y a menor densidad hay una tendencia a aumentar la ramificación de la planta y a retrasarse la maduración. Los análisis de peso de la semilla, la biomasa y el rendimiento de grano y el índice de cosecha no mostraron efectos de la densidad, resultando valores no significativos. Por otra parte las plantas con alta densidad maduran ligeramente antes que en baja densidad. También se determinó que para cada incremento de 100.000 plantas ha⁻¹, hubo una reducción de 4,0 cm de altura de la planta. Por lo tanto, en el rango de 100.000 a 600.000 plantas ha⁻¹ la quinua genotipo 4.5 responde igualmente en las

condiciones de cobertura. Estas densidades incluyen los valores recomendados para otros genotipos (Santos, 1996). El rendimiento promedio de grano de genotipo 4.5, a través de densidades, fue de 2,5 t ha⁻¹ (Spehar y Rocha, 2009).

Spehar (2006) relata que poblaciones de 400 mil y de 800 mil plantas ha⁻¹ no mostraron diferencias en el rendimiento. Esto se explica por la ramificación de las plantas en menores poblaciones. Mayores poblaciones, por la proximidad, no ramifican, no se acaman y cierran más rápidamente entre líneas, a pesar de que presentan una producción individual menor. También afirma, que la mejor distribución espacial es con menor distancia entre líneas y mayor entre plantas, donde además se logra una rápida cobertura de terreno y un mayor rendimiento.

Spehar y Santos, (2005) mencionan sobre la correlación positiva entre el diámetro del tallo y rendimiento, así como las observaciones de campo, indican que a baja densidad de población, en siembras comerciales, sobreviene un aumento del diámetro del tallo, ramas y rendimiento por planta.

En un experimento se indica que la densidad de 40 a 50 semillas viables por metro por fila, ha demostrado ser suficiente para la cobertura del suelo, a estas densidades la población inicial puede ser mayor que 1x10⁶ plantas ha⁻¹ (Spehar y Santos, 2007).

Rocha, (2008) menciona que las variaciones en la densidad no afectaron el peso de 1000 semillas, la semilla tiene un fuerte componente genético, aunque puede verse afectado por las condiciones climáticas y del suelo.

2.3 El Cultivo de quinua

El cultivo de la quinua tiene su origen en los andes, fue cultivado desde muchos años por las antiguas culturas de América Latina. Según las evidencias la quinua fue el alimento básico para los pobladores Prehispánicos hasta la época de la conquista. El cultivo de la quinua se desarrolla en Sud América desde el nivel del mar hasta los 4000 m.s.n.m., en regiones donde la precipitación pluvial es de 0 a 1000 mm, se desarrolla en suelos de diferente textura, el pH del suelo fluctúa entre 4 y 9. La temperatura varía en un rango debajo de cero y a más de 30°C. Bajo esta variabilidad de clima, el daño más común ocasionado por el estrés es a causa de la sequía, son las heladas, la salinidad del suelo, las plagas y otros factores. A consecuencia de los factores edafoclimaticos y la tecnología utilizada en la producción el rendimiento varía de 1 a 7 t/ha⁻¹ (Gómez y Aguilar, 2016).

Tapia (1982), citado por Estrada y otros (2014), determinó la clasificación de la quinua en 5 tipos de acuerdo a la adaptación a diferentes condiciones agroecológicas: I) las quinuas de zonas mesotérmicas, como los valles interandinos; II) las quinuas del Altiplano norte del lago Titicaca, que comparten el Perú y Bolivia con un corto período de crecimiento; III) las quinuas de los salares, en el Altiplano sur de Bolivia, de caracteres halófilos adaptadas a suelos salinos y con un mayor tamaño de grano; IV) las quinuas que se cultivan a nivel del mar en el centro y sur de Chile; y V) las quinuas de los yungas o zona subtropical en la vertiente oriental de los Andes, en Bolivia.

La quinua es una planta herbácea de la familia Amaranthaceae, crece desde los 0.5 a 3.0 m de altura, dependiendo del cultivar y de las condiciones edafoclimaticas, también la planta muestra el tallo recto o ramificado de colores variables. Los granos o semillas poseen el mayor valor alimenticio, su diámetro puede variar de 1.8 a 2.2 mm, el color varía de blanco, café, amarillo,

rosado, gris, rojo y negro. Por el alto contenido nutricional, la flexibilidad en la adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas (plasticidad genética), permisibilidad al suelo salino, tolerancia a altas temperaturas y a la poca disponibilidad de agua; el cultivo de la quinua es de gran importancia para luchar contra el hambre. El valor proteico de los granos de quinua están entre 12% y 20% dependiendo de los cultivares, además posee una composición balanceada de aminoácidos que es similar a la caseína (proteína de la leche animal), vitaminas y minerales esenciales (calcio, magnesio, zinc y hierro), así como polifenoles y fibra dietética (IICA, 2015).

La adaptabilidad de la quinua refleja la diversidad de ambientes en los que se produce en la región de origen. Se caracteriza por la tolerancia al estrés como sequía, acidez del suelo y baja temperatura, logrando altos rendimientos de grano y biomasa. En las variedades disponibles la planta presenta un crecimiento inicial lento, después de 30 días el crecimiento se acelera y la planta alcanza hasta dos metros. La rapidez de crecimiento es deseable para hacer la planta más competitiva con las malezas (Santos y otros, 2003).

En el Perú el informe anual del Ministerio de Agricultura y Riego, del Ministerio de la Producción, y del Ministerio de Comercio Exterior, indican que en los últimos 15 años la producción de quinua tiene un incrementado en más de 500%. Desde el año 2014 al 2015, la quinua aumentó la producción en 135%. Puno es la región con la más alta producción, incrementándose en 277% en enero, febrero y marzo del año 2015 según las cifras anunciadas por el Ministerio de Agricultura (Vargas-Huanca y otros, 2016).

2.4 Las Saponinas en la quinua

La mayor concentración de saponinas se encuentra en el exterior de las capas de los granos. La estimación del contenido de saponinas en los granos en diferentes cultivares de quinua van desde 0 a 12,0 mg/g (0 a 1,2%) (Wahli,

1990; Koziol, 1991). Sin embargo Szakiel y otros, 2011 consideran que el contenido de saponinas oscila entre el 0,1 y el 5%. Las saponinas son glucósidos de alto peso molecular que consisten de una azúcar ligada a un núcleo policíclico. La formación de la espuma de las saponinas está determinada por la combinación de la saponina hidrófoba y un azúcar hidrófilo (Gianna 2013).

Las saponinas se pueden utilizar como insecticidas naturales, ya que ejercen una fuerte actividad insecticida contra una amplia gama de tipos de insectos.

En concentraciones sub letales, las saponinas disminuyen la ingesta de alimentos de los insectos, lo que reduce los daños causados a los cultivos. Otra ventaja es su impacto inmediato en los insectos. Esto es importante no solo para la protección de las plantas contra los insectos plaga, aún es más importante para prevenir la transmisión de enfermedades (De Geyter, 2007).

2.5 Cultivares de la quinua.

Según Mujica (1992) el cultivo de quinua tiene una gran diversidad genética, mostrando variabilidad en el color de la planta, inflorescencias, semillas, tipos de panícula o inflorescencia, contenido de proteína y saponina. Los principales cultivares están en las regiones Andinas. En Bolivia se obtuvieron 22 cultivares a través de mejoramientos genéticos mediante la hibridación o selección. También hay cultivares amargos como: "Quinua Real", que incluye a varias razas locales: Real Blanca, Mañiqueña, Huallata, Toledo, Moko Rosado, entre otras (Aroni y otros, 2003).

En el Perú se logró obtener algunos cultivares como: Amarilla Maranganí, Kancolla, Blanca de Juli, Cheweca, Witulla, Salcedo-INIA, Iplla-INIA, Quillahuaman-INIA, Camacani I, Camacani II, Yocará, Wilacayuni, Pacus, Rosada de Junín, Blanca de Junín, Acostambo, Blanca Ayacuchana,

Huariponcho, Chullpi, Roja de Coporaque, Ayacuchana-INIA, Huancayo, Hualhuas, Mantaro, Huacataz, Huacariz, Rosada de Yanamango, Namora, Tahuaco (Mujica y otros, 2004; Mujica, 1992) (FAO 2011).

La planta de la quinua tiene arquitectura variable dependiendo del cultivar y de la densidad poblacional; lo que dificulta obtener la adaptación o diseño de modelos que permitan mecanizar la recolección o cosecha, y otras actividades que tienen alta demanda de mano de obra. (Rojas y Pinto, 2013).

2.6 Morfología de la planta de quinua.

2.6.1 La raíz.

Es del tipo pivotante, además tiene una raíz principal de la cual salen un gran número de raíces laterales muy ramificadas. El tamaño de las raíces varían de 0.8 a 1.5 m. El desarrollo y crecimiento radicular está determinado por el cultivar, tipo de suelo, nutrición y humedad; entre otros factores (Gómez y Aguilar, 2016).

2.6.2 El tallo

Es de forma cilíndrica en el cuello de la planta y anguloso donde se inicia las ramificaciones, el color del tallo es variable desde un color verde hasta un rojo; también pueden presentar estrías y axilas pigmentadas de color verde, rojo o púrpura (Apaza, 2013).

2.6.3 Hojas

La quinua presenta hojas alternas, formadas por peciolo y lámina. Los peciolos pueden ser largos, finos y acanalados en la parte superior, la longitud puede variar dentro de la misma planta. La lámina en la misma planta puede presentar diferentes formas siendo romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosas y tiernas. Las hojas están cubiertas por cristales de oxalato de calcio, de color rojo, púrpura o cristalino, el oxalato

puede encontrarse tanto en el haz como en el envés de la hoja. El color de las hojas varían dependiendo del cultivar; el color va del verde al rojo con diferentes tonalidades (Apaza, 2013).

2.6.4 Inflorescencia

La panoja está formada por un eje central del cual nacen ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que forman y sostienen a los glomérulos. El eje principal es el más desarrollado diferenciándose de las ramificaciones secundarias, algunas panojas puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (Glomerulada), también existe formas intermedias entre ambas panojas. El tamaño de las panojas varían de 30 a 80 cm de largo y un diámetro de 5 a 30 cm, la variación está determinada por los genotipos, zonas donde se desarrolla el cultivo, y fertilidad del suelo; también la cantidad de glomérulos por panoja varía de 80 a 120. Por cada panoja se puede encontrar de 100 a 3000 semillas, las panojas más grandes tienen un rendimiento hasta 500 gramos por inflorescencia (Apaza, 2013).

2.6.5 Flores

Las flores son pequeñas, llegando a medir hasta 3 mm, son incompletas, sésiles y no poseen pétalos; algunas flores pueden ser hermafroditas, con pistilo (femeninas) y algunas no producen anteras, pueden tener hasta un 10% de polinización cruzada (Apaza, 2013).

2.6.6 Fruto

Es un aquenio, es un fruto indehiscente de forma cilíndrica lenticular, presenta un ensanche leve al centro del grano. Los frutos contienen una sola semilla y están formados por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, la coloración del fruto varía dependiendo del cultivar. El fruto cuando está maduro se desprende con facilidad (Apaza, 2013).

2.6.7 Semilla

Está constituido por el fruto maduro libre del perigonio, su forma es elipsoidal, cónica o esferoidal; la semilla tiene tres partes bien diferenciadas: epispermo, embrión y polispermo. La capa que cubre la semilla es el epispermo que está adherido al pericarpio. Los dos cotiledones conforman el embrión, y del total del volumen de una semilla el 30% lo constituye la radícula que envuelve al polispermo como un anillo de 320 grados. La semilla está constituida aproximadamente por un 60% de granos de almidón de color blanquecino, que forman al epispermo que es el principal tejido de almacenamiento que reemplaza al endospermo (Gómez y Aguilar, 2016).

2.7 Fases de desarrollo de la quinua

Una fase fenológica es el período durante el cual aparece, se transforma o desaparece algún órgano de una planta. También puede definirse como el tiempo de una manifestación biológica.

En la mayoría de las plantas las fases fenológicas son visibles, pero también es posible que en algunas especies ciertas fases fenológicas sean invisibles, por ejemplo en la higuera la fase de floración es invisible; en la sandía la fase de maduración no es notorio (SENAMHI, 2011).

Calla, (2012) indica que el cultivo de la quinua también presenta varias fases fenológicas, siendo de mucha importancia la determinación y conocimiento de fases para realizar las labores culturales. Es una herramienta muy útil e indispensable para el manejo integrado de plagas (MIP) por que permite realizar la evaluación y el control de plagas y enfermedades.

La fenología es el proceso de desarrollo externo visible de las plantas; donde interactúa el medio ambiente con los procesos fisiológicos internos de

las plantas. Lescano (1994) consideró que el cultivo de la quinua desarrolla 12 fases fenológicas durante su periodo vegetativo.

La fenología nos permite identificar una etapa crítica del cultivo durante su desarrollo; además se puede hacer un análisis del estado del cultivo, permitiendo realizar proyecciones de rendimiento y calidad de la cosecha. Las fases fenológicas son indicadores del rendimiento del cultivo (Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional, 2013) (SESAN, 2013).

2.7.1 Emergencia

Se observa la emergencia de plántulas en los surcos formando hileras, ocurre cuando las hojas del cotiledón se extienden sobre el suelo. La humedad del suelo es el factor determinante para que la semilla pueda emerger uniformemente al cuarto o sexto día después de la siembra. El tipo de suelo determinará la resistencia a la falta de agua, siendo la planta muy sensible en suelos de textura franco arenoso. (SESAN, 2013).

2.7.2 Dos hojas verdaderas

Esta fase se diferencia cuando hay un par de hojas bien definidas extendidas de forma lanceolada, además en la yema apical se observa las dos siguientes hojas. Esta fase se desarrolla después de 10 a 15 de la siembra, así mismo se puede observar que las raíces crecen rápidamente. Durante esta etapa la planta puede resistir al estrés hídrico, soportando entre 10 y 14 días sin agua, dependiendo de la textura del suelo (SESAN, 2013).

2.7.3 Cuatro hojas verdaderas

Ocurre cuando en la planta se observa cuatro hojas extendidas y también las hojas cotiledonales permanecen con un color verde, así mismo en

la yema apical se puede observar el crecimiento de las nuevas hojas; esta fase ocurre entre la tercera y cuarta semana luego de la siembra (SESAN, 2013).

2.7.4 Seis hojas verdaderas

En esta fase se perciben seis hojas verdaderas que están desplegadas, y las hojas cotiledonales toman un color amarillo. Estos cambios fisiológicos ocurren cuando la planta tiene un aproximado de 35 a 45 días después de la siembra, además se puede observar con claridad al ápice vegetativo que está protegido por las hojas más adultas. (SESAN, 2013).

2.7.5 Ramificación

En esta fase se aprecian cuatro pares de hojas bien definidas y desplegadas, también se observan hojas en la axila del tallo hasta el tercer nudo, en esta fase ocurre la caída de las hojas cotiledonales dejando una cicatriz en la inserción del tallo. Se observan hojas que protegen a la inflorescencia por lo tanto la panoja no queda descubierta. Esta fase puede ocurrir entre los 45 y 50 días de la siembra, además es oportuno en esta etapa realizar la fertilización y aporque. (SESAN, 2013).

2.7.6 Inicio de panojamiento

En el ápice de la planta aparece la inflorescencia rodeada por la aglomeración de hojas en pleno crecimiento, y que a su vez cubren a la panoja en más de la mitad, también se observa que las primeras hojas verdaderas se tornan de un color amarillo. En esta fase ocurre un crecimiento elongado del tallo y también el aumento de su diámetro. Esta fase suele ocurrir entre la octava y novena semana de edad del cultivo (SESAN, 2013).

2.7.7 Panojamiento

Se observa sobresalir con claridad a la inflorescencia sobre las hojas que lo rodean, observándose los glomérulos que forman la panoja; asimismo

en los glomérulos basales se observan botones florales individuales. Este proceso fisiológico ocurre entre la novena y décima semana de edad del cultivo. Desde esta fase hasta el inicio del grano lechoso, la inflorescencia se puede utilizar para el consumo reemplazando a algunas hortalizas (SESAN, 2013).

2.7.8 Inicio de floración

En esta fase se observa a las flores hermafroditas abrirse y también se puede apreciar los estambres separados. Es común observar en esta etapa del cultivo a los glomérulos, mostrando a las anteras que están protegidas por el perigonio que muestra un color verde limón. Aproximadamente esta fase puede ocurrir dentro de la semana 11 y 12 de edad del cultivo. En este periodo vegetativo las plantas son muy sensibles a las sequías y heladas (SESAN, 2013).

2.7.9 Floración

Ocurre cuando las inflorescencias de las panojas muestran el 50% de flores abiertas, siendo estas altamente sensibles a la presencia de heladas y granizadas. La floración es visible al medio día cuando haya alta luminosidad solar; durante la mañana o al atardecer no son visibles por permanecer cerradas. Asimismo en esta etapa la planta empieza a eliminar las hojas inferiores que no tienen actividad fotosintética. Durante esta fase, puede ocurrir un aborto de flores si la temperatura está por encima de los 38°C, especialmente si el cultivo esta en invernadero o regiones desérticas calurosas. Los veranos cortos o sequias que duren de 10 a 15 días son beneficiosos para lograr una mejor polinización cruzada o autopolinización, y la condición es que no haya incidencia de heladas. Esta fase ocurre cuando el cultivo está entre los 80 y 90 días de edad (SESAN, 2013).

2.7.10 Grano lechoso

Es cuando los frutos alojados en los glomérulos de las panojas al ser presionados van a explotar dejando surgir un líquido lechoso. Durante este periodo la falta de agua en el cultivo afecta altamente el rendimiento, porque no permite obtener un buen llenado de granos; los cultivos más afectados son los que están instalados en suelos de textura franco arenoso. Esta fase se desarrolla cuando el cultivo tiene una edad de 100 a 130 días (SESAN, 2013).

2.7.11 Grano pastoso

Durante esta etapa los granos al ser apretados muestran una consistencia pastosa de color blanco. Durante este periodo los daños ocasionados por aves (gorriones y palomas) son considerables, además pueden formar nidos dentro del cultivo y consumir los granos. Esta etapa fisiológica se desarrolla entre los 110 y 160 días de edad del cultivo (SESAN, 2013).

2.7.12 Madurez fisiológica

En esta fase los granos ya están formados, y al momento de presionarlos con las uñas se muestran resistentes. La humedad de los granos puede variar de 14 a 16%. La fase del llenado del grano comprende desde la floración hasta el inicio de la madurez fisiológica. En esta fase se observan plantas amarillentas y defoliadas, además la incidencia de lluvias en esta etapa disminuyen la calidad y sabor de los granos. Esta etapa fisiológica se desarrolla entre los 160 y 180 días de edad del cultivo (SESAN, 2013).

2.8 Densidad poblacional en la siembra de la quinua.

La densidad poblacional en la siembra depende de varios factores, como el tamaño de las semillas y sistemas de siembra. La precocidad del cultivar también es determinante. Si la siembra es al voleo la densidad será

mayor, y menor en los cultivares de gran altura. Las densidades son bajas si la semilla es pequeña y sembrado en surcos (Calla, 2012).

Los cultivares difieren en la capacidad de competir en altas densidades, por lo general la más tardía y vigorosa presenta una caída de rendimiento en poblaciones muy elevadas. En las plantas que compiten entre sí, la altura, el tamaño de la panoja y la cantidad de semillas o frutos por espiga son menores de lo normal. La ventaja de la alta densidad es que cierran rápidamente las entrelíneas y, por tener un menor peso individual por planta, no acaman, además de ramificar menos. En estas condiciones pueden alcanzar altos rendimientos (Risi Carbone, 1986) citado por (Spehar, 2006).

2.8.1 Influencia de la densidad en el cultivo de la quinua.

La alta densidad poblacional es deseada en el inicio del cultivo, pues permite una amplia ocupación del suelo y atenúa la competición con plantas espontáneas, entre tanto, algunos cultivares más tardíos y vigorosos presentan caída en el rendimiento en poblaciones muy elevadas. Spehar y Rocha (2009) evaluaron que no hay diferencia en el rendimiento entre poblaciones que varían de 100 a 600 mil plantas por ha⁻¹.

2.9 Requerimientos para la siembra de la quinua

2.9.1 Suelo

La planta de quinua tiene la capacidad de desarrollarse en diferentes tipos de suelo, prefiriendo aquellos suelos francos que contengan alta materia orgánica, poco profundos y con buen drenaje. La quinua no prospera en un suelo con problemas de encharcamiento o inundación; ya que dificulta la germinación y establecimiento inicial de la planta, además durante el desarrollo del cultivo puede haber pudriciones radiculares de las plantas.

También se han encontrado cultivares que han sido sembrados en suelos con pH que oscila de 4.5 hasta 9.0 (Gómez y Aguilar, 2016).

2.9.2 Fertilización

En la práctica, los cultivos de la sierra no reciben fertilización, las plantas aprovechan los nutrientes que fueron aplicados al cultivo anterior que por lo común es el cultivo de la papa. Por lo general se recomienda incorporar como mínimo 5 toneladas por ha⁻¹ de estiércol, siendo más necesario cuando se siembra quinua después de un cereal o se repite quinua. El cultivo de la quinua responde significativamente a la fertilización nitrogenada con niveles de 80 a 120 kg N y 60 a 80 kg de fósforo por ha⁻¹. La necesidad de potasio en un suelo deficiente puede ser hasta 80 kg por ha⁻¹. También se ha calculado que por cada kilogramo de nitrógeno por hectárea (hasta un nivel de 120 kg. ha⁻¹), el rendimiento de la quinua se incrementa hasta 16 kg. ha⁻¹. Así mismo se ha determinado que hay una respuesta positiva a la fertilización fraccionada del nitrógeno, el 50% a la siembra y el otro 50% al momento de aporcarse (a los 50 días de emergencia) para los cultivos sembrados en la región andina (Tapia y Frías, 2007).

2.9.3 Agua

La quinua tiene una alta capacidad congénita para enfrentar la falta de agua, además posee la capacidad de reanudar de forma rápida la actividad fotosintética, llegando a su nivel óptimo después de una sequía. Esta condición genética de la quinua permite ser cultivada en diferentes regiones, entre ellas las áridas y semiáridas, que son zonas donde el cultivo depende de las precipitaciones estacionales (Bhargava y otros 2006 citado por Bazile, 2014). La tolerancia a la sequía del cultivo de la quinua es atribuida a su buen desarrollo radicular, siendo ramificado y profundo y puede llegar a una longitud de 1,5 m en suelos de textura arenosa (Álvarez-Flores, 2012). En algunos

estudios usando rizotrones y bajo condiciones controladas, permitieron evaluar el crecimiento de raíces de plantas cultivadas en un suelo arenoso, con una disponibilidad de agua no-limitante (12% de humedad volumétrica) o restringido (7% de humedad volumétrica) por un periodo de 60 días, iniciando después la germinación de las semillas (Álvarez-Flores, 2012). En condiciones de agua no limitantes dos eco tipos de quinua mostraron un patrón de estructura radicular del tipo “espina de pescado”. Por lo general, esta estructura radicular reduce la competencia entre raíces de la misma planta, y también con las raíces de las plantas vecinas, optimizando el aprovechamiento de los nutrientes y agua presentes en el suelo (Fitter 1991; León y otros, 2011, citados por Bazile, 2014).

2.9.4 Clima

Por ser una planta flexible y por tener una amplia variabilidad genética, puede adaptarse en regiones que tienen diferente clima desde zonas desérticas y calurosas en la costa, hasta el frío y seco de las regiones altiplánicas, además se adapta en valles interandinos templados y lluviosos, consiguiendo adaptarse en las zonas de ceja de selva con una alta humedad relativa y también en zonas de la cordillera andina de grandes altitudes; bajo estas condiciones es importante conocer los cultivares de mayor adaptación para cada condición climática.

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de la quinua oscilan entre 15 y 20° °C, pero también puede desarrollarse perfectamente con temperaturas medias de 10° °C. La planta tiene la capacidad para tolerar las bajas temperaturas, puede tolerar hasta menos 8° °C en algunas fases de desarrollo del cultivo; la fase de la ramificación posee la mayor tolerancia y las fases de floración y llenado de granos son las de mayor susceptibilidad. Si la temperatura es extrema y sobrepasa los 38° °C puede ocasionar la caída de

flores y también la muerte de estigmas y estambres; dificultando la formación del polen e interrumpiendo la formación de granos, este caso fue evaluado en las zonas de Canchones en Iquique, Chile. Así mismo este desorden fisiológico es frecuente observar en invernaderos de la sierra que carecen de sistemas de aireación (SESAN, 2013).

2.9.5 Preparación del suelo

De preferencia el suelo debe ser de buena fertilidad, de textura franco arenoso. Se debe realizar una buena preparación dejando el suelo libre de terrones, bien mullido y nivelado hasta quedar en condiciones favorables para recibir a la semilla; siendo necesario realizar varias pasadas de rastra cruzada, luego pasar un rodillo para desmenuzar los terrones. También pasar la niveladora para que el suelo quede bien nivelado. El surcado del terreno debe realizarse el mismo día que se va a efectuar la siembra, con el distanciamiento adecuado al cultivar a utilizar (SESAN, 2013).

2.9.6 Siembra de la quinua

Es común ver siembras al voleo por que la quinua tiene esa capacidad para adaptarse, no obstante en las zonas de los salares en Bolivia la siembra se realiza en golpes, con distanciamiento de 0.50 m y en hoyos, permitiendo que el material genético entre en contacto con la humedad del suelo. Ensayos realizados han demostrado que la quinua también se adapta a las siembras en surcos, con distanciamientos de 0.6 m y 0.8 m de acuerdo la zona o región y el cultivar seleccionado (Tapia y Frías, 2007).

2.9.7 Riegos

Los cultivos de quinua, sembrados en la región del altiplano, aprovechan las lluvias para la producción, y en algunos casos excepcionales se usa el riego. Las investigaciones realizadas para determinar los valores del

consumo de agua usando el método Blaney-Criddle en el altiplano de Perú indican, que el cultivo de la quinua demanda de 2850 metros cúbicos, para un período vegetativo de 150 días, debiendo proveer un volumen de riego de 5690 metros cúbicos, tomando en cuenta una eficiencia de aplicación del 50%, así mismo, usando el método del lisímetro se determinó una demanda de 3040 metros cúbicos para una etapa vegetativa de 150 días, siendo el coeficiente "K" en promedio 0.5. En la costa se utiliza el riego por aspersión y por goteo; cuando se utiliza el riego por aspersión es recomendable tener una frecuencia de 2 horas cada seis días, también se recomienda realizar los riegos durante la mañana o por la tarde, para evitar la pérdida por evapotranspiración. En el caso de realizar riegos por goteo, las siembras a realizarse deben ser a doble hilera, para tener mayor aprovechamiento de las mangueras de riego y del número de emisores a utilizarse, así mismo aprovechar la eficiencia en la absorción del agua y los nutrientes (SESAN, 2013).

2.9.8 Labores Culturales

Las siembras realizadas al voleo no admite realizar una buena cultivada después de la siembra, se limita en la realización de algunas actividades como el raleo, aporque y control de malezas. En la siembra por surcos de 0.4 a 0.60 m permite realizar aporques ligeros, también permite realizar un mejor raleo en el número de plantas por metro si es que existiera un exceso en la densidad poblacional (Tapia y Frías, 2007).

2.9.9 Sanidad

Enfermedades: En el Perú, García Rada (1947) fue el primer investigador en describir una enfermedad encontrada en el cultivo de la quinua. Descubrió la incidencia del hongo *Peronospora farinosa*, conocido como mildiu. El manejo y control de este patógeno empieza desde la semilla, siendo indispensable utilizar semillas certificadas, especialmente cuando las

semillas son trasladadas de una región a otra. Antes de la siembra la semilla deberá desinfectarse obligatoriamente. También debe indicarse la procedencia de la semilla y las enfermedades que se presentaron en la planta (Tapia y Frías, 2007).

En el cultivo de la quinua la enfermedad de mayor importancia es el mildiu, causado por el hongo *Perenospora variabilis* (*Perenospora farinosa*). Cuando las plantas están severamente infectadas se defolian y los rendimientos se reducen considerablemente, además cuando la incidencia es a temprana edad, mayor es el grado de defoliación y reducción del rendimiento. Las pérdidas económicas cada vez son mayores, debido al incremento de la superficie sembrada en zonas donde las condiciones de clima son favorables, y la falta de buenas prácticas agronómicas favorecen el desarrollo de la enfermedad (Danielsen y Ames, 2000).

Plagas: Están muy relacionadas con las condiciones climáticas y regiones de producción. Las plagas en el cultivo de la quinua varían de acuerdo al estado de desarrollo de la planta, estas plagas se pueden agrupar según los daños y los insectos causantes. Así mismo algunas plagas se presentan con mayor frecuencia, especialmente cuando las condiciones de clima y manejo del cultivo son favorables, en cambio otras tienen una incidencia ocasional. En algunos lugares los ratones, las liebres y los pájaros pueden causar daños hasta un 70 %.

La “kcona” (*Eurysacca quinoae povolny*) es la plaga de mayor importancia; un ataque severo podría ocasionar la pérdida total de la producción. Los daños son ocasionados por las larvas que empiezan alimentándose de las hojas, también destruyen el ovario de las flores o los

granos lechosos. El ciclo biológico de esta plaga puede durar hasta 75 días, ocurriendo en un año dos generaciones. (Tapia y Frías, 2007).

2.9.10 Cosecha, trillado, selección, ensacado y almacenamiento

La recolección es una actividad fundamental dentro del proceso productivo, por lo tanto debe realizarse con mucho cuidado, porque de esta depende el éxito para obtener la mejor calidad comercial del grano. Esta actividad tiene 5 etapas si la cosecha se realiza de forma manual o utilizando trilladoras fijas o estacionarias: siega o corte, emparvado y trilla, aventado y limpieza del grano, secado y selección, envasado y almacenamiento. Si la cosecha es mecanizada empleando cosechadoras autopropulsadas las etapas de cosecha se reduce a: trilla y secado, selección y envasado y almacenamiento (SESAN, 2013).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Lugar donde se instaló el campo experimental

El trabajo de investigación se desarrolló entre los meses de abril y agosto del 2016 en una parcela ubicada en el sector Duro Alto, San Pedro de Lloc, Departamento y Región La Libertad (Valle de Jequetepeque) cuyas coordenadas geográficas UTM son: X: 279054.1113821814, Y: 774218.9663153291 zona: 44 hemisferio norte. (7°26'54"S 79°28'17"O) y una altitud de 67msnm; con una temperatura media de 25 °C

3.1.2 Propiedades químicas del suelo

Para obtener los resultados de las características físicas y químicas del suelo se envió a un laboratorio de análisis de suelos, una muestra compuesta de 1 kg de suelo, con el objetivo de obtener la información necesaria para determinar la fertilización del cultivo.

Cuadro 1. Análisis físico químico de suelo del campo experimental.

pH	C.E (ds/m) (*)	P Disponibile mg/kg	K Disponibile mg/kg	ANÁLISIS TEXTURAL				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO meq/100g					SUMA DE CATIONES	C.I.C.
				% ARENA	% LIMO	% ARCILLA	CLASE TEXTURAL	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³		
8.69	1.22	20.01	122.2	100	0	0	Arena	2.26	0.32	0.24	0.34	<0.01	3.16	3.16

M.O. %	CO ₃ Ca %	ELEMENTOS DISPONIBLES mg/kg							
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ =	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0.06	2.24	993.0	77.52	133.7	0.51	0.32	4.28	1.94	0.48

(*) Extracto saturado.

Fuente: Certificaciones del Perú S.A (CERPER).

3.1.3 Material Biológico

Como material genético se utilizó semilla del cultivar Salcedo INIA, con las siguientes características agronómicas:

- Potencial de rendimiento de 3.5 a 6.0 t/ha⁻¹.
- Periodo vegetativo de 120 a 180 días.
- Floración ocurre entre los 40 a 65 días a partir de la siembra.
- El grano es de color blanco, dulce, de bajo contenido de saponina.

3.1.4 Material no Biológico

3.1.4.1 Fertilizantes:

Se utilizaron los siguientes fertilizantes: Nitrato de amonio, urea, nitrato de Calcio, ácido Fosfórico, cloruro de potasio y nitrato de magnesio.

3.1.4.2 Fungicidas

Como insumos se usó el fungicida: Homai (Tiofanate Metil tiran) para la desinfección de semillas, de esta forma se previene la infección con hongos del suelo, y también se asegura el mayor porcentaje de germinación; evitando la mortalidad temprana y despoblación de plantas.

3.1.4.3 Sistema de riego

El sistema de riego del campo experimental fue por goteo, con un distanciamiento de 1 m entre surcos, 0.30 m entre emisores y un caudal de 1.0 litro / hora. También se utilizó plástico de color amarillo para marcar el campo, y una manta de polietileno para mezclar y realizar la impregnación de la semilla con el fungicida.

3.1.4.4 Herramientas y Equipos

Los instrumentos utilizados: cinta métrica para medir la longitud de los surcos y el crecimiento de las plantas; un pie de rey o vernier para la medición del diámetro de los tallos de las plantas y una balanza digital para pesar los granos.

3.1.4.5 Materiales de oficina

Se utilizó una libreta de campo para la toma de datos, lapiceros, plumones, tijera, papel bond, calculadora, cámara fotográfica y laptop para digitar y analizar los resultados y elaborar los informes.

El servicio de pesado de la materia prima para conseguir el rendimiento final, se realizó en la balanza del propietario del predio, obteniendo los resultados de rendimiento de cada uno de los tratamientos.

3.2 Métodos

El trabajo de investigación se realizó en campo comercial con parcelas demostrativas, el manejo técnico fue igual al manejo realizado en los campos comerciales del productor. Los costos fueron cubiertos por el productor.

3.2.1 Diseño estadístico y análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres tratamientos, un testigo y cuatro repeticiones. Todas las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de variancia, y para obtener las diferencias estadísticas entre los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan al 0.05 % de probabilidad.

3.2.2 Análisis de variancia DBCA

BCR	
FV	GI
Total	15
Tratamientos	3
Bloques	3
Error	9

3.2.3 Tratamientos en estudio

Fueron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones por cada tratamiento, y se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción y detalle de los tratamientos estudiados.

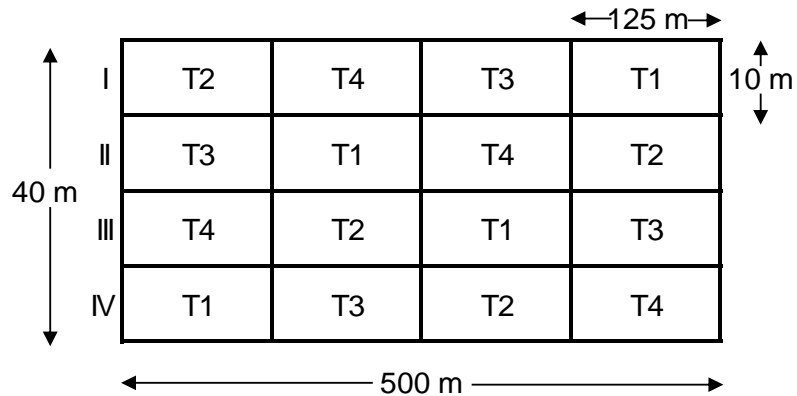
TRATAMIENTO	CLAVE	DESCRIPCIÓN
Tratamiento 1	T1 (t)	300 Mil plantas por hectárea
Tratamiento 2	T2	400 Mil plantas por hectárea
Tratamiento 3	T3	500 Mil plantas por hectárea
Tratamiento 4	T4	600 Mil plantas por hectárea

3.2.4 Detalle del campo experimental

- Número de surcos / parcela : 10.0
- Largo de surco / parcela : 125 m
- Ancho de surco : 1.0 m
- Ancho de parcela : 10.0 m
- Hileras por surco : 2.0
- Surcos con valor estadístico : 4.0 centrales
- Superficie de la parcela : 1,250 m²
- Superficie por bloque : 5,000 m²
- Superficie por tratamiento : 5,000 m²
- Superficie total del experimento : 20,000 m²

3.2.5 Croquis de los tratamientos y repeticiones: Superficie 2.0 ha⁻¹.

Figura 1. Croquis del campo experimental.



3.3 Instalación del experimento

3.3.1 Preparación del terreno experimental

Se utilizó maquinaria agrícola para realizar la aradura del suelo a una profundidad de 0.3 m (arado de discos), también se realizó el gradeo del suelo con maquinaria agrícola usando una rastra. El suelo quedó libre de objetos extraños como malezas, restos del cultivo anterior, piedras, etc.; finalmente se realizó la nivelación del terreno utilizando maquinaria agrícola (rufa niveladora).

3.3.2 Surcado

Se utilizó maquinaria agrícola con surcadores pequeños, la profundidad del surco fue de 0.10 m, el distanciamiento entre surco fue de 1 m a doble hilera con 0.5 m entre hileras. El distanciamiento de los surcos fue igual para todos los tratamientos, la densidad de plantas por hectárea se reguló en el raleo o desahije de acuerdo a la densidad de cada tratamiento.

3.3.3 Desinfección de la semilla

Antes de la siembra se procedió a desinfectar la semilla con Homai, a una proporción de 30 g por kg de semilla. Sobre una manta se hizo el espolvoreo del fungicida sobre la semilla, moviéndolo hasta lograr la impregnación uniforme del mismo. Después de culminar la desinfección la semilla quedó lista para la siembra.

3.3.4 Siembra

Se hizo siembra manual a chorro continuo colocando las semillas dentro de los surcos y con la ayuda de un rastrillo pequeño se procedió con el tapado de las semillas a una profundidad no mayor a 1 cm. El gasto total de semilla fue de 15 kg. ha⁻¹ en todos los tratamientos. Después del tapado de las semillas se hizo el tendido de las mangueras de riego y luego se procedió a efectuar el primer riego, logrando conseguir una banda húmeda uniforme, para asegurar una germinación adecuada.

3.3.5 Riego del campo experimental

El agua utilizada para el cultivo es proveniente de pozo tubular con las siguientes características:

Cuadro 3. Análisis de agua de riego.

		CATIONES (meq/L)							
MUESTRA	pH	C.E(ds/m)	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Suma de cationes	
Agua de Reservorio	7.39	1.45	5.47	2.86	0.06	5.73	0.05	14.17	

ANIONES (meq/L)							MICRONUTRIENTES (mg/L)						
NO ₃ ⁺	CO ₃ ⁺	Cl ⁺	HCO ₃ ⁺	SO ₄ ⁺	H ₂ PO ₄ ⁺	Suma de aniones	B	Cu	Fe	Mn	Zn	R.A.S.	CLASIFICACIÓN FAO
0.61	<0.03	3.80	4.38	6.15	<0.03	14.94	0.23	<0.005	0.12	<0.02	0.01	2.81	C3S1

Fuente: Certificaciones del Perú S.A (CERPER)

Considerando que el experimento se instaló en un suelo arenoso, los riegos fueron frecuentes, para mantener la humedad del suelo a capacidad de campo, los volúmenes de agua fueron igual para todos los tratamientos y la lámina de riego calculada fue la misma que se utiliza en el predio. Los riegos se realizaron hasta los 110 días de edad del cultivo cuando la planta consiguió su madurez fisiológica, la frecuencia de riego fue diario con ciclos de una hora. El volumen total de agua durante todo el periodo vegetativo del cultivo fue de 4000 m³ ha⁻¹.

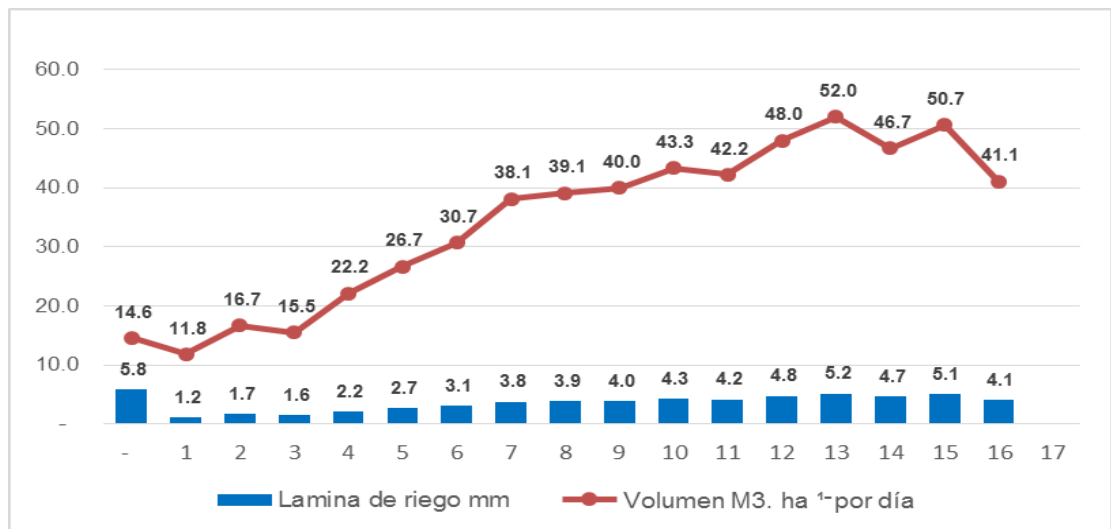


Figura 2. Programa de riego en m³ ha⁻¹ por día y por semana en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.)

3.3.6 Fertilización

La fertilización se realizó a través del fertirriego. El programa de fertilización fue: 280, 110, 290, 40 y 30 kg de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO. El fertirriego empezó desde la segunda semana después de la siembra hasta los 90 días de edad de cultivo, la distribución de los fertilizantes fue de acuerdo al programa. Todos los tratamientos recibieron la misma fertilización.

Cuadro 4. Programa de fertilización en kilos de nutrientes por hectárea en
(*Chenopodium quinoa* Willd.)

Días de Cultivo	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	
Edad en Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	TOTAL
N	10	12	15	20	25	30	35	38	35	30	20	10		280
P ₂ O ₅	8	10	12	14	14	15	15	14	8					110
K ₂ O	5	10	15	18	20	22	25	30	35	35	30	25	20	290
CaO		4	4	5	6	8	8	5						40
MgO			3	3	3	3	5	5	4	4				30

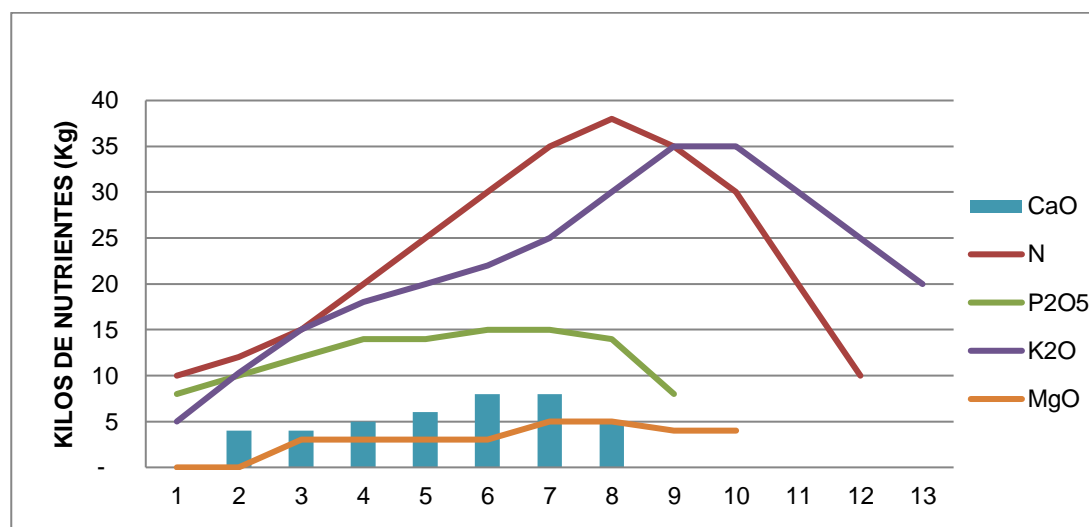


Figura 3. Distribución de nutrientes por hectárea y por semana en el cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

3.3.7 Desahíje o raleo

Cuando el cultivo tenía 20 días de edad después de la siembra, se procedió a realizar el desahíje o raleo, dejando el número de plantas correspondientes a cada densidad por tratamiento. Esta labor se hizo de forma manual y consistió en eliminar las plantas más pequeña, dejando las mejores plantas distribuidas de forma equidistante con el número de plantas por metro correspondiente a cada tratamiento: T1 (T) = 300 mil plantas con 30 plantas

por m a doble hilera, T2 = 400 mil plantas con 40 plantas por m a doble hilera, T3 = 500 mil plantas con 50 plantas por m a doble hilera y T4 = 600 mil plantas con 60 plantas por m a doble hilera.

3.3.8 Control de malezas

Las malezas fueron eliminadas con personal, extrayéndolas de forma manual, se inició cuando el cultivo tenía 10 días de edad, los intervalos del desmalezado fueron de 15 días, culminando a los 55 días de edad del cultivo, siendo hasta esta edad la etapa crítica de competencia con el cultivo. Se realizaron cuatro deshierbos en todo el periodo vegetativo.

3.3.9 Aporque

Esta labor cultural se realizó a los 40 días después de la siembra, con el objetivo de dar mayor estabilidad a la planta y evitar el acame.

3.3.10 Manejo y control de plagas y enfermedades

Se realizó de acuerdo al manejo integrado de plagas (MIP) establecido para el cultivo, donde se aplicaron insecticidas y fungicidas autorizados para el cultivo y establecidos en el programa de Fito sanidad.

3.3.11 Cosecha

Se realizó cuando los granos y la planta alcanzaron la madurez fisiológica (130 días de edad), con una humedad en el grano de 14 -16%. La cosecha fue mecanizada con cosechadora de arroz adaptada para quinua. Se realizó en horas de la mañana para evitar la caída de granos que se desprenden con facilidad del perigonio debido a la alta radiación. Después de la cosecha los granos fueron secados durante 3 días para alcanzar la humedad comercial. Cada tratamiento fue cosechado por separado.

3.3.12 Pesado de la producción

Se realizó el pesado de cada tratamiento y luego se estimó el rendimiento en kg por ha⁻¹.

3.4 Evaluaciones

Se efectuaron desde la primera semana de edad del cultivo. Los datos se obtuvieron en forma semanal (15 semanas) y culminaron con los datos de la cosecha, obteniendo el rendimiento por ha⁻¹. Para hacer el seguimiento del crecimiento de la planta se marcaron 4 plantas por cada parcela (16 plantas por cada tratamiento).

3.4.1 Número de plantas por metro

La evaluación se realizó después del desahije, usando la cinta métrica se midió dentro del surco un metro y se contó el número de plantas por metro. Se realizó 2 muestras por cada parcela (8 muestras por tratamiento). En este parámetro solo se efectuó una evaluación después del desahije.

3.4.2 Diámetro del tallo

Haciendo uso de un pie de rey se realizó la medida del diámetro del tallo. La evaluación fue semanal a las mismas plantas marcadas en cada tratamiento. Esta medida se hizo en la mitad del tallo tomando como referencia el nivel del suelo.

3.4.3 Altura de planta

Haciendo uso de la cinta métrica, se tomó la medida de la altura de la planta, iniciando en el nivel del suelo hasta el brote apical principal. La evaluación se hizo en las plantas marcadas.

3.4.4 Número de panojas

Se hizo el conteo de las panojas desde la primera aparición, en cada planta marcada.

3.4.5 Tamaño de panoja

Con la cinta métrica se realizó la medición de las panojas tomando en cuenta la inserción desde el tallo principal hasta el ápice. La evaluación fue en las plantas marcadas.

3.4.6 Tamaño de grano

Usando la cinta métrica se procedió a medir 10 granos de quinua, obteniendo el tamaño por cada grano. La evaluación fue en las plantas marcadas.

3.4.7 Peso de grano

Usando la balanza analítica se pesaron 1000 granos, se calculó y se obtuvo el peso en gramos de 100 granos. La evaluación se hizo en todas las plantas marcadas.

3.4.8 Obtención del rendimiento

Después de la cosecha se realizó el pesado del rendimiento por cada tratamiento, también se estimó el rendimiento de kg por ha⁻¹.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Número de plantas por metro

La densidad de siembra se determinó por el número de plantas por metro en cada tratamiento, con un límite inferior de 300.000 (T) plantas y un límite superior de 600.000 plantas por ha⁻¹. La siembra de estas densidades es similar al experimento realizado en Brasil con el genotipo 4.5, realizado para determinar el rendimiento de cultivo de quinoa (Spehar y Rocha, 2009).

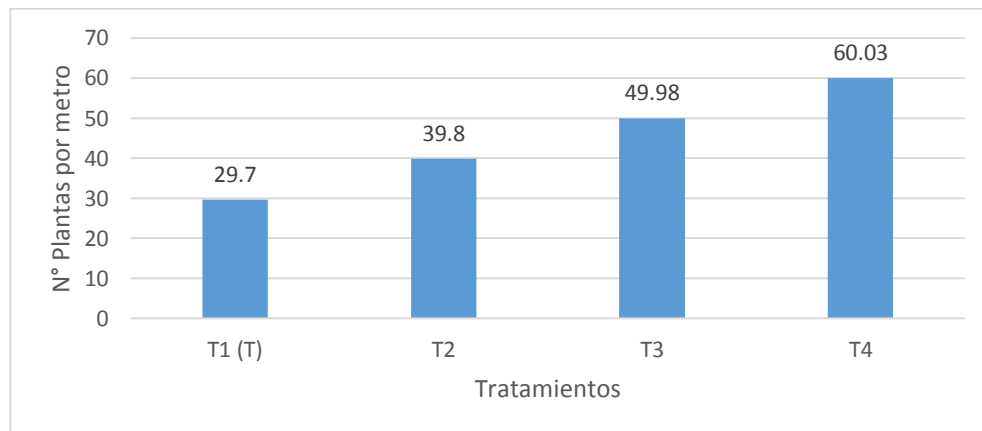


Figura 4. Número de plantas por metro de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc, La Libertad – abril 2016.

4.2 Altura de planta

Cuadro 5. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de planta de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	28.8	9.6	12.2	0.001
Tendí. Lineal	1	18.2	18.2	23.1	0.000
Tendí. Cuadrática	1	10.6	10.6	13.4	0.003
Tendí. Cúbica	1	0.0	0.0	0.0	0.941
Error	12	9.5	0.8		
Total	15	38.3	2.6		

El ANOVA para la altura de planta de (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cuatro tratamientos de densidad de siembra, muestran que existen diferencias estadísticas significativas para la altura de planta, Cuadro 5.

Cuadro 6. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para la altura de planta de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio cm	Duncan $\alpha = 0.05$
T 2	400,000	138.5	a
T 1 (T)	300,000	137.8	a
T 3	500,000	137.5	a
T 4	600,000	135.0	b

La prueba de Duncan indica que no existe significación estadística entre los tratamientos T2, T1 (T) y T3, superando el T2 al testigo pero sin significación

estadística. Los datos muestran que a mayor densidad de plantas por ha⁻¹ el crecimiento de la planta disminuye, Cuadro 6.

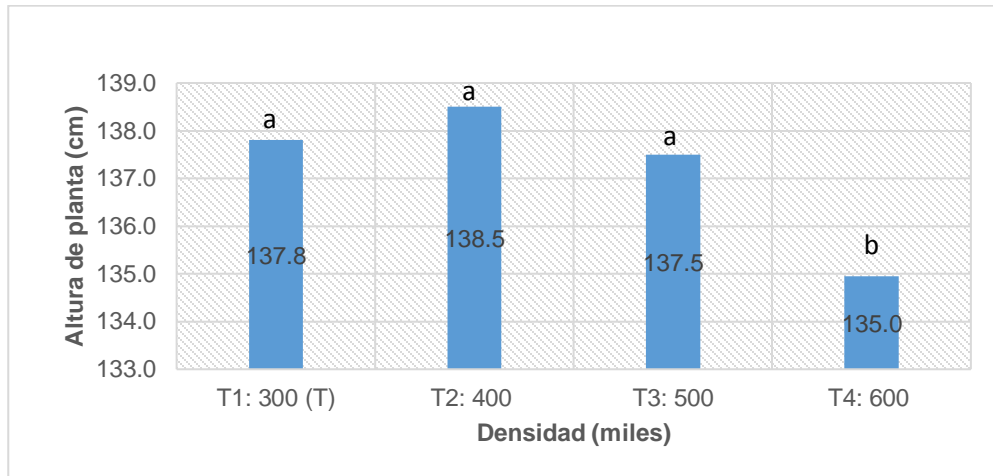


Figura 5. Altura de planta de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc, La Libertad – abril 2016.

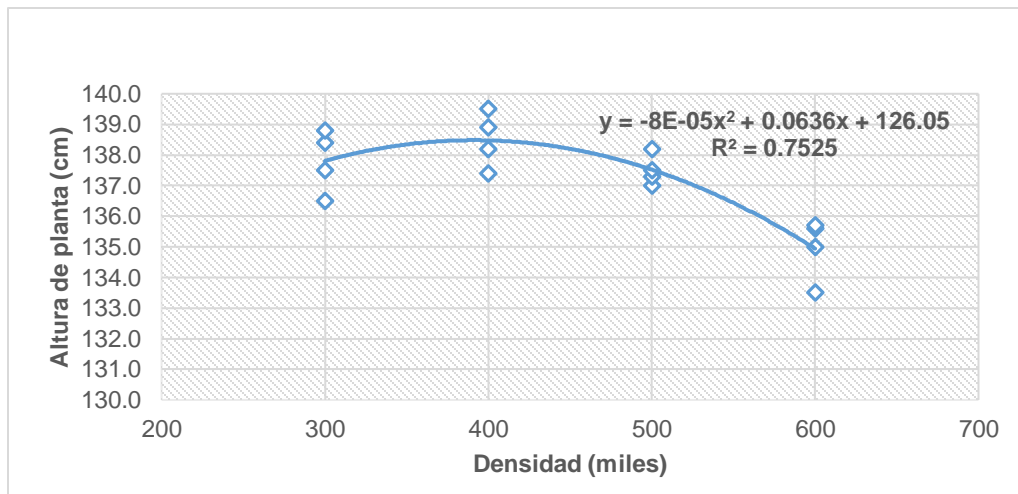


Figura 6. Tendencia de la altura de planta según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

En cuanto a la altura de planta de (*Chenopodium quinoa* Willd.), expresados en los Cuadros 5 y 6 por el efecto de la densidad estudiada, los resultados muestran que a mayor densidad el crecimiento de la planta es menor. Por lo tanto los resultados de la investigación son similares a los presentados por Spehar y Rocha (2009) sobre el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de plantas y desarrollo de la quinua del genotipo 4.5, en Brasil, donde concluyen que la altura de la planta se reduce al aumentar la densidad, y también concluyeron que para cada incremento de 100.000 plantas ha⁻¹, hubo una reducción de 4,0 cm en altura de la planta.

Ferreira (2014) en un trabajo de investigación sobre el efecto de diferentes densidades de siembra y el efecto del nitrógeno sobre el rendimiento de amaranto concluye, que a mayor densidad y aumento de nitrógeno la altura de la planta disminuye, por el contrario a una menor densidad aumenta la altura de planta y hay una respuesta positiva sobre el incremento de nitrógeno.

4.3 Número de panojas

Cuadro 7. Análisis de variancia (ANOVA) de número de panojas de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	32.3	10.8	21.6	0.00004
Tendí. Lineal	1	29.0	29.0	58.3	0.00001
Tendí. Cuadrática	1	2.9	2.9	5.8	0.033
Tendí. Cúbica	1	0.4	0.4	0.7	0.409
Error	12	6.0	0.5		
Total	15	38.3	2.6		

El ANOVA para el número de panojas de (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cuatro tratamientos de densidad de siembra muestra que existen diferencias estadísticas significativas para el número de panojas, Cuadro 7.

Cuadro 8. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para el número de panojas de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio	Duncan $\alpha = 0.05$
T 1 (T)	300,000	10.53	a
T 2	400,000	9.90	a b
T 3	500,000	9.10	b
T 4	600,000	6.78	c

La prueba de Duncan indica que el T1 (T) ocupa el primer lugar y no presenta diferencia estadística significativa con el T2 que ocupa el segundo lugar. En el T1 (T) comparado con el T4 si hay diferencia estadística significativa, Cuadro 8.

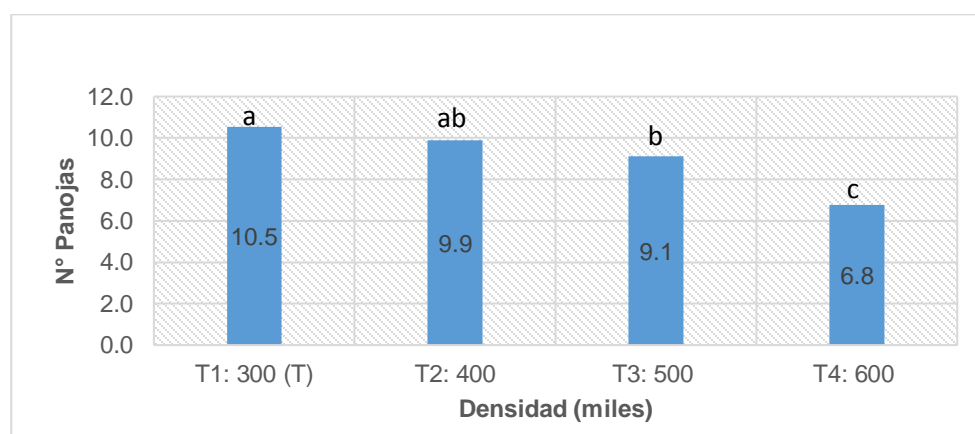


Figura 7. Número de panojas de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc, La Libertad – abril 2016.

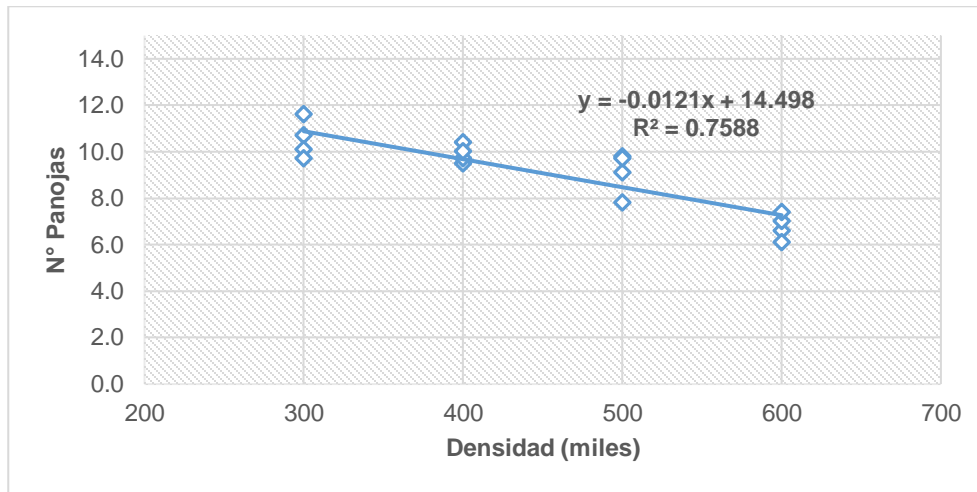


Figura 8. Tendencia del número de panojas según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

En cuanto al número de panojas de (*Chenopodium quinoa* Willd.), expresados en los Cuadros 7 y 8 para el efecto de la densidad estudiada, son similares a los encontrados por Spehar y Rocha, (2009) quienes indican que las plantas con menores densidades tienden a aumentar la ramificación y por consecuencia aumentan el número de panojas. En la densidad más alta fue menor el número de panojas en comparación con la baja densidad. Spehar y Santos, (2002) citados por Spehar y Rocha (2009) obtienen resultados donde a menor densidad de población, la quinua aumenta el número de ramas, compensando en parte las plantas faltantes.

4.4 Altura de panoja

Cuadro 9. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de panoja de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	8.9	3.0	4.7	0.021
Tendí. Lineal	1	7.9	7.9	12.6	0.004
Tendí. Cuadrática	1	0.9	0.9	1.4	0.255
Tendí. Cúbica	1	0.1	0.1	0.1	0.741
Error	12	7.6	0.6		
Total	15	16.5	1.1		

El ANOVA para la altura de panoja de (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cuatro tratamientos de densidad de siembra, muestra que existen diferencias estadísticas significativas para la altura de panojas, Cuadro 9.

Cuadro 10. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para la altura de panoja de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio cm	Duncan $\alpha = 0.05$
T 4	600,000	34.15	a
T 3	500,000	33.88	a
T 2	400,000	33.43	a
T 1 (T)	300,000	32.20	b

La prueba de Duncan indica que entre los tratamientos T4, T3 y T2 no hay diferencia estadística significativa. Estos 3 tratamientos superaron al T1 (T) significativamente, Cuadro 10.

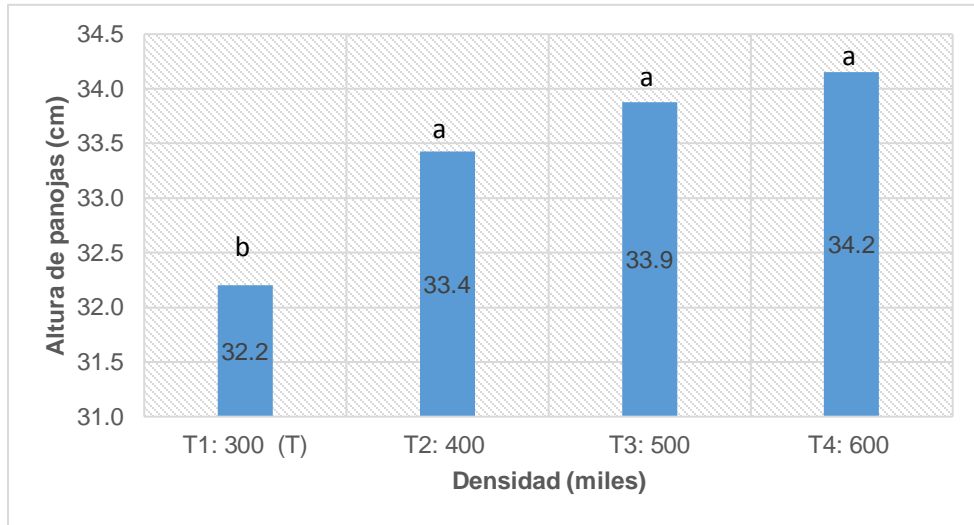


Figura 9. Altura de panojas de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc, La Libertad – abril 2016.

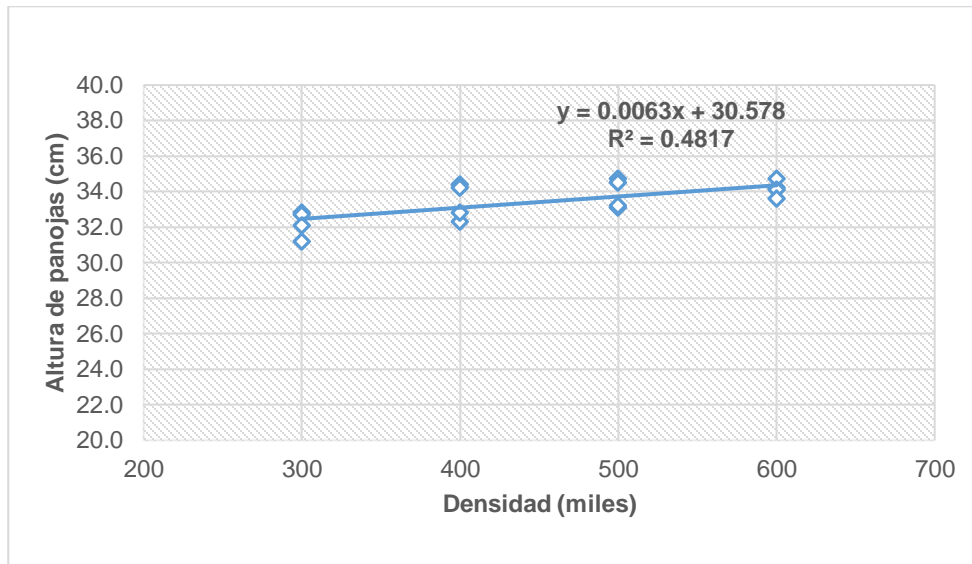


Figura 10. Tendencia de la altura de panojas según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc, La Libertad – abril 2016.

En cuanto a la altura de panojas de (*Chenopodium quinoa* Willd.), expresados en los Cuadros 9 y 10 por el efecto de la densidad de siembra estudiada son diferentes a los resultados obtenidos por (Ferreira y otros, 2014), en el cultivo de amaranto, que concluyen que a una densidad menor de 6 y 8 plantas por metro y a 150 kg. ha^{-1} de nitrógeno hay una mayor longitud de panícula, y a mayor densidad 26 plantas por metro hay un menor crecimiento de la panícula, esta disminución se relaciona posiblemente a la mayor competencia entre plantas por agua, luz y nutrientes.

4.5 Diámetro de tallo

Cuadro 11. Análisis de variancia (ANOVA) del diámetro de tallo de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	41.0	13.7	18.2	0.0001
Tendí. Lineal	1	39.2	39.2	52.3	0.0000
Tendí. Cuadrática	1	0.0	0.0	0.0	1.000
Tendí. Cúbica	1	1.8	1.8	2.4	0.147
Error	12	9.0	0.8		
Total	15	50.0	3.3		

El ANOVA para el diámetro de tallo de (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cuatro tratamientos de densidad de siembra, indica que existen diferencias estadísticas significativas para el diámetro de tallo, Cuadro 11.

Cuadro 12. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para el diámetro de tallo de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio mm	Duncan $\alpha = 0.05$
T 1 (T)	300,000	15.25	a
T 2	400,000	13.25	b
T 3	500,000	12.75	b
T 4	600,000	10.75	c

El Cuadro 12 según la prueba de Duncan, indica que el T1 (T) tiene el mejor crecimiento de diámetro de tallo, obteniendo un resultado significativo comparado con los demás tratamientos. El T1 (T) ha tenido mayor luminosidad y menor competencia por agua, luz y nutrientes que el T4. El diámetro del tallo es importante por relacionarse con el tumbado de las plantas, que, en la presente investigación, no ocurrió. Es probable que, en el amaranto, la densidad de plantas sea más importante en la determinación del diámetro del tallo que la fertilización (Henderson y otros, 2000; Apaza-Gutiérrez y otros, 2002).

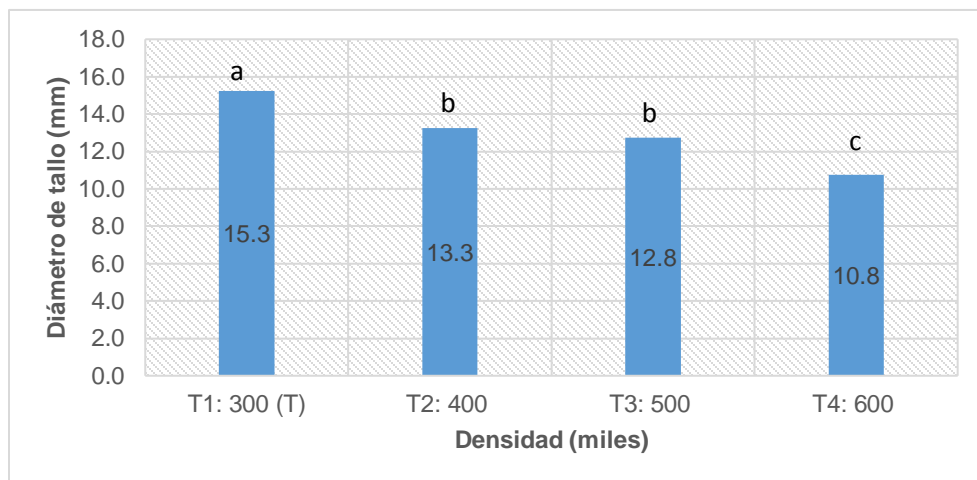


Figura 11. Diámetro de tallo de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

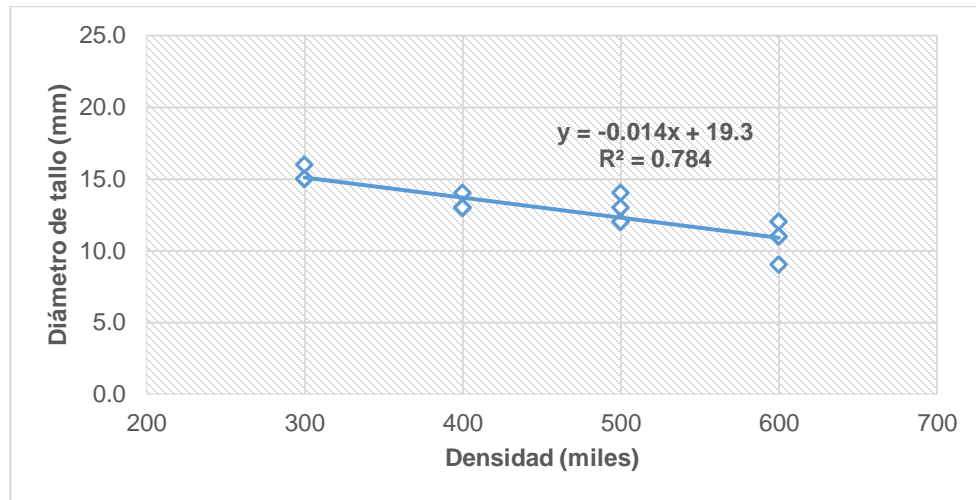


Figura 12. Tendencia del diámetro de tallo según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

El diámetro de tallo de (*Chenopodium quinoa* Willd.), expresado en los Cuadros 11 y 12 y efecto de la densidad estudiada; es similar al obtenidos por Spehar y Santos (2005) quienes mencionan que en condiciones de poca población, las plantas aumentan el diámetro y la ramificación del tallo existiendo una correlación positiva con el rendimiento; y a lo mencionado por Ferreira y otros, (2014) en el cultivo de amaranto, donde registran que al aumentar la población disminuye el diámetro del tallo, como ya fue observado anteriormente por Fitterrer (1996) que la disminución del diámetro del tallo puede deberse a la competitividad entre plantas.

4.6 Tamaño de grano

Cuadro 13. Análisis de variancia (ANOVA) del tamaño de grano de (*Chenopodium quinoa Willd.*) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	0.0	0.0	0.6	0.647
Tend. Lineal	1	0.0	0.0	1.1	0.317
Tend. Cuadrática	1	0.0	0.0	0.3	0.571
Tend. Cúbica	1	0.0	0.0	0.3	0.611
Error	12	0.0	0.0		
Total	15	0.0	0.0		

El ANOVA para el tamaño de grano de (*Chenopodium quinoa Willd.*) de cuatro tratamientos de densidad de siembra, indica que no existen diferencias estadísticas significativas en el tamaño de grano, con relación a la densidad de siembra, Cuadro 13.

Cuadro 14. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para el tamaño de grano de (*Chenopodium quinoa Willd.*) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio mm	Duncan $\alpha = 0.05$
T 1 (T)	500,000	1.98	a
T 3	400,000	1.98	a
T 2	600,000	1.97	a
T 4	300,000	1.94	a

El Cuadro 14 según la prueba de Duncan indica que no hay diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

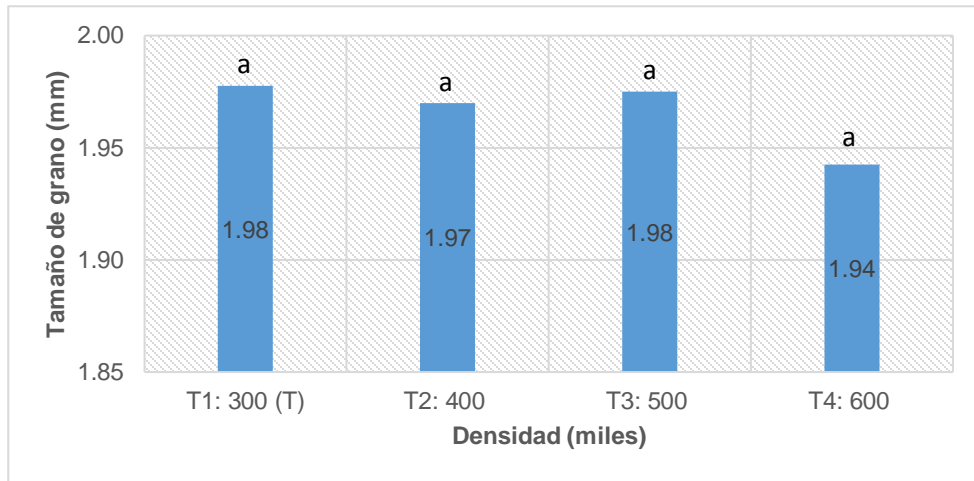


Figura 13. Tamaño de grano de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

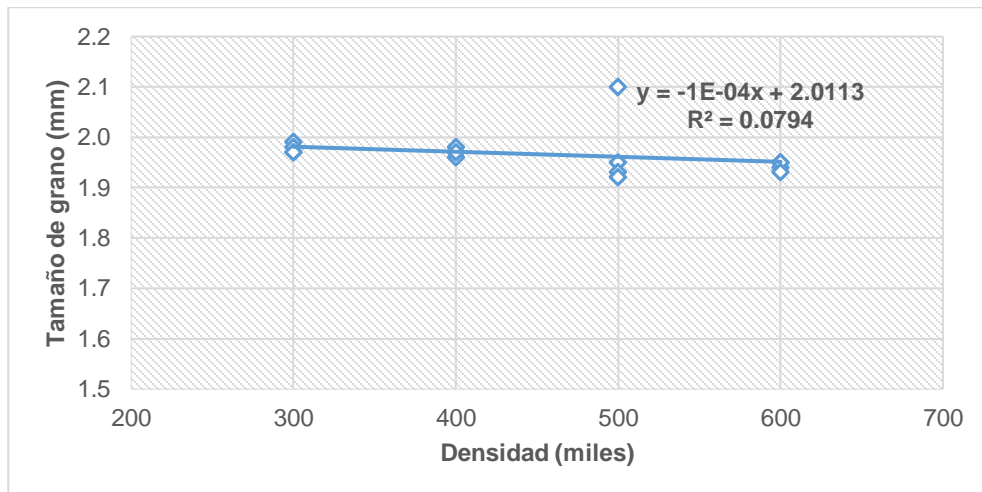


Figura 14. Tendencia del tamaño de grano según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

En cuanto al tamaño de grano de (*Chenopodium quinoa* Willd.), los resultados expresados en los Cuadros 13 y 14 del efecto de la densidad estudiada, son parecidos con los obtenidos por Spehar y Rocha (2009), concluyendo que no hay efecto de la densidad sobre tamaño de granos para densidades de 100 mil y 600 mil plantas por ha⁻¹. El tamaño de grano tiene un fuerte componente genético, aunque puede verse afectado por las condiciones climáticas y del suelo.

4.7 Peso de 1000 granos de quinua

Cuadro 15. Análisis de variancia (ANOVA) del peso de 1000 granos de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	0.3	0.1	1.1	0.378
Tend. Lineal	1	0.2	0.2	2.4	0.144
Tend. Cuadrática	1	0.1	0.1	0.7	0.435
Tend. Cúbica	1	0.0	0.0	0.3	0.612
Error	12	0.9	0.1		
Total	15	1.2	0.1		

El ANOVA para el peso de 1000 granos de (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cuatro tratamientos de densidad de siembra, indica que no existen diferencias estadísticas significativas para el tamaño de grano, con relación a la densidad de siembra, Cuadro 15.

Cuadro 16. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para el peso de 1000 granos de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio: g	Duncan $\alpha = 0.05$
T 1 (T)	300,000	3.08	a
T 2	400,000	3.03	a
T 3	500,000	3.03	a
T 4	600,000	2.75	a

El Cuadro 16 según la prueba de Duncan indica que no hay diferencias estadísticas significativas, y que el T1 (T) ocupó el primer lugar.

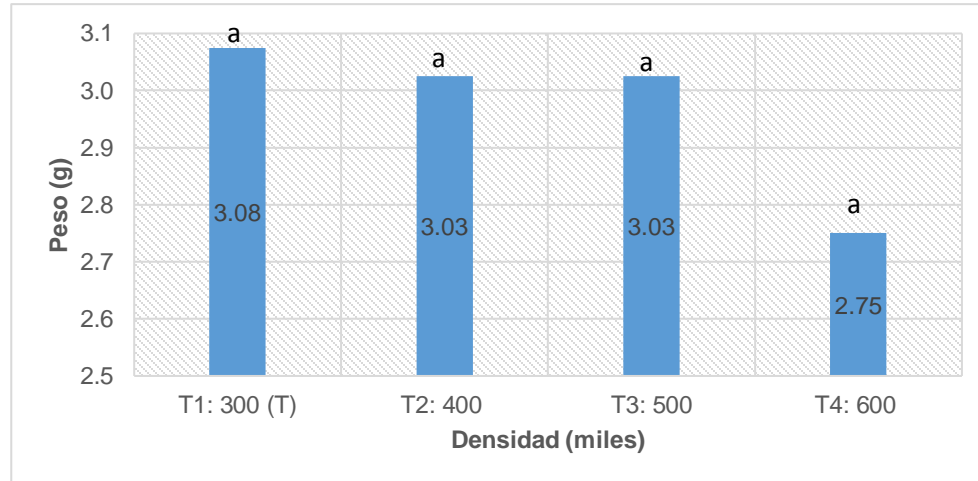


Figura 15. Peso de 1000 granos de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

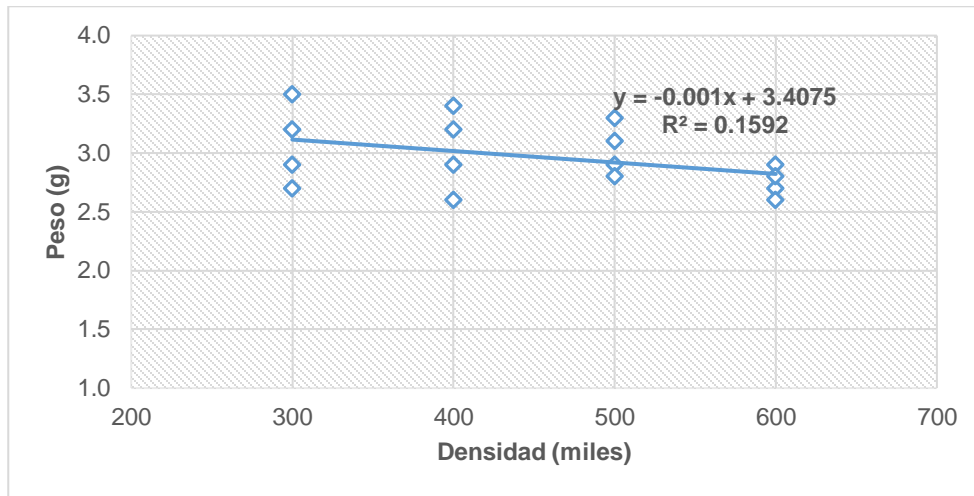


Figura 16. Tendencia del peso de 1000 granos según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

El peso de granos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), expresados en los Cuadros 15 y 16 sobre el efecto de la densidad estudiada, son similares a los registrados por Spehar y Rocha (2009), quienes concluyen que no hay efecto de la densidad sobre el peso de granos para densidades de 100 mil y 600 mil plantas por ha^{-1} , obteniendo resultados no significativos. Rocha (2008) citado por Spehar y Rocha (2009) mencionan que las variaciones en la densidad no afectaron el peso de 1000 semillas. La semilla tiene un fuerte componente genético, aunque puede verse afectado por las condiciones climáticas y del suelo. Spehar y Santos (2002) citado por Spehar y Rocha (2009) Mencionan que el peso de 1000 granos se encuentran entre 2.0 g y 3.5 g.

4.8 Rendimiento por tratamiento

Cuadro 17. Análisis de variancia (ANOVA) del rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	63943.5	21314.5	6.3	0.008
Tend. Lineal	1	10811.3	10811.3	3.2	0.100
Tend. Cuadrática	1	44521.0	44521.0	13.1	0.004
Tend. Cúbica	1	8611.3	8611.3	2.5	0.138
Error	12	40894.5	3407.9		
Total	15	104838.0	6989.2		

El ANOVA para el rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cuatro densidades de siembra, indica que existen diferencias estadísticas significativas con relación a la densidad de siembra, Cuadro 17.

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para el rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio Kg	Duncan $\alpha = 0.05$	
T 3	500,000	601.5	a	
T 2	400,000	516.0	a	b
T 4	600,000	477.8	b	
T 1 (T)	300,000	428.8	b	

La prueba de Duncan indica que el T3 ocupó el primer lugar, sin mostrar diferencias estadísticas con el T2, y superando significativamente al T1 (T) y T4, Cuadro 18.

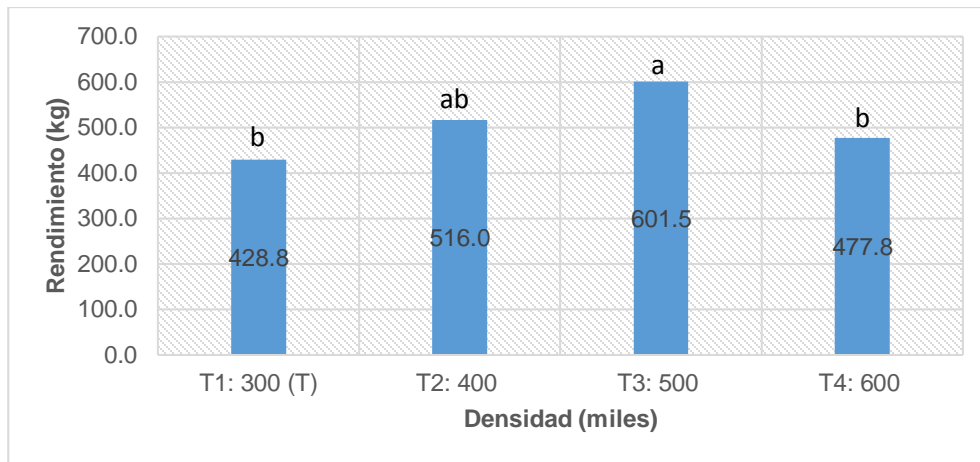


Figura 17. Rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

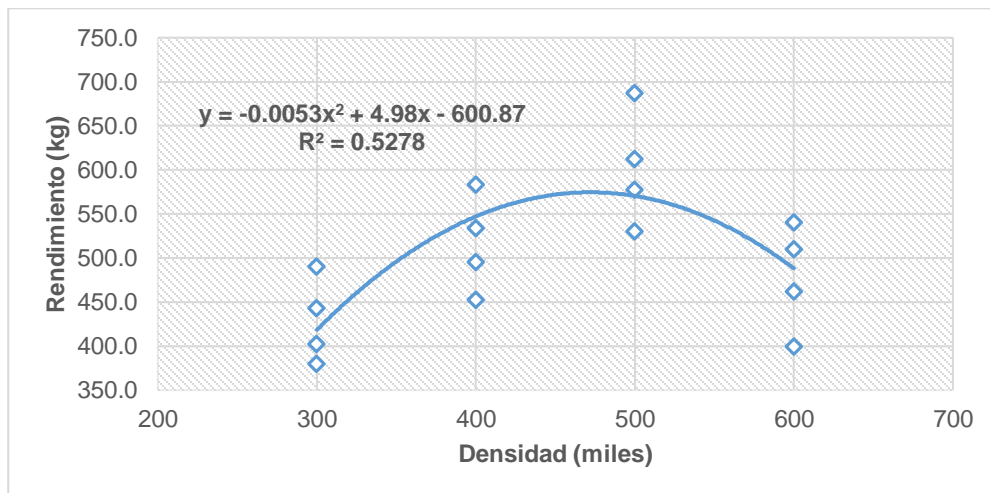


Figura 18. Tendencia del rendimiento según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

El rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.), expresado en los Cuadros 17 y 18 por el efecto de la densidad estudiada son diferentes a los encontrados por Spehar (2006) quien indica que a densidades de 400 mil y 800 mil plantas ha⁻¹ no hay diferencias significativas.

4.9 Rendimiento por hectárea

Cuadro 19. Análisis de variancia (ANOVA) del rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	4092384.0	1364128.0	6.3	0.008
Tend. Lineal	1	691920.0	691920.0	3.2	0.100
Tend. Cuadrática	1	2849344.0	2849344.0	13.1	0.004
Tend. Cúbica	1	551120.0	551120.0	2.5	0.138
Error	12	2617248.0	218104.0		
Total	15	6709632.0	447308.8		

El ANOVA para el rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) de cuatro densidades de siembra, indica que existen diferencias estadísticas significativas con relación a la densidad de siembra, Cuadro 19.

Cuadro 20. Prueba de Duncan ($p < 0.05$) para el rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Clave	Descripción: Plantas / ha ⁻¹	Promedio Kg	Duncan $\alpha = 0.05$	
T 3	500,000	4,812	a	
T 2	400,000	4,128	a	b
T 4	600,000	3,822	b	
T 1 (T)	300,000	3,430	b	

La prueba de Duncan indica que el T3 ocupó el primer lugar, sin mostrar diferencias estadísticas con el T2, y superando significativamente al T4 y T1 (T), Cuadro 20.

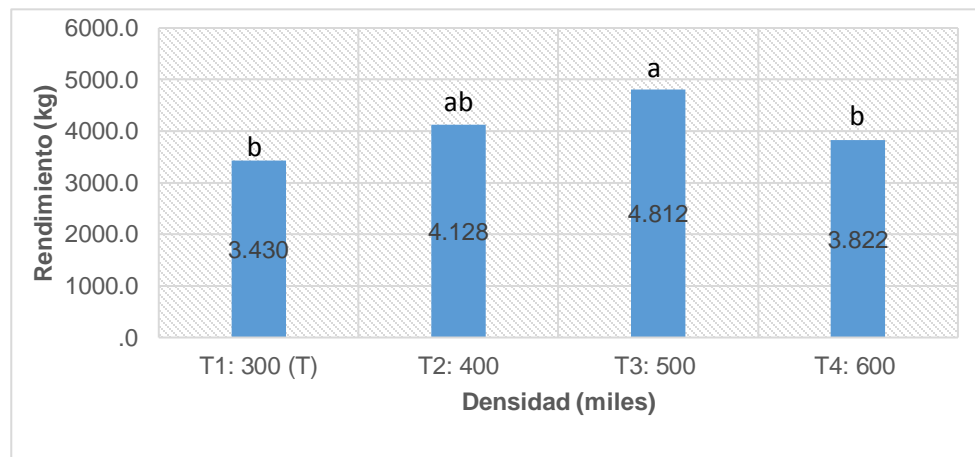


Figura 19. Rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

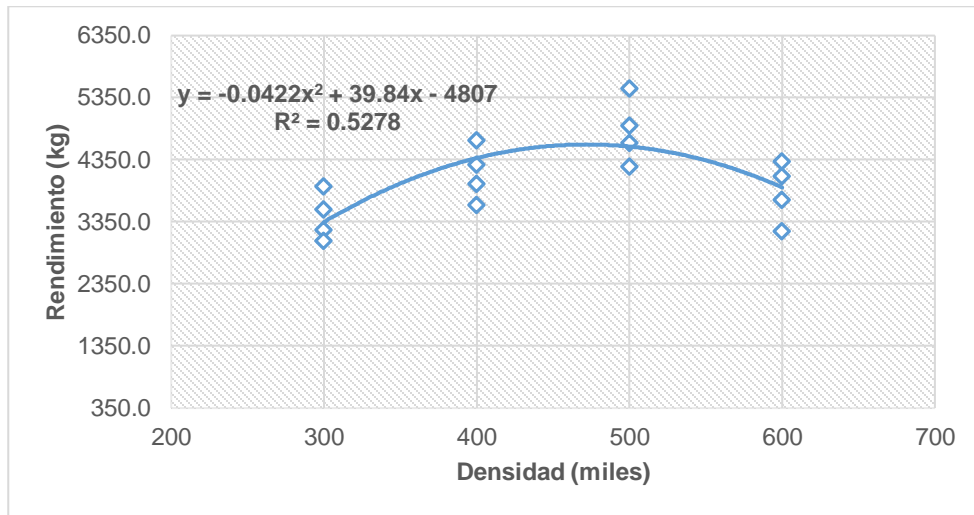


Figura 20. Tendencia del rendimiento de kg ha^{-1} según la densidad de siembra de cuatro tratamientos de (*Chenopodium quinoa* Willd.), bajo condiciones de suelo arenoso, San Pedro de Lloc La Libertad – abril 2016.

El rendimiento de (*Chenopodium quinoa* Willd.), expresado en los Cuadros 19 y 20 por el efecto de la densidad estudiada son diferentes a los encontrados por Spehar (2006) quien indica que a densidades de 400 mil y 800 mil plantas ha^{-1} no hay diferencias significativas en el rendimiento.

V. CONCLUSIONES

El T3 (500 mil plantas ha^{-1}) y T2 (400 mil plantas ha^{-1}) obtuvieron los mejores rendimientos en kg ha^{-1} . El T3 obtuvo un rendimiento de 4,812 kg por ha^{-1} , logrando una diferencia significativa comparado con el T1 (T) (300 mil plantas ha^{-1}) que ocupó el último lugar con un rendimiento de 3,430 kg. ha^{-1} .

La tendencia del rendimiento de kg por ha^{-1} indica que al aumentar la densidad hasta 600 mil plantas por ha^{-1} (T4) el rendimiento cae un 20,5% comparado con la densidad de 500 mil plantas por ha^{-1} (T3) que obtuvo el mejor rendimiento.

La mayor densidad de 600 mil plantas por ha^{-1} (T4) afecta la altura de planta, número de panojas, diámetro de tallo y rendimiento; pero no afecta la altura de panoja, tamaño de grano y peso de 1000 granos.

La menor densidad de 300 mil plantas por ha^{-1} (T1) afecta la altura de panoja y rendimiento; pero no afecta la altura de planta, número de panojas, diámetro de tallo, tamaño de grano y peso de 1000 granos.

VI. RECOMENDACIONES

Investigar siembras donde el distanciamiento entre surcos sea de 1.2 m, manteniendo la densidad poblacional de 300, 400, 500 y 600 mil plantas por ha⁻¹.

Investigar densidades de 400 y 500 mil plantas por ha⁻¹ incluyendo diferentes dosis de fertilización nitrogenada.

Realizar ensayos en el cultivo de quinua con densidades superiores a 600 mil plantas por ha⁻¹, considerando una menor fertilización.

Realizar ensayos en el cultivo de la quinua donde el periodo de siembra corresponda a otras épocas del año, en la costa.

Experimentar siembras del cultivo de la quinua utilizando diferentes densidades y cultivares.

Realizar investigación relacionando la densidad poblacional y la susceptibilidad de enfermedades, que afectan al cultivo de la quinua en la costa.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Álvarez-Flores, R.A, 2012. Respuestas morfológicas y arquitectónicas del sistema radicular al déficit hídrico en *Chenopodium* cultivado y andino silvestre. Tesis de Doctorado. Universidad Montpellier 2, Montpellier, Francia, 114 p.

Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., Pinedo, R., 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Lima – Perú, 82 p.

Aroni, J.C., G. Aroni, R. Quispe y A. Bonifacio. 2003. Catálogo de quinua Real. Fundación PROINPA. SIBTA – SINARGEAA. Fundación Altiplano. Fundación Mcknight. COSUDE. La Paz, junio 2003, p 51.

Bazile, D; Bertedero, D. y Nieto, C. 2014. “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724p.

Calla, C. J., 2012. Manejo agronómico del cultivo de quinua. Agro banco. Manallasac – Chiara – Ayacucho – Perú, 40 p.

Carbone-Risi, J. J. M. 1986. Adaptation of the Andean grain crop quinoa for cultivation in Britain. Thesis (Doctorate) – University of Cambridge, Cambridge, 338 p.

Danielsen, S y Amez, T. 2000. El Mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la zona andina. Centro Internacional de la papa. Lima Perú, 32 p.

De Geyter E.; Geelen, D. y Smagghe, D. Novel Advances with Plant Saponins as Natural Insecticides to Control Pest Insects. Pest Technology, Global Science Books p 97.

Erasmó, E. A. L.; Domingos, V. D.; Spehar, C. R.; Didonet, J.; Sarmiento, R. A.; Cunha, A.M. 2004. Evaluación de cultivares de amaranto (*Amaranthus* spp.) En sistema plantío directo en el sur de Tocantins. Bioscience Journal, Uberlandia, 20 (1): 171-176.

Estrada, R; Apaza, V; Delgado, P. 2014. Tecnología de Producción de quinua para el mercado interno y externo, curso modular virtual del Instituto Nacional de Innovación Agraria. Perú, 250 p.

F.A.O. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. P 66. Recuperado de: <http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/quinua-cultivo-milenario-seguridad-alimentaria/>.

Ferreira, C. C.; Junior, R.W.Q.; Ramos, M. L. G.; Spehar, C. R. y Farías, T. R. R. 2014. Efecto de diferentes densidades de siembra y dosis de nitrógeno en rendimiento de grano y biometría de amaranto, en sabana en el centro de Brasil. Bioscience Journal, Uberlandia, 30 (2): 534-546.

García Rada, 1947. Investigaciones en las enfermedades de la quinua, Lima.

Gianna V. 2013. Tesis doctoral: Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semillas de (*Chenopodium quinoa* Willd.) provenientes del noroeste argentino”. Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Doctorado en Ciencias de la Ingeniería 32 p.

Gómez, P., Aguilar, C., 2016. Guía del Cultivo de la Quinoa. FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina UNALM; Lima – Perú, 130 p.

Gómez, P., Eguiluz, A. 2011. Catálogo del Banco de Germoplasma de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Universidad Nacional Agraria de la Molina UNALM; Lima – Perú, pp. 14 – 29.

IICA, 2015. El mercado y la producción de quinoa en el Perú. Noviembre 2015. 172 p.

Koziol, M.J. 1991. Afrosimetric estimation of threshold saponina concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Science of Food and Agriculture, 54: 211-219.

Leiva, J., Sialer, C y Horna, H., 2015. Evaluación del cultivo de *Chenopodium quinoa* “quinoa” bajo condiciones edafoclimática del distrito de Puerto Eten - Lambayeque– Rev. Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación VOL 2/ N° 1, ISSN: 2313-1926/Julio 2015.

Lescano, J. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos andinos quinoa, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. INADE - PELT – COTESU. 1ra Edición. Editorial Producciones CIMA. Puno, Perú. 58-60, 163-165.

Mujica A., S.E. Jacobsen 2006. La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz. 449-457.

Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernández, J. Bermejo y J. Leon (eds). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma.129-146.

Mujica, A. 2004. Descriptores para la caracterización de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Pp.121-136 En: Memorias del Seminario- Taller Nacional sobre Caracterización de los Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres en el Perú. INIA, PNUD-Proyecto In situ. Chosica, 19-20 mayo 2004, Lima.

Rocha, J. E. S. 2008. Selección de genotipos de quinua con características agronómicas y estabilidad de rendimiento en el Planalto Central. Disertación (Masters degree). De la Universidad de Brasilia, Facultad de Agronomía y Medicina Veterinaria, Brasilia, DF, 127 p.

Rojas, W. y Pinto, M. (2013) La diversidad Genética de la quinua de Bolivia Fundación PROINPA Memoria. Congreso Científico de la quinua Realizado en la Paz Bolivia. 28 p.

Santos, R. L. B. 1996. Estudios iniciales para el cultivo de quínoa (*Chenopodium quínoa Willd*) en el Cerrado. Disertación (Maestría). Universidad de Chile, Facultad de Agronomía y Medicina Veterinaria, Brasilia, DF, 129p.

Santos, R. L. B.; Spehar, C. R.; Vivaldi, L. 2003. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) reacción a herbicida residual in a Brazilian Savannah soil. La investigación agropecuaria brasileña, Brasilia, DF, 38 (6): 771-776.

Secretaria de Seguridad Alimentaria y Nutricional - SESAN, 2013. Investigación sobre el Cultivo de la quinua o quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) p 36-40. Recuperado de: <http://www.sesan.gob.gt/index.php/descargas/26--6/file>

Spehar, C. R.; Rocha, J. E. S. 2009. Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the Brazilian savannah highlands. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 25 (4): 53-58.

Spehar, C. R.; Santos, R. L. B. 2005. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. *La investigación agropecuaria brasileña*, Brasilia, DF, 40 (69): 609-612.

Spehar, C. R.; Santos, R. L. B. 2007. Exigencia nutricional y fertilización. En: Spehar, C. R., *Quinoa: Alternativa para diversificación agrícola y alimentaria*, 1. edición, Planaltina, Embrapa Cerrados, p. 57-61.

Spehar, C.R., 2006. Adaptación de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para incrementar la diversidad agrícola y alimentaria en Brasil. *Cuadernos de Ciencia y Tecnología*, Brasilia, 23 (1): 41-62.

Szakiel, A Paczkowsky, C.; Henry, M. 2011. Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. *Phytochem Rev.* 10. p 471- 491.

Tapia, M. y Fries, A. 2007. *Guía de Campo de los cultivos Andinos*. FAO-Roma, ANPE-Lima. Primera Edición. 209 páginas.

Vargas-Huanca, D., Boada Junca, M., Araca Quispe, L., Vargas, W. y Vargas, R. (2016). Sostenibilidad de modos ancestrales de producción agrícola en el Perú: ¿conservar o sustituir? *Mundo Agrario*, p 17-23.

Villacres, E.; Peralta, E.; Egas, L.; Mazón, N. 2011. Potencial Agroindustrial de la quinoa. *Boletín Técnico N° 146 Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos*. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 32 p.

Wahli C. 1990. Quinoa. Hacia un cultivo comercial. Editorial Mariscal. Quito, Ecuador: Latinreco S. A. 206 p.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de planta de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	28.8	9.6	12.2	0.001
Tendí. Lineal	1	18.2	18.2	23.1	0.000
Tendí. Cuadrática	1	10.6	10.6	13.4	0.003
Tendí. Cúbica	1	0.0	0.0	0.0	0.941
Error	12	9.5	0.8		
Total	15	38.3	2.6		

Anexo 2. Análisis de variancia (ANOVA) de número de panojas de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	32.3	10.8	21.6	0.00004
Tendí. Lineal	1	29.0	29.0	58.3	0.00001
Tendí. Cuadrática	1	2.9	2.9	5.8	0.033
Tendí. Cúbica	1	0.4	0.4	0.7	0.409
Error	12	6.0	0.5		
Total	15	38.3	2.6		

Anexo 3. Análisis de variancia (ANOVA) de la altura de panoja de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	8.9	3.0	4.7	0.021
Tendí. Lineal	1	7.9	7.9	12.6	0.004
Tendí. Cuadrática	1	0.9	0.9	1.4	0.255
Tendí. Cúbica	1	0.1	0.1	0.1	0.741
Error	12	7.6	0.6		
Total	15	16.5	1.1		

Anexo 4. Análisis de variancia (ANOVA) del diámetro de tallo de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	41.0	13.7	18.2	0.0001
Tendí. Lineal	1	39.2	39.2	52.3	0.00001
Tendí. Cuadrática	1	0.0	0.0	0.0	1.000
Tendí. Cúbica	1	1.8	1.8	2.4	0.147
Error	12	9.0	0.8		
Total	15	50.0	3.3		

Anexo 5. Análisis de variancia (ANOVA) del tamaño de grano de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	0.0	0.0	0.6	0.647
Tend. Lineal	1	0.0	0.0	1.1	0.317
Tend. Cuadrática	1	0.0	0.0	0.3	0.571
Tend. Cúbica	1	0.0	0.0	0.3	0.611
Error	12	0.0	0.0		
Total	15	0.0	0.0		

Anexo 6. Análisis de variancia (ANOVA) del peso de 1000 granos de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	0.3	0.1	1.1	0.378
Tend. Lineal	1	0.2	0.2	2.4	0.144
Tend. Cuadrática	1	0.1	0.1	0.7	0.435
Tend. Cúbica	1	0.0	0.0	0.3	0.612
Error	12	0.9	0.1		
Total	15	1.2	0.1		

Anexo 7. Análisis de variancia (ANOVA) del rendimiento por tratamiento de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	63943.5	21314.5	6.3	0.008
Tend. Lineal	1	10811.3	10811.3	3.2	0.100
Tend. Cuadrática	1	44521.0	44521.0	13.1	0.004
Tend. Cúbica	1	8611.3	8611.3	2.5	0.138
Error	12	40894.5	3407.9		
Total	15	104838.0	6989.2		

Anexo 8. Análisis de variancia (ANOVA) del rendimiento por hectárea de (*Chenopodium quínoa* Willd.) en cuatro tratamientos de densidad de siembra, bajo condiciones de suelo arenoso.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F	P valor
Tratamientos	3	4092384.0	1364128.0	6.3	0.008
Tend. Lineal	1	691920.0	691920.0	3.2	0.100
Tend. Cuadrática	1	2849344.0	2849344.0	13.1	0.004
Tend. Cúbica	1	551120.0	551120.0	2.5	0.138
Error	12	2617248.0	218104.0		
Total	15	6709632.0	447308.8		

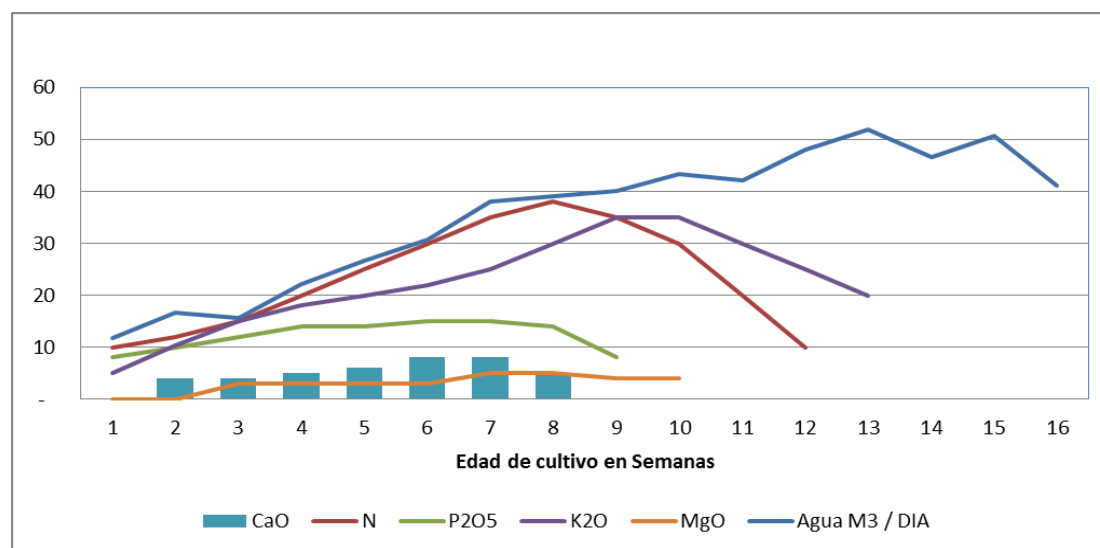
Anexo 9. Variables climáticas registradas durante el desarrollo del cultivo.

Semana Calendario 2016	Edad de Cultivo (semanas)	Temperatura Mínima °C	Temperatura Máxima °C	Humedad Relativa %	Evaporación mm (ETo)	Promedio Radiación Solar Wm2	Lluvia mm
Sem-13	-	20.0	31.0	67.0	5.3	479.2	-
Sem-14	1	18.1	28.1	70.2	5.3	518.0	0.6
Sem-15	2	17.3	26.5	75.1	5.0	511.2	-
Sem-16	3	18.0	27.0	69.4	4.7	441.8	0.2
Sem-17	4	19.2	27.7	73.2	5.0	493.2	0.1
Sem-18	5	20.1	27.5	73.4	4.8	394.5	-
Sem-19	6	21.0	27.0	75.7	4.6	342.6	-
Sem-20	7	20.3	26.7	73.9	4.9	390.9	-
Sem-21	8	20.4	26.5	76.0	4.4	367.3	-
Sem-22	9	19.4	25.6	76.1	4.0	365.3	-
Sem-23	10	20.3	25.8	75.3	3.9	309.6	-
Sem-24	11	19.5	25.0	79.2	3.8	265.1	-
Sem-25	12	19.8	25.1	71.6	3.6	342.7	-
Sem-26	13	19.2	25.8	74.2	3.9	398.6	-
Sem-27	14	17.4	23.9	77.0	3.5	346.6	-
Sem-28	15	16.6	23.2	78.8	3.8	435.6	-
Sem-29	16	16.3	23.0	78.3	3.7	423.9	-
Sem-30	17	15.9	22.0	70.4	3.0	357.4	-
Sem-31	18	15.9	23.2	74.5	3.5	438.5	-
Sem-32	19	15.9	23.2	79.7	3.7	432.6	-
Sem-33	20	15.7	22.3	80.1	3.3	397.1	-
Sem-34	21	15.8	22.0	79.5	2.8	320.3	-
Sem-35	22	16.1	22.9	79.4	3.9	454.4	-

Anexo 10. Cantidad de kilogramos de nutrientes por hectárea en el cultivo de quinua

Días de Cultivo	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	112	
Edad en Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	TOTAL
N	10	12	15	20	25	30	35	38	35	30	20	10					280
P ₂ O ₅	8	10	12	14	14	15	15	14	8								110
K ₂ O	5	10	15	18	20	22	25	30	35	35	30	25	20				290
CaO		4	4	5	6	8	8	5									40
MgO			3	3	3	3	5	5	4	4							30
Agua M3 / Día	12	17	16	22	27	31	38	39	40	43	42	48	52	47	51	41	
Agua M3 / Semana	83	117	109	155	187	215	267	274	280	303	296	336	364	327	355	288	3954

Anexo 11. Distribución de nutrientes y volumen de agua en el cultivo de quinua.



Anexo 12. Desinfección de la semilla con Homai a dosis de 30 g por kg de semilla



Anexo 13. Desahíje o raleo de la quinua



Anexo 14. Cosecha mecanizada de la quinua.

