

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd)
CON DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOS SISTEMAS DE
FERTILIZACIÓN EN CONDICIONES DE LA MOLINA”**

Presentado por:

DENISSE PATRICIA DEZA MONTOYA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2018

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) CON
DOS DENSIDADES DE SIEMBRA Y DOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EN
CONDICIONES DE LA MOLINA”**

Presentado por:

DENISSE PATRICIA DEZA MONTOYA

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos
PRESIDENTE

Dra. Luz Rayda Gómez Pando
PATROCINADORA

Mg. Sc. Enrique Alfonso Aguilar Castellanos
MIEMBRO

Dr. Sady Javier García Bendeزú
MIEMBRO

Lima – Perú

2018

*A Dios y a la Virgen Santísima María por concederme la vida y salud;
guiar mis pasos y darme la fuerza necesaria
ante las adversidades.*

*A mi abuelita querida María Dorlisca Gómez de Montoya (+),
quien fue mi mayor ejemplo de amor incondicional y
humildad. Tu recuerdo siempre vivirá en mi corazón...*

*A mis padres, Víctor y Yanett, pilares fundamentales en mi vida,
gracias por su amor, ejemplo, dedicación y comprensión.*

A mis hermanos Víctor y Manuel por su cariño y compañía.

A mi sobrina Lucía Alessandra por ser alegría en mi vida.

*A mi abuelito Ernesto, quien desde mis primeros años
me enseñó a cultivar el campo.*

*A la Dra. Luz Gómez, por la confianza depositada en mí, por
ser guía y ejemplo, por sus consejos en aspectos personales y
profesionales que encaminan mi día a día.*

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater la Universidad Nacional Agraria La Molina por ser forjadora en mi formación profesional.

Al Proyecto UNALM-VLIR (Consejo de Universidades Flamencas). Por la financiación para el desarrollo de la presente Tesis, a través de: SP Native Grains - Project 2: *“Development of Value Chains for Biodiversity Conservation and Improvement of Rural Livelihoods”*.

Al Organismo Internacional de Energía Atómica Por la financiación a través del Proyecto: *“Aumento del Rendimiento y del Potencial Comercial de los Cultivos de Importancia Económica”* (ARCAL CL).

A la Dra. Luz Rayda Gómez Pando, por patrocinar la presente tesis, por su apoyo, paciencia, tiempo y dedicación en el asesoramiento, ejecución y revisión del presente trabajo de investigación.

Al Mg. Sc. Enrique Alfonso Aguilar Castellanos, por las orientaciones y consejos dados durante y después de la revisión del documento.

Al Dr. Jorge Eduardo Jiménez Dávalos por su tiempo, dedicación y recomendaciones durante la revisión de la presente investigación.

Al Dr. Sady Javier García Bendezú por su tiempo, paciencia y sugerencias en la revisión de la presente investigación.

A la Ing. Martha Ibáñez Tremolada por su apoyo, sugerencias y por las facilidades brindadas para realizar los análisis de los caracteres de calidad.

Al Ing. José Santiago Falconi Palomino, por todas las enseñanzas dadas, sugerencias y por absolver mis dudas.

A la Sra. Ruth Paucar Cerda, por su apoyo y motivación durante y después de la ejecución de la presente investigación.

A los miembros del Programa de Cereales y Granos Nativos, mis buenos amigos y ex – compañeros de trabajo: Sr. Cesar, Sra. Carmen, Sr. Hugo, Sra. Juanita, Sr. Osvaldo, Sra. Erodita, Sr. William, Sra. Liliana y Sra. Marcelina por su apoyo y cariño.

A mi amigo Ángel Vera por brindarme su tiempo en la enseñanza de la interpretación de los resultados de la presente investigación.

Muchas gracias.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1	EL ORIGEN DE LA QUINUA.....	3
2.2	IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE QUINUA	3
2.3	VALOR NUTRITIVO DEL CULTIVO DE QUINUA.....	5
2.3.1	Proteínas	5
2.3.2	Vitaminas.....	5
2.3.3	Minerales	6
2.3.4	Grasas	6
2.3.5	Saponinas.....	6
2.4	CULTIVO DE LA QUINUA	7
2.4.1	Variedades de quinua.....	7
2.4.1	Clima y temperatura	7
2.4.2	Siembra y densidad en el cultivo de quinua	9
2.5	NITRÓGENO EN EL SUELO Y PLANTA	11
2.6	USO EFICIENTE DE NITRÓGENO.....	12
2.7	FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE LA QUINUA	13
2.8	FERTIRRIGACIÓN	15
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1	MATERIAL GENÉTICO.....	16
3.1.1	Variedad INIA Salcedo	16
3.1.2	Variedad INIA 420 – Negra Collana.....	16
3.1.3	Línea Mutante MQPas – 50.....	16
3.1.4	Línea Mutante LM 89-77	17
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	17
3.2.1	Fase de campo	17
3.2.2	Fase de laboratorio.....	17
3.3	ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO	18
3.3.1	Ubicación del campo experimental	18

3.4	ANÁLISIS DE SUELO	18
3.5	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA	19
3.6	MANEJO DEL CULTIVO	20
3.6.1	Siembra.....	20
3.6.2	Desahije	20
3.6.3	Purificación.....	21
3.6.4	Fertilización	21
3.6.5	Deshierbo.....	24
3.6.6	Aporque	24
3.6.7	Riego.....	24
3.6.8	Control sanitario	25
3.6.9	Cosecha.....	25
3.7	EVALUACIONES.....	25
3.7.1	En campo - Fase 1	25
3.7.2	En laboratorio - Fase 2.....	26
3.8	FACTORES EN ESTUDIO.....	29
3.8.1	Dotación de fertilización	29
3.8.2	Densidad poblacional	29
3.8.3	Material genético	29
3.9	CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	30
3.10	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
3.10.1	Factores por objetivos.....	31
3.10.2	Diseño experimental	31
3.10.3	Procesamiento de datos	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	33
4.1	CARACTERES AGRONÓMICOS.....	33
4.1.1	Rendimiento	33
4.1.2	Biomasa	35
4.1.3	Índice de cosecha.....	36
4.1.4	Altura de plantas.....	36
4.1.5	Número de días al 50 por ciento de floración.....	37

4.1.6	Número de días a la madurez	38
4.2	CARACTERES DE CALIDAD	40
4.2.1	Peso de mil granos	40
4.2.2	Granulometría.....	41
4.2.3	Contenido de proteína en grano.....	42
4.3	CARACTERES AGRONÓMICOS.....	44
4.3.1	Rendimiento	44
4.3.2	Biomasa	45
4.3.3	Altura de planta	46
4.3.4	Número de días al 50 por ciento de floración.....	47
4.3.5	Número de días a la madurez	47
4.4	CARACTERES DE CALIDAD	49
4.4.1	Peso de mil granos	49
4.4.2	Contenido de ceniza en granos	50
4.4.3	Contenido de proteína en grano.....	50
4.4.4	Granulometría.....	51
4.5	CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LA PLANTA	53
4.5.1	Contenido de nitrógeno en grano	53
4.5.2	Contenido de nitrógeno en inflorescencia	54
4.5.3	Contenido de nitrógeno en tallos y hojas	54
4.6	EFICIENCIA DE USO DE NITRÓGENO (EUN)	56
4.6.1	Eficiencia de uso de nitrógeno en rendimiento	56
4.6.2	Eficiencia de uso de nitrógeno en biomasa	57
4.7	ABSORCIÓN DE NITRÓGENO (NU)	59
4.7.1	Absorción de nitrógeno en rendimiento	60
4.7.2	Absorción de nitrógeno en biomasa	60
V.	CONCLUSIONES	63
VI.	RECOMENDACIONES	65
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	66
VIII.	ANEXOS	74

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Relación de variedades más sembradas de quinua en el Perú, características de calidad y zonas recomendadas de cultivo.....	8
Cuadro N° 2: Análisis de caracterización fisicoquímica de suelo.....	19
Cuadro N° 3: Valores promedio de los datos climatológicos: temperatura máxima y mínima, humedad relativa, heliofanía y evapotranspiración de referencia. Periodo Setiembre 2014 a Enero 2015.....	20
Cuadro N° 4: Fertilizantes para el fertiriego de cuatro genotipos de quinua en condiciones de La Molina.	21
Cuadro N° 5: Fertilizantes para la aplicación edáfica o convencional de cuatro genotipos de quinua en condiciones de La Molina.....	22
Cuadro N° 6: Programa para fertilización por fertiriego aplicado a los cuatro genotipos de quinua durante la campaña experimental	23
Cuadro N° 7 Programa para fertilización convencional (edáfica).....	24
Cuadro N° 8. Especificaciones técnicas de las cintas de riego empleadas en el campo experimental	24
Cuadro N° 9: Modelo aditivo lineal del ensayo	31
Cuadro N° 10: Cuadrados medios del ANVA COMBINADO de los caracteres agronómicos de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	39
Cuadro N° 11: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres agronómicos de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	39
Cuadro N° 12: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres agronómicos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en dos densidades de siembra y en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.	39
Cuadro N° 13: Cuadrados medios del ANVA combinado de los caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	43

Cuadro N° 14: Valores medios y prueba de Duncan de los caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	43
Cuadro N° 15: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres de calidad de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en dos densidades de siembra, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	43
Cuadro N° 16: Cuadrados medios de los caracteres agronómicos de cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos formas de dotación de nutrientes en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	48
Cuadro N° 17: Valores medios y prueba de Duncan de los caracteres agronómicos de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en promedio de dos formas de dotación de nutrientes en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	48
Cuadro N° 18: Valores medios y prueba de Duncan de los caracteres agronómicos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos formas de dotación de nutrientes, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.	48
Cuadro N° 19: Cuadrados medios de caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos formas de dotación de nutrientes, en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	52
Cuadro N° 20: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en promedio de dos formas de dotación de nutrientes, en condiciones de La Molina campaña 2014B.	52
Cuadro N° 21: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres de calidad en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos formas de dotación de nutrientes, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.	52
Cuadro N° 22: Cuadrados medios del contenido de N en grano, N en inflorescencia y N en tallos y hojas de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	55
Cuadro N° 23: Valores medios y prueba de Duncan del contenido de N en grano (%), N en inflorescencia (%) y N en tallos y hojas (%) de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en promedio de dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.	55
Cuadro N° 24: Valores medios y prueba de Duncan del contenido de N en grano (%), N en inflorescencia (%) y N en tallos y hojas (%) de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos	

dotaciones de fertilización, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.	56
Cuadro N° 25: Cuadrados medios de la eficiencia de uso de nitrógeno en rendimiento de grano y de biomasa de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	58
Cuadro N° 26: Valores medios y prueba de Duncan de la eficiencia de uso de nitrógeno de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en promedio de dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	59
Cuadro N° 27: Valores medios y prueba de Duncan del contenido de eficiencia de uso fertilización, en promedio de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos dotaciones de fertilización, en condiciones de La Molina campaña 2014B.	59
Cuadro N° 28: Cuadrados medios la absorción de nitrógeno de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.	62
Cuadro N° 29: Valores medios y prueba de Duncan de la absorción de N de cuatro genotipos de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) en promedio de dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.....	62
Cuadro N° 30: Valores medios y prueba de Duncan de la absorción de N en grano de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) con dos dotaciones de fertilización, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1: Programación de riego campaña setiembre 2014 a enero 2015.....	74
ANEXO N° 2: Randomizacion detallada del experimento realizado durante la campaña setiembre 2014 a enero 2015	75

RESUMEN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un grano nativo considerado importante por su valor nutritivo y agronómico y su capacidad de tolerar diferentes estreses bióticos y abióticos. La revaloración de la quinua y la creciente demanda del mercado nacional e internacional promovieron su cultivo en nuevas zonas de producción de las yungas y costa peruana. Por lo que es necesario desarrollar guías de cultivo apropiadas para promover su producción sustentable. En base a lo anteriormente señalado, se planteó la siguiente investigación que tiene como objetivos: (1) determinar el efecto de dos densidades poblacionales, con aplicación edáfica de fertilización, en caracteres agronómicos y de calidad de cuatro genotipos de quinua, (2) determinar el efecto de dos sistemas de aplicación de fertilizantes, con riego por goteo, en el comportamiento de cuatro genotipos de quinua y (3) evaluar la eficiencia de uso de nitrógeno en diferentes sistemas de fertilización de cuatro genotipos de quinua. El experimento se llevó a cabo en el P.I.P.S en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú, entre los meses de setiembre 2014 a enero 2015. Tuvo como factores de estudio al material genético que fueron dos variedades comerciales (INIA Salcedo y INIA 420–Negra Ccollana) y dos líneas mutantes avanzadas (MQPas–50 y LM 89–77); dos densidades poblacionales (1 y 2 hileras/surco) y dos sistemas de aplicación de fertilizantes (fertiriego y edáfico). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de factores, en función a los objetivos planteados en la presente investigación. Los resultados indican que ambas densidades poblacionales tuvieron efecto similar sobre los caracteres agronómicos y de calidad estudiados en la presente investigación. El genotipo LM 89-77 presentó el mayor rendimiento promedio en las dos densidades (4699.2 kg/ha). Los sistemas de fertilización (edáfico y fertiriego) tuvieron efectos similares en los caracteres evaluados. Se observó diferencias en el contenido de cenizas de los granos, en el sistema edáfico se alcanzó un valor igual a 3.63 g/100g y en el sistema por fertiriego un valor igual a 2.79 g/100g. Para la eficiencia de uso de nitrógeno se observó diferencias estadísticas, presentando un valor mayor el genotipo LM 89-77 con 46.02 kg de grano/kg de N aplicado. Se presentó diferencias significativas para absorción de nitrógeno para el carácter biomasa. A nivel del sistema de fertilización, la aplicación edáfica o convencional alcanzó un mayor valor promedio igual a 60.12 kg/ha con respecto a la de fertiriego con un valor de 54.79 kg/ha. El genotipo LM 89-77 presentó la mayor absorción media de nitrógeno tanto en grano como en biomasa, con valores de 96.07 y 77.47 kg/ha; respectivamente. Puede concluirse que LM 89-77 es un genotipo de alta eficiencia de uso de nitrógeno indistintamente de la densidad de siembra y del sistema de fertilización empleado en la presente investigación.

Palabras Clave: *Chenopodium quinoa*, densidad poblacional, fertilización, genotipos, eficiencia de uso de nitrógeno.

ABSTRACT

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) is a native grain considered important for its nutritional and agronomic values and its ability to tolerate different biotic and abiotic stresses. The revaloration of quinoa and the growing demand of the national and international market promoted the extension of its cultivation in the new production areas of the yungas and the Peruvian coast. Therefore, it is necessary to develop appropriate cultivation guides using appropriate technologies to promote its sustainable production. Based on the aforementioned, the following research was proposed, which aims to: (1) to determine the effect of two population densities with edaphic application of fertilization in agronomic characters and quality of four quinoa genotypes (2) to determine the effect of two fertilizer application systems with drip irrigation in four quinoa genotypes (3) to evaluate the nitrogen use efficiency in different fertilization systems of four quinoa genotypes. The experiment was carried out in the PIPS in Native Cereals and Grains of the National Agrarian University La Molina, Lima - Peru, between the months of September 2014 to January 2015. It had as factors of study the genetic material composed by two commercial varieties (INIA Salcedo and INIA 420-Black Ccollana) and two advanced mutant lines (MQPas-50 and LM 89-77); two population densities (1 and 2 rows/furrow) and two fertilizer application systems (fertiriego and edaphic). A randomized complete block design (DBCA) with a factorial factor arrangement, according to the objectives set out in the present investigation was used. The results indicate that both population densities had a similar effect on the agronomic and quality traits studied in the present investigation. The genotype LM 89-77 presented the highest average yield in the two densities (4699.2 kg/ha). The fertilization systems (edaphic and fertiriego) had similar effects on the characters evaluated. Differences were observed in the ash content of the grains, in the edaphic system a value equal to 3.63 g/100g was reached and in the system by fertigation a value equal to 2.79 g/100g. For the efficiency of nitrogen use, statistical differences were observed, with a higher value for the LM 89-77 genotype with 46.02 kg of grain/kg of applied N. There were significant differences for nitrogen absorption for the biomass character. At the level of fertilization system, the edaphic or conventional application system reached a higher average value equal to 60.12 kg/ha with respect to fertigation with a value of 54.79 kg/ha. The genotype LM 89-77 presented the highest mean nitrogen absorption in both grain and biomass, with values of 96.07 and 77.47 kg/ha; respectively. It can be concluded that LM 89-77 is a genotype of high efficiency of nitrogen use indistinctly of the density of seed and the fertilization system used in the present investigation.

Keywords: *Chenopodium quinoa*, population density, fertilization, genotypes, nitrogen use efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe un gran interés en el estudio y explotación de los cultivos andinos; sobre todo en la producción de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) debido a su alto valor nutritivo, agronómico, económico y adaptación a condiciones ambientales extremas; aspectos que los convierten en especies alimenticias importantes para enfrentar el cambio climático y el crecimiento continuo de la población.

El cultivo de la quinua se ha realizado tradicionalmente en las zonas andinas del Perú, sin embargo, en la última década el cultivo se extendió a las regiones de las yungas y a la costa; con el objeto de incrementar en forma significativa la producción para responder a la gran demanda nacional e internacional.

La costa peruana resulta una opción interesante por sus condiciones climáticas, buena infraestructura agrícola y cercanía a los mercados. Sin embargo, para un cultivo sustentable en esta región se requieren tecnologías de cultivo apropiadas considerando aspectos como: (1) tipo de siembra, (2) densidad, (3) tipo de riego, (4) variedades mejoradas, (5) épocas de siembra, (6) fertilización y (7) manejo de plagas y enfermedades y (8) cosecha y post cosecha.

En base a lo anteriormente expuesto es necesario realizar investigaciones tendientes a contribuir al desarrollo de tecnologías que permitan incrementar los rendimientos y la calidad de la quinua producida en la costa peruana y de esa forma ofrecer nuevas alternativas de cultivo, con una especie reconocida por su tolerancia a la sequía y a las sales; problemas en la costa que se vienen acentuando con el cambio climático.

En base a lo anteriormente señalado se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general

- Contribuir a desarrollar una(s) guía(s) de cultivo de quinua en condiciones de La Molina - Costa Central.

Objetivos específicos

- (1) Determinar el efecto de dos densidades poblacionales, con aplicación edáfica de fertilización, en caracteres agronómicos y de calidad de cuatro genotipos de quinua
- (2) Determinar el efecto de dos sistemas de aplicación de fertilizantes, con riego por goteo, en el comportamiento de cuatro genotipos de quinua
- (3) Evaluar la eficiencia de uso de nitrógeno, en diferentes sistemas de fertilización, de cuatro genotipos de quinua

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 EL ORIGEN DE LA QUINUA

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es una especie anual originaria de América del Sur. Fue domesticada en los países andinos hace 5000 años; generaciones de agricultores estuvieron involucradas en la selección de quinua, lo que explica la gran diversidad genética encontrada en la actualidad (Lumbreras *et al.*, 2008; Bazile *et al.*, 2016).

La quinua tiene como centro de origen la región ubicada alrededor del lago Titicaca, entre Cuzco (Perú) y el lago Poopó (Bolivia), en estas zonas se encuentra la mayor variación genética tanto de plantas cultivadas como de especies silvestres (Gandarillas, 1968; Mujica *et al.*, 2001; León, 2003).

Durante siglos de abandono, el potencial de la quinua fue redescubierto durante la segunda mitad del siglo XX, lo que conduce a un renacimiento de su producción (Repo-Carrasco *et al.*, 2003 citado por Bazile *et al.*, 2016). Desde entonces, el número de países importadores y nuevos productores fuera de los países andinos de quinua se han incrementado en forma significativa.

2.2 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE QUINUA

Gómez y Eguiluz (2012) mencionan que existen evidencias de que la quinua, junto con el maíz, la papa, otras tuberosas y raíces fueron alimentos principales de los pobladores del Perú antes de la conquista española. Con la introducción de cultivos como los cereales (trigo, cebada y avena) y leguminosas (arvejas y habas) y otros, la superficie cultivada de la quinua se redujo notablemente.

Después de la conquista española, la quinua fue rechazada por ser considerada una comida india, pero nunca desapareció a pesar de la introducción de especies del viejo mundo (Bazile *et al.*, 2016).

Elmer (1942) citado por Bazile *et al.*, (2016) indica que el interés de los investigadores extranjeros conllevó a realizar el primer experimento fuera de los andes, realizado en 1935 en Kenia donde se utilizó la semilla de quinua de color crema, obtenida del Jardín Real Botánico de Kew en Reino Unido. El interés en realizar el experimento fue la respuesta de la quinua a deficiencias nutricionales, tolerancia a la salinidad y crecimiento respecto a la temperatura (Bazile *et al.*, 2016).

Dado el gran potencial de la quinua, Bazile *et al.*, (2015) señala que otros países se interesaron por el cultivo y se dio la introducción de la misma en el Reino Unido (1983), Dinamarca (1984), el Tíbet (1984), India (1985), Países Bajos (1986), China (1988), Brasil y Cuba (1989).

En la actualidad la quinua es cultivada en 95 países del mundo Bazile (2015) citado por Bazile *et al.*, 2016. La rápida expansión global del área cultivada permite observar un cambio en la percepción y la representación de la quinua, como un cultivo de gran importancia y potencial; los principales productores de quinua en el mundo son Perú y Bolivia, estos dos países producen más del 80 por ciento de la quinua en el mundo seguido por Ecuador, Estados Unidos, China, Chile, Argentina, Francia y Canadá, que en conjunto representan el 15-20 por ciento de la producción mundial (Bazile *et al.*, 2016).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), así como la Organización Mundial de la Salud (OMS), han calificado a la quinua como un alimento único, por su altísimo valor nutricional que le permite sustituir las proteínas de origen animal, además por su contenido balanceado en proteínas y nutrientes más cercano al ideal para el ser humano que cualquier otro alimento (MINAGRI, 2013).

La quinua ha sido seleccionada por la FAO como uno de los cultivos destinados a la seguridad alimentaria en el siglo XXI (Jacobsen, 2003 citado por Stikic *et al.*, 2011).

Gómez y Aguilar (2013) indican que la quinua es un cultivo muy importante de la sierra del Perú. La importancia radica en el valor nutritivo y capacidad para desarrollarse en condiciones adversas de clima y suelo. La quinua proporciona almidones, proteínas, minerales, vitaminas y fibras de calidad para la alimentación. Destaca principalmente la calidad de su proteína, que ofrece los aminoácidos esenciales, necesarios en la etapa de crecimiento.

2.3 VALOR NUTRITIVO DEL CULTIVO DE QUINUA

La quinua tiene un alto valor nutricional, ya que es rica en proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, y está compuesta de aminoácidos esenciales (Navruz - Varli y Sanlier, 2016).

El valor nutritivo de las semillas de quinua se debe principalmente al alto valor biológico de sus proteínas y a su amplia gama de minerales y vitaminas (Fleming y Galwey, 1995 citados por Stikic *et al.*, 2011).

2.3.1 Proteínas

El contenido de proteína en la materia seca de las semillas de quinua varía entre 13.8 por ciento y el 16 por ciento; sin embargo, se ha informado como 15 por ciento en promedio. El contenido de proteína total de quinua es mayor que la de arroz, cebada, maíz, centeno y sorgo, y está cerca de trigo (USDA, 2015 citado por Navruz - Varli y Sanlier, 2016).

Gómez y Eguiluz (2012), evaluando más de 900 accesiones de la colección peruana indican que el contenido de proteína de las semillas de quinua varía entre 14-22 por ciento.

Sin embargo, la ventaja nutricional más importante de la quinua es la composición de aminoácidos esenciales, especialmente en el contenido de lisina. La lisina es uno de los aminoácidos más escasos en los alimentos de origen vegetal y su proporción en la quinua casi duplica la contenida en los cereales (Repo *et al.*, 2003).

2.3.2 Vitaminas

Las semillas de quinua contienen piridoxina (B6), riboflavina y ácido fólico en altas concentraciones, niveles que son más altos que la mayoría de granos como trigo, avena, cebada, centeno, arroz y maíz. Además, es una excelente fuente de vitamina E en una cantidad superior a la de trigo (Abugoch James, 2009; FAO, 2013; Alvarez-Jubete *et al.*, 2010 citados por Navruz - Varli y Sanlier, 2016).

2.3.3 Minerales

El contenido de cenizas en la quinua es 3,4 por ciento y es mayor que la de arroz (0.5 por ciento), trigo (1.8 por ciento), y la mayoría de otros granos, por lo tanto, las semillas de quinua contienen grandes cantidades de minerales (Navruz – Varli y Sanlier, 2016).

La quinua es una buena fuente de hierro, magnesio y zinc si se compara con las recomendaciones relativas al consumo diario de minerales. La falta de hierro suele ser una de las deficiencias nutricionales más comunes (FAO, 2013).

2.3.4 Grasas

Las grasas son una importante fuente de calorías y facilitan la absorción de vitaminas liposolubles. Debido a la calidad y cantidad de su fracción lipídica, la quinua es considerada como una semilla oleosa. El contenido de aceite es 7.0 por ciento y es mayor al del maíz 4.7 por ciento y menos que el de la soja 19.0 por ciento (Navruz y Sanlier, 2016).

Del contenido total de materias grasas de la quinua, más del 50 por ciento viene de los ácidos grasos poliinsaturados esenciales linoleico (omega 6) y linolénico (omega 3). Los ácidos linoleico y linolénico se consideran ácidos grasos esenciales, ya que no los puede producir el cuerpo. Se ha demostrado que los ácidos grasos de la quinua mantienen la calidad debido al alto valor natural de la vitamina E, que actúa como antioxidante natural (FAO, 2013).

2.3.5 Saponinas

La quinua del mismo modo que todos los alimentos vegetales, contiene algunos componentes no nutritivos que pueden reducir el contenido y la absorción de sustancias nutritivas. Las más notables son sus saponinas, que se encuentran en la capa exterior de la semilla de la quinua y normalmente se extraen durante su procesado para eliminar el sabor amargo (FAO, 2013).

Gómez y Eguiluz (2012) indican que las saponinas les confieren el sabor amargo a los granos de la quinua. Son compuestos químicos del tipo esterol o triterpenoide que forman espuma al ser lavados con agua. Los niveles de saponinas son variables encontrándose desde quinuas dulces hasta quinuas muy amargas.

2.4 CULTIVO DE LA QUINUA

El cultivo de quinua en la mayor parte de la sierra del Perú se realiza en forma tradicional y con tecnología media a baja y su cultivo en las yungas y costa se ha conducido empleando tecnología media a alta. A continuación, se describen algunos aspectos del cultivo relacionados con el tema de la investigación.

2.4.1 Variedades de quinua

Uno de los aspectos importantes a considerar en el proceso de cultivo de la quinua es la elección de la variedad; especialmente considerando aspectos relacionados a su adaptación, potencial de rendimiento, su respuesta a enfermedades y factores climáticos, su calidad y su demanda en el mercado; entre otras características. El Cuadro 1 presenta la relación de las variedades más importantes de quinua para el Perú; listadas en el catálogo de variedades del INIA (2013).

2.4.1 Clima y temperatura

La quinua por su alta variabilidad genética, se adapta a diferentes climas, desde aquellos calurosos y secos como el clima de la costa desértica, a aquellos templados lluviosos o secos de los valles interandinos y aquellos fríos y lluviosos o secos de la sierra alta y el altiplano. Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25 °C. Puede tolerar las heladas y temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta la formación del grano pastoso. Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta, dando lugar a esterilidad o granos inmaduros, arrugados o de bajo peso; dependiendo el momento en que se produce el estrés de temperatura (Gómez y Aguilar, 2013).

Cuadro N° 1: Relación de variedades más sembradas de quinua en el Perú, características de calidad y zonas recomendadas de cultivo.

Nombre	Contenido de saponina	Color de grano		Tamaño	Región recomendada
		Pericarpio (capa fruto)	Epispermo (capa semilla)		
INIA 431- Altiplano	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano y costa
INIA 427- Amarilla Sacaca	Amarga	Amarilla	Blanca	Grande	Valles interandinos
INIA 420- Negra Collana	Dulce	Gris	Negra	Pequeña	Altiplano, valles interandinos y costa
INIA 415 Pasankalla	Dulce	Gris	Roja	Mediana	Altiplano, valles interandinos y costa
Illpa INIA	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano
Salcedo INIA	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano, valles interandinos y costa
Qillahuaman INIA	Semidulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Ayacuchana INIA	Semidulce	Crema	Blanca	Pequeña	Valles interandinos
Amarilla Marangani	Amarga	Naranja	Blanca	Grande	Valles interandinos
Blanca de Juli	Semidulce	Crema	Blanca	Pequeña	Altiplano
Blanca de Junín	Semidulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos y costa
Cheweca	Semidulce	Crema	Blanca	Mediana	Altiplano
Huacariz	Semidulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Hualhuas	Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Huancayo	Semidulce	Crema	Crean	Mediana	Valles interandinos
Kankolla	Semidulce	Crema	Blanca	Mediana	Altiplano
Mantaro	Dulce	Crema	Crema	Mediana	Valles interandinos
Rosada de Junín	Semidulce	Crema	Blanca	Pequeña	Valles interandinos
Rosada Taraco	Amarga	Crema	Blanca	Pequeña	Altiplano
Rosada de Yanamango	Semidulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos

Fuente: Catálogo de variedades de quinua - INIA, 2013

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

2.4.2 Siembra y densidad en el cultivo de quinua

2.4.2.1 Época de siembra

La época de siembra está en función de las condiciones climáticas (precipitación y temperatura), que varía de zona a zona, y de las características de la variedad (precozes, intermedias y tardías), que presenta las fases vegetativa y reproductiva; es muy importante tener en cuenta el tiempo que dura la fase vegetativa, porque es el periodo en que las plantas forman sus órganos (raíces, tallos, hojas, botón floral) por lo tanto necesita de nutrientes, agua, luz, labores culturales apropiadas y control fitosanitario, que determinan la productividad. Por regla general, cuanto más tiempo dure la fase vegetativa se obtendrá mayor producción y semilla de mejor calidad; por eso las variedades tardías siempre tienen mejores rendimientos (Marca, 2001).

Aguilar (2001) menciona que la época de siembra es uno de los factores determinantes del éxito de la producción de quinua y están condicionadas por la disponibilidad de humedad del suelo que, en la sierra, depende directamente de las lluvias que se presentan ya sea en forma adelantada o retrasada. Tanto Aguilar (2001) y Marca (2001) señalan que para las variedades tardías o de periodo de vegetación larga se requieren de condiciones adecuadas y precipitaciones pluviales tempranas o riego.

2.4.2.2 Método de siembra

Aguilar (2001) indica que la siembra se puede realizar en tres formas: voleo, realizada en condiciones muy especiales, es decir, cuando la humedad del suelo es suficiente y sin problemas de inundación, cuando no se dispone de herramientas para realizar hileras o surcos, también se realiza cuando el terreno está acondicionado en infraestructura de waru waru, con terraplenes muy angostos que no permiten laboreo con herramientas. Sin embargo, Mujica *et al.*, (2001) no recomiendan la siembra al voleo, la cual está siendo desestimada en los últimos años por los problemas agronómicos que presenta, como dificultad de las labores culturales,

empleo de mayor cantidad de semillas y poca uniformidad en la germinación. En la costa se sugiere la siembra en hileras distanciadas de 30 a 50 cm. En surco, tercera forma de la siembra de quinua, muy similar a la anterior, con la diferencia de que los surcos son más anchos y profundos, mayores a los 70 cm. La ventaja de estos surcos es que se logra mejor aireación del suelo en épocas de estiaje, muy común en los primeros estados fenológicos de la planta para evitar el desecamiento, como también en suelos con problemas de drenaje o de anegamiento. La siembra en surco es la más adecuada y utilizada porque facilita realizar las labores agrícolas en forma eficiente, en menor tiempo y a bajo costo (Marca, 2001)

2.4.2.3 Densidad de siembra

De acuerdo al tamaño de la semilla, tipo de siembra y agroecosistema, la densidad de siembra puede variar de 8-15 kg/ha. Una mayor cantidad de semillas es usada en variedades de semillas grandes (diámetro mayor a 2 mm), mientras que menores cantidades son usadas para semillas de tamaño pequeño y para la siembra en surcos o en terrenos con pendiente (Aguilar y Jacobsen, 2003). Mayores densidades o un alto número de plantas por área dan como resultado plantas pequeñas, raquílicas y con rendimientos bajos, mientras un menor número de plantas por área significa plantas vigorosas ramificadas, que muchas veces no llegan a madurar por que se encuentran fuera del periodo vegetativo debido a la presencia de las primeras heladas, y más aún favorece el establecimiento rápido de las malezas en el campo. En todo caso, es recomendable un distanciamiento entre plantas de 0.08 a 0.10 m, que significa 15 a 20 plantas por metro lineal, con tendencia a mayor producción del grano (Mujica, 1977 citado por Aguilar 2001)

Marca (2001) menciona que el principal propósito de la densidad de siembra es lograr una población adecuada de plantas que tengan un crecimiento y desarrollo vigoroso, por ello las densidades de siembra recomendadas para producción de semilla son menores a aquellas recomendadas para producción comercial. Las densidades de siembra dependen de la calidad fisiológica de la semilla cuyo porcentaje de germinación debe alcanzar a 98 por ciento y en todo caso no menor de 85 por ciento. Con esta información, los semilleros de quinua se pueden instalar con 10 y 12 kg/ha.

Para la siembra directa de quinua, Mujica *et al.*, (2001) recomiendan utilizar 10 kg/ha de semilla en surcos distanciados de 0.40 a 0.80 m, dependiendo de la variedad a usar.

2.5 NITRÓGENO EN EL SUELO Y PLANTA

En el suelo se pueden distinguir dos grandes grupos de compuestos nitrogenados: N-inorgánico y N-orgánico. Las formas más importantes están en el estado gaseoso y en forma iónica, en la solución del suelo y pueden difundirse libremente, ellas son: amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) y nitrito (NO_2^-). Los niveles de nitrato en la solución del suelo varían, pudiendo encontrarse valores entre 20 y 60 ppm de N-NO_3^- , mientras que las cifras para el NH_4^+ son usualmente mucho menores, excepto en suelos inundados después de la aplicación de urea (Quevedo y Villagarcía, 1986 citados por Sánchez, 2015).

Celaya y Michel (2011) indican que el suelo de zonas áridas y semiáridas es típicamente bajo en materia orgánica por la escasa cubierta vegetal y limitada productividad; por lo que se reconoce al nitrógeno como limitante para la productividad de las plantas en esos ecosistemas. El escaso nitrógeno contenido en la materia orgánica de zonas áridas y semiáridas se transforma a compuestos inorgánicos vía los procesos de mineralización, que lo vuelven disponible para las plantas (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

El nitrógeno es uno de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas y es el motor de su crecimiento (Fassbender, 1993). El nitrógeno está asociado en forma directa al carbono en función de la relación C/N. Esta relación en condiciones de suelo normal tiene un valor entre 10 y 20.

El N es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO_3^-) o de amonio (NH_4^+). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también para la absorción de los otros nutrientes (FAO, 2002).

En la planta, el nitrógeno se distribuye en tres grupos: más del 50 por ciento se halla en compuestos de elevado peso molecular (proteínas y ácidos nucleicos); el resto, en forma de nitrógeno orgánico soluble (aminoácidos, amidas y aminas) y nitrógeno inorgánico (principalmente iones nitrato y amonio). Su contenido total del peso seco de la planta oscila entre el 1.5 y 5 por ciento (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Una deficiencia de nitrógeno se traduce en una clorosis de las hojas maduras que llegan a tornarse amarillentas y se desprenden. Las plantas responden de varias maneras a suministros altos o bajos de nitrógeno. La sobreabundancia de nitrógeno causa con frecuencia una gran proliferación de tallos y hojas, pero determinar una reducción de frutos en plantas de cultivo (Bidwell, 1979).

Boareto *et al.* (2007), mencionan que el nitrógeno entra en contacto con las raíces de las plantas por flujo de masa, lo que indica que el agua es fundamental para que el nutriente sea adecuadamente absorbido y exista eficiente respuesta a la aplicación de nitrógeno.

2.6 USO EFICIENTE DE NITRÓGENO

Existen diferentes definiciones y perspectivas para determinar el uso eficiente de nitrógeno (EUN) y sus componentes.

Boareto *et al.*, (2007) define el uso eficiente de nitrógeno (EUN), como la ganancia medida en producción de grano por unidad de nutriente aplicado. La eficiencia de uso de nitrógeno se puede expresar como: (1) eficiencia interna de utilización de nitrógeno: kg de producción por kg de nitrógeno absorbido, (2) factor parcial de productividad: kg de producto cosechado por kg de nitrógeno aplicado, (3) eficiencia fisiológica: kg de aumento de producción por kg de aumento en la absorción de nitrógeno, (4) eficiencia agronómica: kg de aumento en la producción por kg de nitrógeno aplicado, (5) eficiencia aparente de recuperación: kg de aumento de la absorción de nitrógeno por kg de nitrógeno aplicado.

Dawson *et al.* (2008) citado por Sánchez (2015) señalan que la definición y componentes de EUN en cultivos anuales de grano dan énfasis en el rendimiento de grano y proteína. Aunque la terminología es diferente, hay similitudes claras entre la definición de EUN en los sistemas agrícolas y en los ecosistemas naturales. En los ecosistemas naturales se hace hincapié en la biomasa total, mientras que en los sistemas agrícolas en la biomasa cosechada (granos o rendimiento de forraje).

Verhulst (2015) establece que la EUN es la proporción de rendimiento del grano por unidad de nitrógeno disponible en el suelo, incluido el nitrógeno del suelo residual presente y el

fertilizante nitrogenado. La EUN es una función de la estructura edáfica, condiciones climáticas, interacciones entre el suelo y procesos bacterianos y la naturaleza de las fuentes de nitrógeno orgánicas e inorgánicas.

Raun *et al.*, (2003) indican que la eficiencia de uso del nitrógeno en los cereales es cerca de 33 por ciento; mientras que el 67 por ciento restante se pierde entre otros en procesos de volatilización de la superficie, la desnitrificación, la lixiviación y la escorrentía.

Fageria y Baligar (2005) citados por Sánchez (2015) muestran que la recuperación de nitrógeno para la mayoría de los cultivos es menor que 50 por ciento.

Dobermann (2005) citado por Sánchez (2015) señala que la eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) en cereales es de 40 -70 kg de grano/kg de nitrógeno aplicado y mayor a 70 kg/ha bajo una gestión óptima de manejo.

Sánchez (2015) encuentra para líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) cultivadas en condiciones de La Molina un rango en la eficiencia de uso de nitrógeno de 18.3 a 53.06 por ciento, de 11.32 a 64.29 kg de aumento en la producción por kg de aumento en la absorción de N y de 1.21 a 35.64 kg de grano por kg de N aplicado.

2.7 FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE LA QUINUA

Los agricultores en el altiplano generalmente no aplicaban fertilizantes, y el cultivo de la quinua sobrevivía con los residuos de materia orgánica o de la fertilización del cultivo anterior, que usualmente era papa (Aguilar y Jacobsen, 2003). Sin embargo, la quinua tiene una buena respuesta a la fertilización nitrogenada y fosforada, en una cantidad de 80 kg/ha de N y P (Mujica, 1977; citado por Aguilar y Jacobsen, 2003).

Mujica *et al.*, (2001) señalan que, para la zona andina, la rotación papa – quinua es recomendable por los remanentes de nutrientes empleados en el cultivo de la papa; debido a la descomposición lenta del estiércol y las preferencias nutricionales de la papa, sin embargo, sugiere un abono complementario. Por otro lado, en la rotación con una gramínea (maíz o trigo en costa; cebada o avena en la sierra), es necesario utilizar 3 toneladas/hectárea de materia orgánica y una fertilización en promedio parecida a la fórmula 80-40-00, lo que

equivale a 174 kg/ha de urea de 46 por ciento y 88 kg/ha de superfosfato triple de calcio de 46 por ciento. No se recomienda potasio por la gran disponibilidad en los suelos de los andes, y en general de Sudamérica debido a las arcillas que retienen potasio.

En la costa, la materia orgánica y los nutrientes son escasos especialmente en suelos arenosos; considerando los niveles de disponibilidad de nutrientes se recomienda una fórmula de fertilización de 240-200-80, equivalente a 523 kg/ha de urea de 46 por ciento, 435 kg/ha de superfosfato triple de calcio de 46 por ciento y 134 kg/ha de cloruro de potasio de 60 por ciento. Además, aplicar estiércol, compost, humus o materia orgánica en cantidades disponibles (Mujica *et al.*, 2001).

En la sierra, de acuerdo a Mujica *et al.*, (2001), la fuente de nitrógeno se aplica fraccionada en dos partes, la mitad a la siembra y la otra después del primer deshierbo y junto al aporque; mientras que en la costa se recomienda fraccionar en tres partes, una a la siembra, otra al deshierbo y la última en la floración. De este modo se permite un mejor aprovechamiento del nitrógeno, evitando las pérdidas por lixiviación y volatilización por altas temperaturas. El fósforo y el potasio se aplican el 100 por ciento a la siembra.

Gómez y Aguilar (2013) indican que la quinua al igual que cualquier cultivo, como la papa, el maíz y otros, requiere nutrientes para su desarrollo y estos deben ser proporcionados adecuadamente para lograr aumentar los rendimientos por hectárea. Para determinar la dosis se puede utilizar el análisis de suelo hecho en el laboratorio y el historial del campo (nutrientes aplicados durante los últimos cinco años). Se recomienda aplicar después de haber sembrado papa: 60 de nitrógeno, 40 de fósforo y 00 a 20 de potasio; después de cereales: 100 de nitrógeno, 80 de fósforo y 40 de potasio; después de leguminosas: 40 de nitrógeno, 40 de fósforo y 00 a 20 de potasio.

Gómez y Aguilar (2013) mencionan que es importante considerar el potencial de rendimiento de las variedades para determinar la cantidad de nitrógeno a aplicar por hectárea. Si la variedad es muy rendidora requerirá mayor cantidad de nitrógeno. El nitrógeno debe ser aplicado en dos partes. Una parte se aplica en la siembra y la otra parte durante el aporque. La segunda aplicación debe ser realizada después de una lluvia o después de un riego para favorecer la absorción de nitrógeno.

2.8 FERTIRRIGACIÓN

Sánchez (2000) indica que la fertirrigación es el término utilizado para describir el proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua de riego. Este método es un componente de los modernos sistemas de riego a presión como; aspersión, micro aspersión, pivote central, goteo, exudación, etc. Con esta técnica, se puede controlar fácilmente la parcialización, la dosis, la concentración y la relación de fertilizantes.

Es importante resaltar que independientemente del sistema de irrigación utilizando en la fertirrigación, los nutrientes son aplicados diluidos en el agua de riego con el fin de infiltrarlo en el suelo, predominando la absorción radicular y no la foliar. En ese sentido, el conocimiento del comportamiento de los nutrientes en el suelo con relación a su movilidad y la exigencia del cultivo durante su ciclo, son factores importantes a considerar en el manejo de los fertilizantes.

Cadahia (2005) menciona que las ventajas del sistema de fertirrigación son: (1) dosificación racional de fertilizantes, (2) ahorro considerable de agua, (3) utilización de agua de riego de baja calidad, (4) nutrición optimizada y aumento de rendimientos, (5) control de la contaminación, (6) mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes y (7) utilización de diversos tipos de fertilizantes: simples, complejos cristalinos y disoluciones concentradas.

INIA - Intihuasi (1998) señala que en el sistema de fertirrigación el proceso comienza en el cabezal, en donde se mezcla los fertilizantes y el agua de riego. La solución formada por agua y algún fertilizante se prepara en un balde, esta recibe el nombre de solución madre y es inyectada al sistema de riego. La mezcla de agua y solución madre recibe el nombre de solución fertilizante y es la que circula por las tuberías. Posteriormente la solución es localizada en el suelo muy cerca de las raíces, la cual da lugar a otra solución, llamada solución suelo, que es la que alimenta a la planta.

Cadahia (2005) indica que para conseguir que la planta tome los nutrientes de forma óptima es necesario que éstos se encuentren en concentraciones y relaciones adecuadas en la disolución fertilizante.

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL GENÉTICO

3.1.1 Variedad INIA Salcedo

Seleccionada en la estación experimental de Patacamaya. Introducida en Puno en 1989. Es de grano grande de 1.8 a 2 mm de diámetro de color blanco, panoja glomerulada. El periodo vegetativo es de 160 días (precoz), rendimiento 2500 kg/ha, resistente a heladas (-2°C), tolerante al mildiu. Se recomienda su cultivo en la zona circunlacustre (León, 2003).

3.1.2 Variedad INIA 420 – Negra Collana

Fue liberada en Puno 2008. Posee tipo de crecimiento herbáceo, periodo vegetativo de 138 días para el altiplano y 115 días para los valles interandinos. Color de la panoja verde y tipo glomerulada. Es tolerante al mildiu, a las bajas temperaturas, sequía y moderadamente tolerante a la humedad. (FAO, 2013)

Su mejor desarrollo se logra en la zona agroecológica Suni del altiplano, entre los 3815 y 3900 m.s.n.m, con clima frio seco, precipitación de 400 a 550 mm y temperatura de 4 a 15 °C. La altura de la planta varía de 94 a 110 centímetros. Las semillas tienen el pericarpio de color plomo y el episperma de color negro. Se informa de un rendimiento promedio de 3.1 t/ha. (Gómez y Aguilar 2013).

3.1.3 Línea Mutante MQPas – 50

Línea mutante desarrollada mediante la aplicación de rayos gamma a la variedad comercial Pasankalla. Tiene la apariencia morfológica de la variedad original con granos de color negro. Es precoz.

3.1.4 Línea Mutante LM 89-77

Línea mutante desarrollada con la aplicación de rayos gamma de la Selección LM 89 y que se caracteriza por plantas de color verde y tener granos blancos.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Fase de campo

3.2.1.1 Insumos (fertilizantes y pesticidas)

Fertilizantes: úrea, fosfato di amónico, sulfato de potasio, nitrato de amonio, ácido fosfórico, sulfato de potasio soluble.

Pesticidas: Cipermax Super® 10 CE (alfacipermetrina), Fitoklin® 35 PM (metalaxyl), Infinito® 687.5 SC (propamocarb y fluopicolide), Botrizim® 50 FW (carbendazim) y Parashot® 240 SL (paraquat).

Otros: acid color®, solt®-pH y Kalex®.

3.2.1.2 Equipos y herramientas de campo

Tractor con implementos agrícolas, trilladora de granos, ventiladora de granos, pala, picota, rastrillo, hoz, mochila de aplicación. Otros como cilindros para preparación de pesticidas, cordeles, zarandas, cinta métrica, rafia, yeso, lápiz y libreta de campo.

3.2.2 Fase de laboratorio

3.2.2.1 Reactivos utilizados

Reactivos: ácido clorhídrico 0.1 N, hidróxido de sodio al 30 %, ácido bórico al 2 %, azul de metileno (indicador) y rojo de metilo (indicador), ácido sulfúrico, pastillas catalizadoras y agua destilada.

3.2.2.2 Equipos e implementos de laboratorio

Balanza eléctrica, balanza analítica, equipo de destilación de micro-Kjeldahl, equipo de clasificación de granos mediante zarandas, contómetro, estufa, molino, crisoles, mufla, desecador con silicagel, pinzas, campana de extracción, tubos de ensayo, portatubos, papel libre de nitrógeno, placas petri, fiola, matraz, calculadora, bandejas plásticas, cuaderno de apuntes, tamiz, bolsas de papel y lápiz.

3.3 ESTABLECIMIENTO DEL EXPERIMENTO

3.3.1 Ubicación del campo experimental

El experimento se llevó a cabo en el Programa de Investigación en Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en el distrito de La Molina, Lima – Perú, con condiciones climáticas típicas de la Costa Central Peruana.

Las coordenadas geográficas son:

Latitud: 12°05'06'' sur

Longitud: 76°57'00'' oeste

Altitud: 251 m.s.n.m

3.4 ANÁLISIS DE SUELO

Los suelos de La Molina se encuentran situados fisiográficamente en una terraza media de origen aluvial. Se caracterizan por presentar buen drenaje, permeabilidad moderada, textura media a ligeramente gruesa y estructura granular fina.

El análisis de caracterización del suelo, realizado por el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina (LASPAF-UNALM), se muestra en el Cuadro N° 2. La capa arable del suelo presenta una clase textural franco arcillo arenoso, con baja salinidad, reacción ligeramente alcalina, bajo contenido de

materia orgánica y bajo CIC, contenido medio de fósforo y potasio disponible. Siendo en general, un suelo de baja fertilidad natural.

Cuadro N° 2: Análisis de caracterización fisicoquímica de suelo

Variable	Unidad	Valor
pH (1:1)	-	7.81
CE (1:1)	dS/m	1.25
CaCO ₃	%	0.00
M.O	%	0.75
P	ppm	7.2
K	ppm	128
Clase textural	-	Fr.Ar.A.
CIC	-	8.64
Ca ²⁺	meq/100 g	5.77
Mg ²⁺	meq/100 g	1.62
K ⁺	meq/100 g	0.48
Na ⁺	meq/100 g	0.77
Al ³⁺ + H ⁺	meq/100 g	0.00
Suma de cationes	-	8.64
Suma de bases	-	8.64
Saturación de bases	%	100

Fuente: LASPAF-UNALM. Elaboración propia (2016)

3.5 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA ZONA

Presenta las características climáticas propias de la costa central peruana, con un clima subtropical húmedo, ausencia de precipitaciones y con altos niveles de humedad y nubosidad. El experimento se realizó entre los meses de setiembre 2014 a enero 2015.

Los datos promedio de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa y heliofanía fueron registradas en la estación meteorológica ‘Alexander Von Humboldt’-UNALM. Los datos se muestran en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3: Valores promedio de los datos climatológicos: temperatura máxima y mínima, humedad relativa, heliofanía y evapotranspiración de referencia. Periodo Setiembre 2014 a Enero 2015

Mes	T° máxima (°C)	T° mínima (°C)	Humedad relativa media (%)	Heliofanía (Horas/mes)	ETo (mm/día)
Setiembre	19.5	14.1	88.0	68.3	2.34
Octubre	21.8	14.8	86.1	148.4	2.84
Noviembre	22.6	16.1	78.5	92.8	3.50
Diciembre	24.5	17.3	80.5	133.9	3.50
Enero	26.7	18.9	78.5	154.5	4.43

Fuente: Estación ‘Alexander Von Humboldt’. Elaboración propia (2016)

Eto: Evapotranspiración de referencia. Calculado con la fórmula FAO / Penman-Monteith por CROPWAT 8.0.

3.6 MANEJO DEL CULTIVO

Durante la ejecución del experimento se realizaron las siguientes labores culturales:

3.6.1 Siembra

Las semillas fueron colocadas a chorro continuo en los surcos, considerando las densidades de siembra; en una hilera y dos hileras a 20 cm de distancia de la cinta de riego.

3.6.2 Desahije

Se realizó cuando las plantas se encontraban en pleno desarrollo vegetativo, con un tamaño aproximado de 20 cm.

3.6.3 Purificación

Se llevó a cabo durante el desahije, se procedió a eliminar las plantas débiles y diferentes a los genotipos sembrados.

3.6.4 Fertilización

Se aplicó: 100 kg de N/ha, 90 kg de P₂O₅, 100 kg/ha de K₂O para ambas modalidades de aplicación de fertilizantes la primera por fertiriego y la segunda aplicado e incorporado directamente al suelo al cual denominaremos aplicación convencional (edáfica). Las fuentes empleadas se presentan en los siguientes cuadros.

Cuadro N° 4: Fertilizantes para el fertiriego de cuatro genotipos de quinua en condiciones de La Molina.

Producto	Cantidad a utilizar (kg/ha)	Ley (kg de nutriente por 100 kg de producto)	Dosis a aplicar (kg/ha)
Nitrato de amonio	303	N = 33 P ₂ O ₅ = 3	100 9.09
Ácido fosfórico	132.64	P ₂ O ₅ = 61	90
Sulfato de potasio soluble	192.3	K ₂ O = 52 S = 18	100

Fuente: Elaboración propia (2016)

Para la aplicación de fertilizantes en la modalidad edáfica o convencional se siguió las recomendaciones de las diferentes guías de cultivo de quinua (Gómez y Aguilar, 2016). Aplicación de la fuente de fósforo y potasio en su totalidad y la mitad del nitrógeno finalizado el surcado y se cubrió con tierra y luego se procedió a la siembra. La otra mitad del nitrógeno se aplicó en el aporque. Se pesó la cantidad de los abonos para cada parcela.

Cuadro N° 5: Fertilizantes para la aplicación edáfica o convencional de cuatro genotipos de quinua en condiciones de La Molina

Producto	Cantidad a utilizar (kg/ha)	Ley (kg de nutriente por 100 kg de producto)	Dosis a aplicar (kg/ha)
Urea	141	N = 46	64.86
Fosfato diamónico	196	N = 18	35.28
		P ₂ O ₅ = 46	90.16
Sulfato de potasio	200	K ₂ O = 50	100.0
		S = 18	

Fuente: Elaboración propia (2016)

Considerando las fases fenológicas de la quinua se estableció el cronograma de aplicación por fertiriego que se describe en el Cuadro N°6.

Cuadro N° 6: Programa para fertilización por fertiriego aplicado a los cuatro genotipos de quinua durante la campaña experimental

Etapa fenológica	Semana*	Nitrato de amonio	Ácido fosfórico	Sulfato de potasio
		kg/ha/semana		
Germinación	1	0.00	0.00	0.00
Hojas verdaderas	2	0.00	0.00	0.00
	3	12.80	11.67	0.00
	4	19.31	14.42	8.19
Ramificación	5	19.46	14.41	10.28
Panojamiento	6	31.71	19.96	10.28
	7	41.31	19.48	12.54
Floración	8	40.50	16.45	14.79
	9	39.68	13.42	16.72
	10	34.20	10.61	20.56
Grano lechoso	11	32.81	7.61	24.74
	12	31.26	4.61	24.74
	13	0.00	0.00	24.74
Grano pastoso	14	0.00	0.00	24.74
	15	0.00	0.00	0.00
Grano duro	16	0.00	0.00	0.00
	17	0.00	0.00	0.00
	18	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00
	20	0.00	0.00	0.00
	21	0.00	0.00	0.00
TOTAL		303.03	132.64	192.3

* Aplicación de fertilizante los días lunes, miércoles y viernes.

Cuadro N° 7 Programa para fertilización convencional (edáfica)

Estadios	Urea	Fosfato di amónico	Sulfato de potasio
Siembra	50%	100%	100%
Aporque	50%		

Fuente: Elaboración propia (2016)

3.6.5 Deshierbo

Se realizó en forma manual y mecánica durante todo el ciclo del cultivo.

3.6.6 Aporque

El aporque se realizó a los cuarenta y cinco días después del primer riego. En esta labor se complementó la cantidad de nitrógeno (siembra y aporque) se utilizó como fertilizante la urea.

3.6.7 Riego

Se instaló el sistema de riego por goteo diseñado y desarrollado para extensiones máximo de una hectárea. Está compuesto de un sistema de riego de presión con un motor eléctrico de 2.5 hp (*horse power*), filtros de anillas, matriz, venturi, manómetro, cabezal de riego, llaves de paso para las subunidades de riego de cada sector y cintas EURODRIP®. Las especificaciones se muestran en el cuadro N° 8.

Cuadro N° 8. Especificaciones técnicas de las cintas de riego empleadas en el campo experimental

Rollo (mm)	Espesor de pared (mil wall)	Espaciamiento entre emisores (m)	Caudal nominal en 100 m lineales (lph)	Presión (bar)
16	8	0.2	500	0.55

Fuente: Eurodrip. Elaboración propia (2016)

La programación del riego puede verse en el ANEXO N° 01.

3.6.8 Control sanitario

Para el control de comedores de follaje y granos se aplicó cypermex (alfacipermetrina). El control de la chupadera (*Rhizoctonia solani*), se realizó mediante la aplicación de botrizim (carbendazim) a los siete y catorce días después de la emergencia; para el mildiú (*Peronospora variabilis* = *Peronospora farinosa*) se realizaron cinco aplicaciones rotando los productos fitoklin (metalaxyl) e infinito (propamocarb y fluopicolide), previa evaluación de la severidad (en porcentaje del área foliar afectada).

3.6.9 Cosecha

La cosecha se realizó cuando las plantas llegaron a su madurez de cosecha (plantas amarillas) y fue manual, el corte o siega se realizó en las mañanas; las panojas fueron manipuladas con cuidado para evitar la caída de granos, luego fueron trasladadas para el secado respectivo. Posteriormente se realizó la trilla mecanizada y se ventiló.

3.7 EVALUACIONES

3.7.1 En campo - Fase 1

a) Rendimiento (kg/ha)

El rendimiento de grano se estimó a partir de la cosecha de los dos surcos centrales de cada parcela y se hicieron los cálculos establecidos para su expresión en kg/ha.

b) Producción total de biomasa aérea (kg/ha)

Se realizó la siega de plantas al ras del suelo, se pesó el total de plantas sin trillar en cada parcela y se hicieron los cálculos establecidos para su expresión en kg/ha.

c) Índice de cosecha (%)

Este valor se refiere a la eficiencia biológica respecto a la cantidad de grano producido, y se calculó dividiendo el valor del rendimiento de grano entre el valor de biomasa aérea de cada parcela. Para fines prácticos fue expresado en porcentaje.

d) Altura de planta (cm)

Se tomó la altura de planta un día antes de iniciar la cosecha, con una regla graduada desde la base de la planta hasta el punto apical de la panoja.

e) Días a la floración (días)

Número de días transcurridos desde la fecha del riego de inicio hasta que el 50 % de plantas de cada parcela presentaron flores en la inflorescencia.

f) Días a la maduración (días)

Número de días transcurridos desde la fecha del riego de inicio hasta que el 50 % de plantas de cada parcela presentaron el estado de grano pastoso rayable con la uña.

3.7.2 En laboratorio - Fase 2

a) Evaluación del porcentaje de proteína del grano (%)

Se determinó el porcentaje de proteína por medio del contenido de nitrógeno calculado y expresado en porcentaje, este fue multiplicado por un factor conocido igual a 6.25, para su conversión a proteínas. El contenido de nitrógeno se determinó por el método Kjeldahl 46 - 11 de la American Association of Clinical Chemistry (AACC). El método tiene como fundamento la destrucción oxidativa de materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco, el amoníaco es retenido como bisulfato de amonio y fue determinado por destilación alcalina con hidróxido de sodio y titulación con ácido clorhídrico 0.1 N.

b) Evaluación de granulometría

Se pesó 1000 granos de cada muestra, de cada tratamiento para realizar la clasificación del grano, mediante una máquina clasificadora de grano con zarandas N° 10, 12, 14 y 16 que clasifican según diámetro de granos de 2 mm, 1.7 mm, 1.4 mm y ≤ 1.4 mm respectivamente, luego los granos fueron clasificados según tamaño.

c) Peso de mil granos (g)

Se determinó haciendo uso del contómetro Seedburo 801 y de una balanza analítica para calcular el peso. Este componente es una medición indirecta de la calidad de grano porque a mejor llenado de grano se obtiene un mayor peso de mil granos.

d) Ceniza en grano y follaje (%)

Se utilizó el método 80 - 10 de la American Association of Clinical Chemistry (AACC). Este componente se usa como indicador de calidad en las evaluaciones nutricionales, contiene elementos inorgánicos, que son de interés nutricional como es el caso del calcio, fósforo, etc. El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación en una mufla a temperaturas entre 500 y 600 °C.

$$\% \text{ Ceniza} = ((P_1 - P_0) / P_2) \times 100$$

Donde:

P₁: Peso final del crisol con las cenizas

P₀: Peso del crisol sin la muestra

P₂: Peso de la muestra

d) Determinación de nitrógeno en granos y broza

El material seleccionado de los granos y broza fue separado de acuerdo a cada tratamiento y fue colocado en bolsas de papel Kraft para luego ser colocados a una estufa a 70 °C por 24 - 48 horas hasta que alcanzó peso constante.

Luego las muestras secas fueron molidas utilizando un molino Cyclotec, se identificaron y colocaron en bolsas plásticas con cierre hermético y con ellas se procedió a realizar el análisis químico correspondiente; siguiendo el método Kjeldahl 46-11, descrito previamente.

e) Determinación de la eficiencia de uso de nitrógeno

Boareto *et al.*, (2007) define el uso eficiente de nitrógeno (EUN), como la ganancia medida en producción de grano por unidad de nutriente aplicado.

Moll *et al.*, (1982) citados por Ortiz-Monasterio *et al.*, (2012), definen la eficiencia de uso del nitrógeno y fósforo en el trigo como el rendimiento de grano por unidad de nutriente suministrado (desde el suelo y/o mediante fertilizantes).

La eficiencia de uso de nitrógeno se calcula como Sw/Ns , donde Sw es el peso de la semilla y Ns es la provisión de N, expresada en las mismas unidades (por ejemplo, kg/ha) (Moll *et al.*, 1982 citado por Razzaghi, 2012, citados por Sánchez, 2015).

$$EUN = RDTO \text{ (kg/ha) } / NA$$

Fuente: Sánchez (2015)

Dónde:

RDTO: Rendimiento de semilla en el tratamiento en kg/ha

NA: Contenido de nitrógeno aplicado en kg/ha

f) Determinación de la absorción de nitrógeno:

La absorción de nitrógeno fue determinada tomando en cuenta la siguiente fórmula.

$$N \text{ absorbido} = ((\text{Rendimiento de Biomasa (kg/ha)} \times (\%) \text{ Nitrógeno total}) / 100)$$

Fuente: Gebrelianos y Dereje (2015)

3.8 FACTORES EN ESTUDIO

3.8.1 Dotación de fertilización

Fertiriego: Tratamiento 1 (Cuadro N° 6)

Fertilización Convencional (aplicada al suelo) o Edáfica: Tratamiento 2 (Cuadro N° 5)

3.8.2 Densidad poblacional

D1: Una hilera de plantas separadas cada 5 cm ubicadas paralelas a la cinta de riego (20 plantas / m lineal). Con 6400 plantas

D2: Dos hileras de plantas separadas 5 cm a ambos costados de la cinta de riego (40 plantas / m lineal). Con 12800 plantas

3.8.3 Material genético

Variedad INIA Salcedo, Variedad INIA 420 – Negra Collana, Línea Mutante MQPas – 50 y Línea Mutante LM 89-77.

3.9 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Las dimensiones y características fueron las siguientes:

N° de repeticiones (bloques)	: 4
N° de tratamientos	: 4
N° de parcelas o unidades experimentales	: 16
N° de hileras por parcela	: 4
N° de hileras útiles por parcela	: 4
Distancia entre parcelas	: 0.8 m
Distancia entre hileras	: 0.8 m
Distancia entre bloques	: 1.0 m
Longitud de parcela	: 10 m
Ancho de parcela	: 4m
Área total de la parcela	: 32 m ²
Área total de cada bloque	: 512 m ²
Área total del experimento	: 2048 m ²

La randomización se encuentra en el (ANEXO N° 02).

3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.10.1 Factores por objetivos

- **Objetivo 1: bajo ambiente de fertilización edáfica**

Factor 1 : Densidades (1 hilera y 2 hileras)

Factor 2 : Genotipos (LM 89-77, MQPas-50, Negra Ccollana e INIA Salcedo)

- **Objetivo 2: bajo ambiente de densidad de 2 hileras por surco**

Factor 1 : Fertilización (fertiriego y edáfica)

Factor 2 : Genotipos (LM 89-77, MQPas-50, Negra Ccollana e INIA Salcedo)

- **Objetivo 3 bajo ambiente de densidad de 2 hileras por surco**

Factor 1 : Fertilización (fertiriego y edáfica)

Factor 2 : Genotipos (LM 89-77, MQPas-50, Negra Ccollana e INIA Salcedo)

3.10.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con arreglo factorial de factores.

Cuadro N° 9: Modelo aditivo lineal del ensayo

$$y_{ijk} = \mu + B_k + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk} \quad k= 1, 2, 3, 4... \quad i = 1,2,..., t \quad j =1, 2,..., n_i$$

Fuente: De Mendiburu, 2007

Donde:

Y_{ij} : Valor observado en el i-ésimo tratamiento, la j-ésima repetición y k-ésimo bloque

μ : Efecto de la medida general.

B_k : Efecto del bloque k

α_i : Efecto del nivel a_i

β_j : Efecto del nivel b_j

$(\alpha\beta)_{ij}$: Efecto de la interacción

e_{ijk} : Efecto del error experimental en el i -ésimo tratamiento, la j -ésima repetición y k -ésimo bloque.

Todos los datos se obtuvieron de la evaluación de los dos surcos centrales de las parcelas.

3.10.3 Procesamiento de datos

Se aplicó un Análisis de Variancia para un Diseño de Bloques Completos al Azar (BDCA) con arreglo de factores con cuatro repeticiones con ayuda del programa estadístico SAS (*Statistical Analysis System*) Versión 9.2 (SAS Inc, 2008). El diseño está en función a los objetivos planteados en la presente investigación. Se aplicó la prueba de homogeneidad de variancias Snedecor y Stevens (Calzada, 1982). Para realizar el análisis combinado, se utilizó el coeficiente de box, para la selección de las variables que permiten ser analizadas por menor distancia entre los cocientes del mayor y menor valor de cuadrados medios de los análisis de varianza independientes por experimento.

Para las variables donde el ANVA resultó significativo, se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan ($\alpha=0.05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

OBJETIVO 1: Determinación del efecto de dos densidades poblacionales, con aplicación edáfica de fertilización, en caracteres agronómicos y de calidad para cuatro genotipos de quinua.

4.1 CARACTERES AGRONÓMICOS

Luego de realizar la prueba de homogeneidad de variancias se procede con el análisis combinado de ambas densidades. En el cuadro N° 10 se presenta el ANOVA combinado para rendimiento, biomasa, índice de cosecha, altura de planta, días a la floración y días a la maduración. Para la variable rendimiento se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 9.55 por ciento. Para la variable biomasa se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 15.88 por ciento. Para la variable índice de cosecha se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 9.93 por ciento. Para la variable altura de planta se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 3.39 por ciento. Para la variable días a la floración se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 1.18 por ciento. Para la variable días a la maduración se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 0.88 por ciento.

4.1.1 Rendimiento

En el cuadro N° 11 se presentan los valores medios de rendimiento de grano de los genotipos, en promedio de las dos densidades. La prueba Duncan ($\alpha=0.05$) muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo LM 89-77 alcanzó el mayor rendimiento con 4699.2 kg/ha, seguido del grupo de genotipos MQPas-50 con 3231.6 kg/ha y del genotipo INIA Salcedo con 2921.9 kg/ha, y siendo todos superiores al genotipo Negra Ccollana con 1843.8 kg/ha; respectivamente.

El rendimiento de grano observado a nivel de densidades de siembra, en promedio de los genotipos, varió de 3000.6 (1h) a 3347.7 kg/ha (2h) (cuadro N° 12). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$). Tapia (2003), en un ensayo con la aplicación de dos métodos de control de malezas, dos fechas de siembra de verano y dos densidades de plantas/ha encontró que los rendimientos promedio fueron de 1360.625 kg/ha para La Molina 89 y 995 kg/ha para la Amarilla de Maranganí, rendimientos muy bajos comparados a los encontrados en el presente trabajo.

Por otro lado, Apaza (1995), reporta que el rendimiento, en siembras de invierno, en promedio para la variedad La Molina 89 tuvieron un rango de 2741 a 4093 kg/ha, los cuales son similares a los encontrados en la presente investigación realizada. Otros autores encontraron respuestas variables a diferentes densidades de plantas en diferentes modalidades de siembra y respuesta de variedades.

Karyotis *et al.* (2003), señalan que el rendimiento de semillas esta negativamente correlacionado con la densidad de cultivo, indicando que existen perdidas altas debido a una pobre y desuniforme densidad originada por diversas causas.

Risco (2011), observó un mayor rendimiento en parcelas con surcos distanciados a 40 cm igual a 3262.50 kg/ha sobre el rendimiento en parcelas distanciadas a 80 cm con rendimiento igual a 2225 kg/ha.

Goudie *et al.* (2015), en un estudio de introducción de quinua a St. Mary's Bay señalan que los mejores rendimientos fueron obtenidos en parcelas con alta densidad donde el desarrollo de un gran número de plantas de quinua evitó el crecimiento de las malezas y favorecieron altos rendimientos por planta. Noulas (2015), señala que la densidad optima de siembra es igual a 25 plantas/m² o 10 kg/ha.

Isobe *et al.* (2015), estudiaron la densidad de plantas en quinua empleando la variedad NL-6, durante varias campañas agrícolas con 50 a 300 plantas/m² y surcos separados 50 cm, 100 a 400 plantas/m² con surcos separados 30 cm y 100 plantas/m² con surcos separados entre 15 a 60 cm, observó que en densidades bajas y surcos amplios el rendimiento en las ramas fue mayor que en densidades altas y surcos estrechos y concluye que para la variedad NL-6 la

densidad optima es de 50 a 100 plantas/m² para producir altos rendimientos independiente de la densidad de planta y el ancho del surco.

Erazzú *et al.*, (2016) en un estudio realizado de densidad informa rendimientos de 3049 kg/ha y 5389 kg/ha para siembra mecanizada en chorro continuo (27.9 plantas/metro lineal) y siembra manual en golpes (4.2 plantas/metro lineal); respectivamente.

4.1.2 Biomasa

Considerando los valores medios de biomasa de los genotipos, en promedio de las dos densidades de siembra (cuadro N° 11) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 4043.0 a 6707.0 kg/ha; correspondiendo el mayor valor al genotipo LM 89-77 y el menor valor a INIA Salcedo; respectivamente. Así mismo, el genotipo Negra Ccollana 4121.1 kg/ha y MQPas-50 tuvo un valor de 4089.8 kg/ha y; respectivamente.

A nivel de densidades de siembra los valores observados en promedio de genotipos fueron de 4511.7 kg/ha (1h) y 4968.8 kg/ha (2h) (cuadro N° 12), no existiendo diferencias significativas entre estos valores de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha= 0.05$).

Si bien la prueba no encontró diferencias se puede observar un mayor valor en la densidad de dos hileras. Al aumentar la densidad se incrementa un mayor número de plantas/ha, favoreciendo el control indirecto de malezas y en consecuencia se tiene una mayor producción de materia seca o biomasa. Resultados similares de biomasa fueron informados por Tapia (2003), en un ensayo con la aplicación de dos métodos de control de malezas, dos fechas de siembra de verano y dos densidades de plantas/ha encontró que los valores promedio de biomasa fueron de 5586.5 kg/ha para La Molina 89 y 4119.5 kg/ha para la Amarilla de Marangani, siendo cercanos a los encontrados en la presente investigación.

Por otro lado, Mendoza (2013), en un estudio comparativo de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de costa central, encontró que la variedad Rosada de Huancayo presentó el mayor valor promedio con 3482 kg/ha de biomasa. Además, indica que los genotipos que no forman grano, presentan mayores valores de biomasa. Esto se

debe a que desarrollaron más vegetativamente en condiciones de costa central debido a las altas temperaturas, alcanzando mayor altura y biomasa.

4.1.3 Índice de cosecha

El índice de cosecha de los genotipos estudiados fue de 23.45 a 39.47 por ciento en promedio de dos densidades de siembra (cuadro N° 11). El valor más bajo se observó en el genotipo Negra Ccollana y el más alto en MQPas-50; existen diferencias significativas entre estos valores (Duncan $\alpha= 0.05$). Por otro lado, INIA Salcedo tuvo un valor de 34.9 por ciento y el genotipo LM 89-77 un valor de 33.56 por ciento; respectivamente.

El índice de cosecha observado a nivel de densidades de siembra, en promedio de los genotipos, varió de 33.05 (1h) a 32.64 (2h) por ciento (cuadro N° 12). Estos valores si difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha = 0.05$).

Los valores observados en el presente experimento se encuentran dentro del rango, informado en varios experimentos de campo, entre 30 y 50 por ciento y su variación depende de las variedades (FAO *et al.*, 2012 citado por Mendoza, 2013). El índice de cosecha, es un dato fisiológico útil para investigar los efectos del ambiente y del genotipo en el comportamiento del cultivo (Apaza, 1995, Charles – Edwards, 1982 citado por Bertero *et.al.*, 2004, citado por Mendoza, 2013).

Barnett (2005) señala que la variedad La Molina 89 tuvo un índice de cosecha igual al 32.7 por ciento. Por otro lado, Mercedes (2005) en un experimento en costa central encontró valores promedio de índice de cosecha de 22.5 por ciento en zonas que estuvieron sometidas a estrés hídrico y de 20.9 por ciento en zonas irrigadas.

4.1.4 Altura de plantas

Considerando los valores medios de altura de planta de los genotipos, en promedio de las dos densidades de siembra (cuadro N° 11), la prueba de Duncan ($\alpha= 0.05$) arrojó diferencias significativas entre estos valores y un rango de 1.06 y 1.22 m; correspondiendo el mayor valor

al genotipo LM 89-77 y el menor valor a Negra Ccollana; respectivamente. Así mismo, INIA Salcedo tuvo un valor de 1.1 m y el genotipo MQPas-50 un valor de 1.6 m; respectivamente.

La altura de planta observada a nivel de densidades de siembra, en promedio de los genotipos, varió de 1.12 m (2h) a 1.15 m (1h) (cuadro N° 12). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Resultados similares fueron hallados por Tapia (2003), en un estudio realizado en condiciones de costa y con densidades de plantas diferentes, donde no se observó diferencias de altura de planta. De igual modo por Risco (2011) no encontró diferencias significativas para altura de plantas en los dos distanciamientos de siembra que estudio en condiciones de Ayacucho.

Barnett (2005), reporta valores promedio de altura para la variedad La Molina 89 fue igual a 1.65 m. León (2014), indica que el promedio global de altura de planta de la línea mutante La Molina 89-77 bajo tres regímenes de riego, en condiciones de La Molina fue de 0.91 m.

4.1.5 Número de días al 50 por ciento de floración

En el cuadro N° 11 se presentan los valores medios de días al cincuenta por ciento de floración de los genotipos, en promedio de las dos densidades de siembra y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 50.75 y 53 días; correspondiendo el mayor valor al grupo de genotipo LM 89-77, INIA Salcedo y Negra Ccollana, y el menor valor MQPas-50; respectivamente.

A nivel de densidades de siembra los valores observados en promedio de genotipos fueron de 52.63 días (1h) y 52.25 días (2h) (cuadro N° 12), no existiendo diferencias significativas entre estos valores de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Estos valores difieren ligeramente de los observados por Sánchez (2015), en La Molina, en 63 líneas mutantes de la variedad La Molina 89, encontrando para la variable número de días al 50 por ciento de floración el valor mínimo 60.9 días y máximo 93.1 días. El ciclo de vida está fuertemente influenciado por el medio ambiente.

4.1.6 Número de días a la madurez

Considerando los valores medios de biomasa de los genotipos, en promedio de las dos densidades de siembra (cuadro N° 11) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 90.63 a 115 días; correspondiendo el mayor valor al genotipo Negra Ccollana y el menor valor a MQPas-50; respectivamente. Por otro lado, Salcedo INIA y el genotipo, LM 89-77 mostraron valores de 100 y 95 días, respectivamente.

A nivel de densidades de siembra los valores observados en promedio de genotipos fueron de 100.31 días (1h) y 100.00 días (2h) (cuadro N° 12), no existiendo diferencias significativas entre estos valores de acuerdo a la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Sánchez (2015), observó un rango de 92.6 a 127.9 días para 63 líneas mutantes de la variedad La Molina 89 en condiciones de La Molina. Los valores reportados en la investigación realizada son menores probablemente debido a diferencias en medio ambiente y manejo de la quinua entre las campañas agrícolas.

Cuadro N° 10: Cuadrados medios del ANVA COMBINADO de los caracteres agronómicos de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Fuente de variación	GL	Rendimiento (kg/ha)	Biomasa (kg/ha)	Índice de cosecha (%)	Altura de plantas (m)	Floración (días)	Madurez (días)
Genotipos	3	11100657.86 **	13762166.34**	365.06 **	0.03719 **	10.13 **	900.78 **
Bloque	6	230,731.91	1,094,604.49	22.65	0.00161	0.38	0.78
Densidad	1	963662.41	1,671,020.51	1.34	0.00500	1.13	0.78
Genotipos*Densidad	3	5,988.26	128,377.28	16.74	0.00146	1.13	0.78
Error	18	91,883.71	566,663.95	10.64	0.00148	0.38	0.78
TOTAL	31						
CV (%)		9.55	15.88	9.93	3.39	1.18	0.88
Promedio		3,174.12	4,740.23	32.84	1.13	52.44	100.16
DMS		303.12	752.77	3.26	0.04	0.61	0.88

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 11: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres agronómicos de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Genotipos	Rendimiento (kg/ha)	Biomasa (kg/ha)	Índice de cosecha (%)	Altura de plantas (m)	Días a la floración (días)	Días a la madurez (días)
LM 8977	4699.2 a	6707 a	33.56 b	1.22 a	53 a	95.0 c
INIA Salcedo	2921.2 b	4043 b	34.9 b	1.10 c	53 a	100.0 b
MQPas - 50	3231.6 b	4089.8 b	39.47 a	1.16 b	50.75 b	90.63 d
Negra Ccollana	1843.8 c	4121.1 b	23.45 c	1.06 c	53 a	115.0 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 12: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres agronómicos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos densidades de siembra y en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Densidad	Rendimiento (kg/ha)	Biomasa (kg/ha)	Índice de cosecha (%)	Altura de plantas (m)	Días a la floración (días)	Días a la madurez (días)
1h	3000.6 a	4511.7 a	33.05 a	1.15 a	52.63 a	100.31 a
2h	3347.7 a	4968.8 a	32.64 a	1.12 a	52.25 a	100.00 a

FUENTE: Elaboración propia (2016)

4.2 CARACTERES DE CALIDAD

En el cuadro N° 13 se presenta el ANOVA combinado para peso de mil granos, granulometría y proteína. Para la variable peso de mil granos se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 11.40 por ciento. Para la variable granulometría se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 13.31 por ciento; a su vez se aprecia diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la interacción genotipo con densidad. Para la variable proteína no se aprecian diferencias significativas ($\alpha=0.001$ y $\alpha=0.05$) en genotipos ni densidades, el coeficiente de variación fue de 7.58 por ciento.

4.2.1 Peso de mil granos

En el cuadro N° 14 se presenta los valores medios del peso de mil granos de los genotipos en promedio de las dos densidades. La prueba de Duncan ($\alpha= 0.05$) muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos y un rango de 2.44 a 3.60 gramos; correspondiendo el mayor valor a MQPas-50, y el menor valor al genotipo Negra Ccollana; respectivamente. Por otro lado, LM 89-77 tuvo un valor de 3.16 g y el genotipo INIA Salcedo un valor igual a 3.04 g; respectivamente.

El peso de mil granos a nivel de densidades de siembra, en promedio de los genotipos, varió de 3.02 gramos (2h) a 3.10 gramos (1h) (cuadro N° 15). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Estos resultados fueron diferentes a los informados por Gordon (2011) que encontró significación para el tratamiento a una hilera y la variedad 'Pasankalla', que presentó un peso de 1000 granos superior al de la variedad 'Rosada de Huancayo', se registró un peso de 1000 granos promedio igual a 1.71 g.

Erazzú *et al.*, (2016) en estudio de dos densidades de siembra de 4.2 y 27.9 plantas /metro lineal, observó que en ambas densidades hubo 65 por ciento de granos cuyo diámetro fue igual a 1.41 mm, sin embargo, el tratamiento con 4.2 planta /metro lineal tuvo una mayor proporción de granos con un diámetro igual a 1.68 mm.

El peso de mil granos es una característica con el que se mide indirectamente la calidad del grano, ya que a mayor peso de mil granos se tendrá granos mejor llenados y por lo tanto de mayor calidad de los mismos (Apaza, 1995).

Barnett (2005) señala que el peso de mil granos para la variedad La Molina 89 fue igual a 2.53 gramos, Sánchez (2015), en la Molina evaluó 63 líneas mutantes de la variedad La Molina 89 encontrando para la variable peso de mil granos un rango de 2.47 g a 3.53 g. Quispe (2015), encontró valores para peso de mil granos de 2.9 a 4,2 g en líneas mutantes de quinua en condiciones de La Molina. Los valores reportados en la investigación realizada se encuentran cercanos a lo señalado por otros autores.

4.2.2 Granulometría

Considerando los valores medios de la granulometría de los genotipos, en promedio de las dos densidades de siembra (cuadro N° 14) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 46.2 a 70.3 por ciento de granos de 1.4 mm; correspondiendo el mayor valor al genotipo Negra Ccollana y el menor valor al genotipo LM 89-77. Así mismo, el genotipo INIA Salcedo tuvo un valor de 67.2 por ciento y MQPas-50 tuvo un valor de 46.8 por ciento; respectivamente.

La granulometría observada a nivel de densidades de siembra, en promedio de los genotipos, varió de 56.3 a 59.0 por ciento de granos de 1.4 mm (cuadro N° 15). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Risco (2014), indica que, en el último congreso científico internacional de quinua, llevado a cabo en Lima en el 2013 se presentó las normas técnicas para quinua y su contribución al comercio, donde se clasifican el tamaño de grano en función al diámetro expresado en porcentajes, considerando como grande cuando más del 85 por ciento de un lote tiene granos con calibres de 1.7 y 2.0 mm. Lo que no se encontró en este experimento, datos similares fueron hallados por León (2014), indica que para la línea mutante La Molina 89-77, la mayor proporción de sus granos estuvieron entre 1.4 mm y 1.7 mm de diámetro.

4.2.3 Contenido de proteína en grano

En el cuadro N° 14 se presenta los valores medios de la proteína de los genotipos en promedio de las dos densidades y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) no se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 12.73 a 13.10 por ciento; correspondiendo el mayor valor a el genotipo INIA Salcedo, y el menor valor al genotipo Negra Ccollana. Por otro lado, el genotipo MQPas-50 un valor de 12.93 por ciento y LM 89-77 tuvo un valor de 12.92 por ciento; respectivamente.

El porcentaje de proteínas a nivel de densidades de siembra, en promedio de los genotipos, varió de 12.86 por ciento (1h) a 12.96 por ciento (2h) (cuadro N° 15). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Resultados con valores más altos, pero sin diferencias entre densidades fueron observados por Noulas (2015) que reporta un contenido de proteínas del grano, en promedio, igual a 15 por ciento y que no fue afectado por la densidad de plantas estudiadas en el experimento.

Leonardo (1985) en un experimento con la variedad Blanca de Junín, con una densidad de 6 kg/ha de semilla y el nivel de abonamiento de 120-60-0, encontró el mayor porcentaje de proteína igual a 17.46 por ciento en condiciones de Junín.

Risco (2011) señala que el tratamiento con guano de isla x 80 cm de distanciamiento entre surco presentó el mayor contenido de proteína (14.60 por ciento) mientras que los tratamientos testigo x 40 cm y fertilizante sintético a 80 cm dieron los menores resultados de proteína con 13.3 por ciento y 13.25 por ciento; respectivamente.

Cuadro N° 13: Cuadrados medios del ANVA combinado de los caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Fuente de variación	GL	Peso mil granos (g)	Granulometría (%)	Proteína (%)
Genotipos	3	1.82 **	13.33 **	0.16
BLOQUE	6	0.12	0.62	1.10
Densidad	1	0.05	0.56	0.06
Genotipos*Densidad	3	0.14	2.1 *	0.60
ERROR	18	0.12	0.59	0.96
TOTAL	31			
CV (%)		11.40	13.31	7.58
Promedio		3.06	5.76	12.92
DMS		0.35	0.77	0.98

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 14: Valores medios y prueba de Duncan de los caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Genotipos	Peso mil granos (g)	Granulometría (%)	Proteína (%)
LM 8977	3.16 b	46.2 b	12.92 a
INIA Salcedo	3.04 b	67.2 a	13.10 a
MQ Pas-50	3.60 a	46.8 b	12.93 a
Negra Ccollana	2.44 c	70.3 a	12.73 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 15: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres de calidad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos densidades de siembra, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Densidad	Peso mil granos (g)	Granulometría (%)	Proteína (%)
1h	3.10 a	56.3 a	12.86 a
2h	3.02 a	59.0 a	12.96 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

OBJETIVO 2: Determinación del efecto de dos sistemas de aplicación de fertilizantes, con riego por goteo, en el comportamiento de cuatro genotipos de quinua.

Este estudio se realizó con dos experimentos, el primero recibió la dotación de fertilizantes en forma edáfica o aplicada directamente al suelo siguiendo la aplicación comercial recomendada en quinua; el segundo recibió la misma dosis de fertilización, pero aplicada con el sistema de riego siguiendo un cronograma establecido (cuadro N° 6). El experimento fue realizado con dos hileras de plantas por surco, densidad empleada frecuentemente por los productores de quinua con sistemas de fertiriego en la costa.

4.3 CARACTERES AGRONÓMICOS

En el cuadro N° 16 se presenta los resultados del ANOVA combinado para los caracteres agronómicos: rendimiento, biomasa, altura de planta, días a la floración y días a la maduración. Para la variable rendimiento se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en los factores genotipos y bloque, el coeficiente de variación fue igual a 7.65 por ciento. Para la variable biomasa se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 10.21 por ciento. Para la variable altura de planta se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 3.21 por ciento; a su vez se aprecia diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en el bloque. Para la variable días a la floración se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) entre genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 1.51 por ciento. Para la variable días a la maduración se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 0.88 por ciento.

4.3.1 Rendimiento

En el cuadro N° 17 se presentan los valores medios de rendimiento de grano de los genotipos, en promedio de las dos formas de aplicación de fertilización. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$), muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo LM 89-77 alcanzó el mayor rendimiento con 4601.6 kg/ha, seguido del grupo de genotipos MQPas-50

con 3176.00 kg/ha y el genotipo INIA Salcedo con 2945.30 kg/ha, y estos a su vez son superiores al genotipo Negra Ccollana con 1964.80 kg/ha; respectivamente.

El rendimiento de grano observado a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos, fue de 2996.2 kg/ha para la dotación por fertiriego y 3347.7 kg/ha para la dotación convencional/edáfica (cuadro N° 18). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Los resultados muestran que el rendimiento para la dotación por fertiriego fue menor en comparación de la convencional o edáfica, lo cual contradice a lo planteado por Cadahia (2005) quien menciona que una de las ventajas del sistema de fertirrigación es incrementar los rendimientos. Sin embargo, es importante considerar que la aplicación de nutrientes sólo es un factor de los tantos que determinan el rendimiento final de un campo de quinua.

Mujica *et. al.*, (2001) citados por Mendoza (2013), señalan que los rendimientos varían de acuerdo a las variedades, puesto que existen unas con mayor capacidad genética de producción que otras. También varían de acuerdo a la fertilización o abonamiento proporcionado. La quinua responde favorablemente a una fertilización sobre todo nitrogenada y fosfórica. Además, las labores culturales y controles fitosanitarios deben ser proporcionados oportunamente durante el ciclo del cultivo de quinua.

Echegaray (2003), realizó un estudio comparativo de un sistema de riego por goteo y riego directo o por surcos en condiciones de La Molina con fertilización edáfica y encontró mayores rendimientos con riego por goteo y que la variedad Amarilla de Marangani obtuvo el mayor rendimiento igual a 1553.5 kg/ha.

4.3.2 Biomasa

Considerando los valores medios de biomasa de los genotipos, en promedio de las dos formas de aplicación de fertilización (cuadro N° 17) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 4117.2 a 6472.70 kg/ha; correspondiendo el mayor valor al genotipo LM 89-77 y el menor valor al genotipo MQPas-

50. Así mismo, el genotipo INIA Salcedo tuvo un valor de 4414.1 kg/ha y el genotipo Negra Ccollana igual a 4203.1 kg/ha; respectivamente.

A nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos, el rendimiento fue igual a 4634.8 kg/ha para la dotación por fertiriego y 4968.8 kg/ha para la dotación convencional/edáfica (cuadro N° 18). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Los resultados muestran que la biomasa para la dotación por fertiriego fue menor en comparación de la convencional o edáfica y muestra una respuesta similar a la obtenida en rendimientos de granos.

4.3.3 Altura de planta

En el cuadro N° 17 se presentan los valores medios de la altura de planta de los genotipos, en promedio de las dos formas de aplicación de fertilización. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$), muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo LM 89-77 alcanzó la mayor altura con 1.21 m, y el menor valor el genotipo Negra Ccollana con 1.06 m. Por otro lado, el genotipo MQPas-50 tuvo un valor de 1.18 m y el genotipo INIA Salcedo un valor de 1.11 m; respectivamente.

La altura de planta observada a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos, varió de 1.12 metros para la dotación convencional/edáfica a 1.15 metros para la dotación por fertiriego (cuadro N° 18). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Echegaray (2003) encontró mayores valores promedios de altura de planta con el riego por goteo para las variedades La Molina 89 (147.0 cm) y Amarilla de Marangani (126.6 cm) en un comparativo de riego directo o por gravedad.

4.3.4 Número de días al 50 por ciento de floración

Considerando los valores medios de días a la floración de los genotipos, en promedio de las dos formas de aplicación de fertilización (cuadro N° 17) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 50 a 53.8 días; correspondiendo el mayor valor a los genotipos LM 89-77 y Negra Ccollana, y el menor valor al genotipo MQPas-50. Así mismo, el genotipo INIA Salcedo tuvo un valor de 53 días; respectivamente.

Los días a la floración observados a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos fue de 52.25 para la dotación convencional /edáfica y 52.63 para la dotación por fertiriego (cuadro N° 18). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Echegaray (2003), informa que la variedad La Molina 89 floreció a los 59.8 días después de su emergencia en ambos sistemas de riego por goteo y gravedad.

4.3.5 Número de días a la madurez

En el cuadro N° 17 se presentan los valores medios de días a la madurez de los genotipos, de las dos formas de aplicación de fertilización. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$), muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo Negra Ccollana alcanzó el mayor valor con 115 días, y el menor valor el genotipo MQPas-50 con 90.63 días; respectivamente. Por otro lado, el genotipo INIA Salcedo tuvo un valor de 100 días y el genotipo LM 89-77 un valor de 95 días; respectivamente.

Los días a la madurez observados a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos fue de 100.0 días para la dotación convencional/edáfica y 100.31 días para la dotación por fertiriego (cuadro N° 18). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Cuadro N° 16: Cuadrados medios de los caracteres agronómicos de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos formas de dotación de nutrientes en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Fuente de variación	GL	Rendimiento (kg/ha)	Biomasa (kg/ha)	Altura de plantas (m)	Días a la floración (días)	Días a la madurez (días)
Genotipos	3	9472741.78 **	10051218.67 **	0.03896 **	21.38 **	900.78 **
Bloque	6	289923.17 **	203,318.28	0.00391 *	0.38	0.78
Dotación	1	988220.29	892,364.50	0.00781	1.13	0.78
Genotipos*Dotación	3	88,582.43	365,997.31	0.00094	0.38	0.78
Error	18	58,921.38	240,264.89	0.00134	0.63	0.78
TOTAL	31					
CV (%)		7.65	10.21	3.21	1.51	0.88
Promedio		3,171.92	4,801.76	1.14	52.45	100.16
DMS		242.74	490.17	0.04	0.79	0.88

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 17: Valores medios y prueba de Duncan de los caracteres agronómicos de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en promedio de dos formas de dotación de nutrientes en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Genotipos	Rendimiento (kg/ha)	Biomasa (kg/ha)	Altura de plantas (m)	Días a la floración (días)	Días a la madurez (días)
LM8977	4,601.60 a	6,472.70 a	1.21 a	53.38 a	95.00 c
INIA Salcedo	2,945.30 b	4,414.10 b	1.11 b	53.00 a	100.00 b
MQPas - 50	3,176.00 b	4,117.20 b	1.18 a	50.00 b	90.63 d
Negra Ccollana	1,964.80 c	4,203.10 b	1.06 c	53.38 a	115.00 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 18: Valores medios y prueba de Duncan de los caracteres agronómicos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos formas de dotación de nutrientes, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Dotación de fertilización	Rendimiento (kg/ha)	Biomasa (kg/ha)	Altura de plantas (m)	Días a la floración (días)	Días a la madurez (días)
Edáfica/Conv.	3347.7 a	4968.8 a	1.12 a	52.25 a	100.00 a
Fertiriego	2996.2 a	4634.8 a	1.15 a	52.63 a	100.31 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

4.4 CARACTERES DE CALIDAD

En el cuadro N° 19 se presenta el ANOVA combinado de la dotación de nutrientes mediante la densidad poblacional de dos hileras para los caracteres de calidad: peso de mil granos, ceniza granos, proteína y granulometría. Para la variable peso de mil granos se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 10.00 por ciento. Para la variable ceniza de granos se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos y en el factor dotación el coeficiente de variación fue igual a 15.10 por ciento, a su vez se aprecia diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en el factor de interacción genotipo con dotación. Para la variable proteína se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en el bloque, el coeficiente de variación fue igual a 5.56 por ciento. Para la variable granulometría se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en los genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 10.83 por ciento.

4.4.1 Peso de mil granos

En el cuadro N° 20 se presentan los valores medios del peso de mil granos de los genotipos en promedio para la densidad poblacional de dos hileras. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo MQPas-50 alcanzó el mayor peso con 3.41 gramos, seguido del grupo de genotipos INIA Salcedo con 3.10 y el genotipo LM 89-77 con 3.02 gramos, y estos a su vez son superiores al genotipo Negra Ccollana con 2.24 gramos; respectivamente.

El peso de mil granos observados a nivel de dotación de fertilización mediante la densidad poblacional de dos hileras, en promedio de los genotipos fue de 2.86 para la dotación por fertiriego y 3.02 gramos para la dotación convencional/edáfica (cuadro N° 21). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

El valor obtenido para la dotación por fertiriego coincide con el estudio realizado por León (2014), quien indica que el promedio global del peso de mil granos de la línea mutante LM 89-77 bajo tres regímenes de riego por goteo, en condiciones de la molina fue de 2.9 g.

4.4.2 Contenido de ceniza en granos

Considerando los valores medios de la ceniza en granos de los genotipos, en promedio para la densidad poblacional de dos hileras (cuadro N° 20) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 2.89 a 3.79 g/100g; correspondiendo el mayor valor al genotipo Negra Ccollana y el menor valor al genotipo INIA Salcedo. Así mismo, el genotipo LM 89-77 un valor de 3.10 g/100g y el genotipo MQPas-50 un valor de 3.05 g/100g; respectivamente.

El porcentaje de ceniza en granos observados a nivel de dotación de fertilización mediante la densidad poblacional de dos hileras, en promedio de los genotipos fue de 2.79 para la dotación por fertiriego y 3.63 g/100g para la convencional/edáfica (cuadro N° 21). Estos valores difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Navruz y Sanlier (2016) mencionan que las cenizas representan el contenido en minerales del alimento, es decir son el residuo inorgánico que queda tras eliminar los compuestos orgánicos existentes en la muestra. En quinua se ha reportado contenidos de ceniza de 3.0 g/100g (González *et al.*, 1989), 2.9 g/100g (Repo-Carrasco, 1992), 3.4 g/100g (Ruales y Nair ,1992) y 2.7g/ 100g (Álvarez-Jubete *et al.*, 2009).

4.4.3 Contenido de proteína en grano

En el cuadro N° 20 se presentan los valores medios de la proteína de los genotipos en promedio mediante la densidad poblacional de dos hileras (cuadro N° 20). La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) muestra que no existen diferencias significativas entre estos genotipos. El genotipo Negra Ccollana alcanzó el mayor valor con 13.80 por ciento, y el menor valor el genotipo INIA Salcedo con 12.80 por ciento. Por otro lado, el genotipo LM 89-77 tuvo un valor de 13.03 por ciento y el genotipo MQPas-50 un valor igual a 12.97 por ciento; respectivamente.

El porcentaje de proteína observado a nivel de dotación de fertilización mediante la densidad poblacional de dos hileras, en promedio de los genotipos fue de 12.96 por ciento para la dotación convencional/edáfica y 12.98 por ciento para la dotación por fertiriego (cuadro N° 21). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

4.4.4 Granulometría

Considerando los valores medios de granulometría de los genotipos, en promedio mediante la densidad poblacional de dos hileras (cuadro N° 20) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 49.6 a 70.4 por ciento de granos de 1.4 mm; correspondiendo el mayor valor al genotipo Negra Ccollana y el menor valor al genotipo MQPas-50. Así mismo, el genotipo INIA Salcedo tuvo un valor de 65.9 por ciento y el genotipo LM 89-77 un valor de 54.4 por ciento; respectivamente.

La granulometría observada a nivel de dotación de fertilización mediante la densidad poblacional de dos hileras, en promedio de los genotipos varió de 59.0 por ciento para la dotación convencional/edáfica y 61.2 por ciento de granos de 1.4 mm para la dotación por fertiriego (cuadro N° 21). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Cuadro N° 19: Cuadrados medios de caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos formas de dotación de nutrientes, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Fuente de variación	GL	Peso mil granos (g)	Ceniza granos (g/100g)	Proteína (%)	Granulometría (%)
Genotipos	3	1.97 **	1.27 **	0.110	7.5 **
BLOQUE	6	0.09	0.23	2.59 **	0.10
Dotación	1	0.20	5.64 **	0.006	0.39
Genotipos*Dotación	3	0.17	0.76 *	0.410	0.13
ERROR	18	0.09	0.23	0.520	0.42
TOTAL	31				
CV (%)		10.00	15.10	5.560	10.83
Promedio		2.94	3.21	12.970	6.01
DMS		0.29	0.48	0.720	0.65

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 20: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres de calidad de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en promedio de dos formas de dotación de nutrientes, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Genotipos	Peso mil granos (g)	Ceniza granos (g/100g)	Proteína (%)	Granulometría (%)
LM8977	3.02 b	3.10 b	13.03 a	54.4 b
INIA Salcedo	3.10 b	2.89 b	12.80 a	65.9 a
MQPas - 50	3.41 a	3.05 b	12.97 a	49.6 b
Negra Ccollana	2.24 c	3.79 a	13.08 a	70.4 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 21: Valores medios y prueba de Duncan de caracteres de calidad en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos formas de dotación de nutrientes, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Dotación de fertilización	Peso mil granos (g)	Ceniza granos (g/100g)	Proteína (%)	Granulometría (%)
Edáfica/Conv.	3.02 a	3.63 a	12.96 a	59.0 a
Fertiriego	2.86 a	2.79 b	12.98 a	61.2 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

OBJETIVO 3: Evaluación de la eficiencia de uso de nitrógeno, de cuatro genotipos de quinua en diferentes sistemas de fertilización.

Este estudio fue realizado en el experimento comparativo de dotación de nutrientes edáfica y fertiriego y dos hileras de plantas por surco, cultivo realizado en condiciones de costa. Se inició con la determinación del contenido de nitrógeno en la planta que se presenta a continuación.

4.5 CONTENIDO DE NITRÓGENO EN LA PLANTA

En el cuadro N° 22 se presenta el ANOVA combinado de los caracteres en estudio: nitrógeno en grano, nitrógeno en inflorescencia y nitrógeno en tallos y hojas. Para la variable nitrógeno en grano se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en el bloque, el coeficiente de variación fue igual a 5.54 por ciento. Para la variable nitrógeno en inflorescencia se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 13.51 por ciento. Para la variable nitrógeno en tallos y hojas no se aprecian diferencias significativas ($\alpha=0.001$ y $\alpha=0.05$) el coeficiente de variación fue igual a 17.66 por ciento.

4.5.1 Contenido de nitrógeno en grano

En el cuadro N° 23 se presentan los valores medios del nitrógeno en grano de los genotipos. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) muestra que no existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo Negra Ccollana alcanzó el mayor valor con 2.09 por ciento, seguido del grupo de genotipos LM 89-77 y MQPas-50 con un valor de 2.08 por ciento, siendo todos superiores al genotipo INIA Salcedo con 2.05 por ciento; respectivamente.

El nitrógeno en grano observado a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos fue de 2.07 por ciento para la dotación convencional/edáfica y 2.08 por ciento para la dotación por fertiriego (cuadro N° 24). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

4.5.2 Contenido de nitrógeno en inflorescencia

Considerando los valores medios de nitrógeno en inflorescencia de los genotipos (cuadro N° 23) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$), muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos y el rango de 1.56 a 1.90 por ciento; correspondiendo el mayor valor al genotipo Negra Ccollana, y el menor valor a los genotipos LM 89-77 e INIA Salcedo; respectivamente. Así mismo, el genotipo MQPas-50 tuvo un valor de 1.84 por ciento.

El nitrógeno en inflorescencia observado a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos fue de 1.66 por ciento para la dotación por fertiriego y 1.76 por ciento para la dotación convencional/edáfica (cuadro N° 24). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Sánchez (2015), evaluó 63 líneas mutantes de la variedad La Molina 89, en condiciones de La Molina, encontrando que el porcentaje de nitrógeno en inflorescencia promedio fue igual a 1.67 por ciento. Estos valores son similares a los encontrados en la presente investigación para el nitrógeno en inflorescencia. Por otro lado, Morales (2012) citado por Sánchez (2015), indica que el contenido de nitrógeno en la panoja disminuye conforme la planta es más vieja, teniendo a los 67 y 135 días después de la siembra 4.08 por ciento y 2.33 por ciento; respectivamente. Después de la siembra 4.08 por ciento y 2.33 por ciento, respectivamente. Estos valores son similares a los encontrados en la presente investigación para el nitrógeno en grano.

4.5.3 Contenido de nitrógeno en tallos y hojas

En el cuadro N° 23 se presentan los valores medios de nitrógeno en tallos y hojas de los genotipos. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo Negra Ccollana alcanzó el mayor valor con 0.74 por ciento, seguido del genotipo MQPas-50 con 0.71 por ciento y el genotipo LM 89-77 con 0.63 por ciento, siendo todos superiores al genotipo INIA Salcedo con 0.62 por ciento; respectivamente.

El nitrógeno en tallos y hojas observado a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos fue de 0.65 por ciento para la dotación convencional/edáfica y 0.70 por ciento

para la dotación por fertiriego (cuadro N° 24). Estos valores no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$).

Kamisato (2004) en un estudio para evaluar efecto de tres niveles de fertilización y dos niveles de riego en el comportamiento de dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en la costa central encontró valores del contenido de nitrógeno en las plantas de 2.4 por ciento para el riego completo y 2.3 por ciento para riego incompleto, 2.2 por ciento para la fertilización de 60-60-00, 2.5 por ciento para 100-60-00 y 2.4 por ciento para 00-00-00.

Cuadro N° 22: Cuadrados medios del contenido de N en grano, N en inflorescencia y N en tallos y hojas de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Fuente de variación	GL	Nitrógeno en grano (%)	Nitrógeno en inflorescencia (%)	Nitrógeno en tallos y hojas (%)
Genotipos	3	0.0030	0.26 **	0.030
BLOQUE	6	0.07 **	0.07	0.009
Dotación	1	0.0003	0.08	0.020
Genotipos*Dotación	3	0.0100	0.04	0.020
ERROR	18	0.0100	0.05	0.010
TOTAL	31			
CV (%)		5.54	13.51	17.66
Promedio		2.08	1.71	0.67
DMS		0.12	0.23	0.12

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 23: Valores medios y prueba de Duncan del contenido de N en grano (%), N en inflorescencia (%) y N en tallos y hojas (%) de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en promedio de dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Genotipos	Nitrógeno en grano (%)	Nitrógeno en inflorescencia (%)	Nitrógeno en tallos y hojas (%)
LM8977	2.08 a	1.56 b	0.63 a
INIA Salcedo	2.05 a	1.56 b	0.62 a
MQPas - 50	2.08 a	1.84 a	0.71 a
Negra Ccollana	2.09 a	1.90 a	0.74 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 24: Valores medios y prueba de Duncan del contenido de N en grano (%), N en inflorescencia (%) y N en tallos y hojas (%) de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos dotaciones de fertilización, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Dotación de fertilización	Nitrógeno en grano (%)	Nitrógeno en inflorescencia (%)	Nitrógeno en tallos y hojas (%)
Convencional	2.07 a	1.76 a	0.65 a
Fertiriego	2.08 a	1.66 a	0.70 a

Fuente: Elaboración propia (2016)

4.6 EFICIENCIA DE USO DE NITRÓGENO (EUN)

En el cuadro N° 25 se presenta el ANOVA combinado de la eficiencia de uso de nitrógeno para rendimiento y biomasa. Para la variable rendimiento se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en los genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 7.65 por ciento. Para la variable biomasa se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en los genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 10.21 por ciento.

4.6.1 Eficiencia de uso de nitrógeno en rendimiento

En el cuadro N° 26 se presentan los valores medios de la eficiencia de uso de nitrógeno de los genotipos evaluados en rendimiento de granos. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo LM 89-77 alcanzó el mayor valor con 46.02 por ciento, seguido del grupo de genotipos MQPas-50 con 31.76 por ciento y el genotipo INIA Salcedo con 29.45 por ciento, y estos a su vez fueron superiores al genotipo Negra Ccollana con 19.65 por ciento.

La eficiencia de uso de nitrógeno para rendimiento de granos a nivel de dotación de fertilización (cuadro N° 27), en promedio de todos los genotipos fue de 33.48 por ciento para la dotación convencional y de 29.96 por ciento para la dotación fertiriego; respectivamente. Estos valores no difieren estadísticamente.

Sánchez (2015) encontró para mutantes de quinua de la variedad LM89 valores de eficiencia de uso de nitrógeno en un rango de 18.63 por ciento (línea mutante MQLM89-59) a 53.06 por ciento (línea mutante MQLM89-149).

Así mismo se podría establecer que la variedad LM 8977 tiene una mayor eficiencia de uso de nitrógeno, seguida de la MQPas-50, INIA Salcedo y Negra Ccollana. El manejo del agua de riego y la distribución de fertilizantes influyen significativamente en la eficiencia del uso de nitrógeno (Thompson y Doerge, 1996 citado por Aruani *et al.*, 2008).

En cultivos como los cereales, la eficiencia de uso del nitrógeno, indica que el nitrógeno recuperado es cerca de 33%, el 67% restante se pierde dado a procesos como la volatilización de la superficie, la desnitrificación, la lixiviación y la escorrentía (Raun *et al.*, 2003). Halvorson (2004) citados por Sánchez (2015), señala que en un estudio para trigo de invierno la eficiencia de uso de nitrógeno varió con la dosis de N y el año, con un promedio de 86, 69, 56 y 46 por ciento para el 28, 56, 84 y 112 kg N/ha.

La eficiencia de uso de nitrógeno es un concepto fisiológico que permite evaluar la capacidad que poseen las plantas para tomar nitrógeno del suelo e incorporarlo a los procesos metabólicos responsables de la productividad primaria o a los frutos y, al mismo tiempo, permite identificar y seleccionar de las poblaciones de plantas, genotipos sobresalientes por estas características (López, 2009).

Hoffman *et al.*, (2016) indican que mantener una elevada EUN es importante, no solo por la productividad parcial de este nutriente o por su impacto en la rentabilidad del sistema agrícola, sino por el control del potencial de contaminación.

4.6.2 Eficiencia de uso de nitrógeno en biomasa

Considerando los valores medios de la eficiencia de uso de nitrógeno de los genotipos evaluados en biomasa producida (Cuadro N° 26) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 41.17 a 64.73 por ciento, correspondiendo el mayor valor al genotipo LM 8977 y el menor valor al genotipo MQPas-50.

Por otro lado, INIA Salcedo tuvo un valor de 44.14 por ciento y el genotipo Negra Ccollana con 42.03 por ciento; respectivamente.

La eficiencia de uso de nitrógeno para producción de biomasa a nivel de dotación de fertilización (Cuadro N° 27), expresado en promedio de todos los genotipos, fue de 49.69 por ciento para la dotación convencional y de 46.35 por ciento para fertiriego; respectivamente. No existen diferencias estadísticas entre estos valores.

Salvagiotti y Miralles, 2008; Fontanetto *et al.*, 2010; García, 2013; Hoffman *et al.*, 2013 citados por Hoffman *et al.*, 2016, indican que existe abundante evidencia del impacto que la interacción N x S tiene sobre la EUN en distintos cultivos. El agregado de S, en particular en suelos de texturas francas y bajo contenido de materia orgánica y con una larga historia agrícola de elevados niveles de extracción de nutrientes, mejora sensiblemente la producción de biomasa, rendimiento en grano, e índice de cosecha en distintos cultivos, particularmente a dosis elevadas de N (Reneau Jr *et al.*, 1986; Salvagiotii y Miralles, 2008; García y Salvagiotti *et al.*, 2009; Salvagiotti *et al.*, 2009; Fontanetto *et al.*, 2010; Mazzilli y Hoffman, 2010; Hoffman *et al.*, 2013, citados por Hoffman *et al.*, 2016).

Cuadro N° 25: Cuadrados medios de la eficiencia de uso de nitrógeno en rendimiento de grano y de biomasa de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B

Fuente de variación	GL	EUN Rendimiento (%)	EUN Biomasa (%)
Genotipos	3	947.27 **	1005.12 **
BLOQUE	6	28.99	20.33
Dotación	1	98.82	89.24
Genotipos*Dotación	3	8.86	36.60
ERROR	18	5.89	24.07
TOTAL	31		
CV (%)		7.65	10.21
Promedio		31.72	48.02
DMS		2.43	4.90

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 26: Valores medios y prueba de Duncan de la eficiencia de uso de nitrógeno de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en promedio de dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Genotipos	EUN Rendimiento (%)	EUN Biomasa (%)
LM 8977	46.02 a	64.73 a
INIA Salcedo	29.45 b	44.14 b
MQPas-50	31.76 b	41.17 b
Negra Ccollana	19.65 c	42.03 a

Fuente: Elaboración propia (2016).

Cuadro N° 27: Valores medios y prueba de Duncan del contenido de eficiencia de uso fertilización, en promedio de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos dotaciones de fertilización, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Dotación de fertilización	EUN Rendimiento (%)	EUN Biomasa (%)
Convencional	33.48 a	49.69 a
Fertiriego	29.96 a	46.35 a

(*) EUN: Eficiencia de Uso de Nitrógeno

Fuente: Elaboración propia (2016)

4.7 ABSORCIÓN DE NITRÓGENO (NU)

En el cuadro N° 28 se presenta el ANOVA combinado de la absorción de nitrógeno para rendimiento y biomasa. Para la variable rendimiento se aprecia que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos, el coeficiente de variación fue igual a 10.42 por ciento. Para la variable biomasa se aprecia diferencias altamente significativas ($\alpha=0.001$) en genotipos y a su vez significativas ($\alpha=0.05$) en el factor dotación, el coeficiente de variación fue igual a 10.18 por ciento.

4.7.1 Absorción de nitrógeno en rendimiento

En el cuadro N° 29 se presentan los valores medios de la absorción de nitrógeno de los genotipos evaluados. La prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) muestra que existen diferencias significativas entre los genotipos. El genotipo LM 89-77 alcanzó el mayor valor con 96.07 kg/ha, seguido del grupo de genotipos MQPas-50 con 66.09 kg/ha y el genotipo INIA Salcedo con 60.37 kg/ha, y estos a su vez son superiores al genotipo Negra Ccollana con 41.10 kg/ha.

La absorción de nitrógeno a nivel de dotación de fertilización en promedio de los genotipos fue de 69.35 kg/ha para la dotación convencional y de 62.47 kg/ha para el fertiriego (cuadro N° 30); estos valores no difieren estadísticamente.

La eficiencia de uso de nitrógeno se relaciona con el concepto de absorción de nitrógeno, esto es apoyado por Moll *et al.*, (1982) citados por Ortiz-Monasterio *et al.*, (2012) que indica que la EUN se divide en dos componentes: (1) absorción, o la capacidad de la planta para extraer el nutriente del suelo y (2) eficiencia de utilización, o la capacidad de la planta para convertir el nutriente absorbido en rendimiento de grano.

Durante el llenado de granos, gran parte de la demanda de nitrógeno para sostener el llenado se satisface por traslocación desde órganos vegetativos (Andrade *et al.*, 1996; Egli y Crafts-Brander 1996 citados por Bertero y Clozza, 2014).

4.7.2 Absorción de nitrógeno en biomasa

Considerando los valores medios de la absorción de nitrógeno en biomasa de los genotipos evaluados en promedio (cuadro N° 29) y la prueba Duncan ($\alpha= 0.05$) se aprecia diferencias significativas entre estos valores y un rango de 49.29 a 77.47 kg/ha, correspondiendo el mayor valor al genotipo LM 8977 y el menor valor al genotipo MQPas-50. Por otro lado, INIA Salcedo tuvo un valor de 52.79 kg/ha y el genotipo Negra Ccollana con 50.27 kg/ha.

La absorción de nitrógeno a nivel de dotación de fertilización, en promedio de los genotipos fue de 60.12 kg/ha para la dotación convencional y de 54.79 kg/ha para la de fertiriego (cuadro N° 30), existiendo diferencias significativas entre estos valores.

Bidwell (1979) menciona que la sobreabundancia de nitrógeno causa con frecuencia una gran proliferación de tallos y hojas y determinan una reducción de frutos en plantas de cultivo.

Aguirre *et al.*, (2013) en un estudio realizado en Argentina encontró que la mayor proporción del nitrógeno se absorbió entre botón floral y fin de floración, cuando se observó la mayor tasa de crecimiento. La concentración de nitrógeno en biomasa disminuyó con el aumento de la biomasa del cultivo generando mayor eficiencia de uso del nitrógeno para producir biomasa.

Uhart y Andrarde, 1995; Demotes-Mainard *et al.*, 1999; Zubaidi *et al.*, 1999; citados por Bertero y Clozza, 2014, indican que la acumulación de nitrógeno ocurre paralelamente a la acumulación de biomasa, pero la curva para nitrógeno precede a la de biomasa provocando que la máxima tasa de crecimiento de absorción se alcance antes que la tasa máxima de crecimiento.

Cuadro N° 28: Cuadrados medios la absorción de nitrógeno de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Fuente de variación	GL	N U Rendimiento (kg/ha)	N U Biomasa (kg/ha)
Genotipos	3	4148.38**	1441.76**
BLOQUE	6	238.95	29.17
Dotación	1	378.88	227.70*
Genotipo*Dotación	3	60.19	56.46
ERROR	18	47.14	34.22
TOTAL	31		
CV (%)		10.42	10.18
Promedio		65.91	57.46
DMS		6.87	5.85

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 29: Valores medios y prueba de Duncan de la absorción de N de cuatro genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en promedio de dos dotaciones de fertilización en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Genotipos	N U Rendimiento (kg/ha)	N U Biomasa (kg/ha)
LM 8977	96.07 a	77.47 a
INIA Salcedo	60.37 b	52.79 b
MQPas-50	66.09 b	49.29 b
Negra Ccollana	41.10 c	50.27 b

Fuente: Elaboración propia (2016)

Cuadro N° 30: Valores medios y prueba de Duncan de la absorción de N en grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con dos dotaciones de fertilización, en promedio de cuatro genotipos, en condiciones de La Molina campaña 2014B.

Dotación de fertilización	N U Rendimiento (kg/ha)	N U Biomasa (kg/ha)
Convencional	69.35 a	60.12 a
Fertiriego	62.47 a	54.79 b

Fuente: Elaboración propia (2016)

V. CONCLUSIONES

OBJETIVO 1:

- Las dos densidades poblaciones evaluadas tuvieron efecto similar en los caracteres agronómicos (rendimiento de grano, biomasa, altura de planta, días a la floración y días a la madurez) y caracteres de calidad (peso de mil granos, granulometría y porcentaje de proteína) estudiados en la presente investigación. La única diferencia observada estuvo relacionada con el índice de cosecha, alcanzándose valores de 33.05 por ciento para una hilera y 32.64 por ciento para dos hileras.
- El genotipo con mayor rendimiento en promedio de las dos densidades fue el genotipo LM 89-77 con un rendimiento igual a 4699.2 kg/ha.

OBJETIVO 2:

- El sistema de fertilización edáfico o convencional y el de fertiriego tuvieron efectos similares en los caracteres agronómicos evaluados (rendimiento de grano, biomasa, altura de planta, días a la floración y días a la madurez) y caracteres de calidad (peso de mil granos, porcentaje de proteína y granulometría). La única diferencia observada fue en el contenido de cenizas de los granos, los tratamientos con sistema de fertilización edáfico o convencional alcanzaron un valor de contenido de cenizas en el grano igual a 3.63 g/100g y los de dotación fertiriego un valor de 2.79 g/100 g.

OBJETIVO 3:

- Los valores de eficiencia de uso de nitrógeno fueron similares para las variedades de quinuas en los diferentes sistemas de fertilización; para el sistema de fertilización por fertiriego en rendimiento (29.96 por ciento) y biomasa (46.35 por ciento), y el sistema

edáfico o convencional en rendimiento (33.48 por ciento) y biomasa (49.69 por ciento); respectivamente.

- Se observó diferencias en la eficiencia de uso de nitrógeno en los cuatro genotipos. El genotipo LM 89-77 tuvo un valor de 46.02 kg/kg de N aplicado.
- Se encontró diferencias significativas para absorción de nitrógeno para el carácter biomasa. A nivel del sistema de fertilización, la edáfica / convencional alcanzó un mayor valor promedio igual a 60.12 kg/ha con respecto a la de fertiriego con un valor de 54.79 kg/ha
- El genotipo con mayor valor de absorción de nitrógeno promedio tanto en rendimiento y biomasa fue el genotipo LM 89-77, con un valor igual a 96.07 y 77.47 kg/ha; respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar realizando investigaciones relacionadas con fertilización y densidades poblaciones.
- Se sugiere realizar nuevas programaciones de la dotación de fertilizantes con el sistema fertiriego para optimizar la respuesta de los genotipos.

VII. BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, P.C. 2001. Manejo del cultivo de quinua en el altiplano peruano. Primer taller internacional sobre quinua. Editores S – E Jacobsen, A. Mujica y Z. Portillo. Lima. Perú. p. 95-107

AGUILAR, P. y JACOBSEN, S.E. 2003. Cultivation of quinoa on the Peruvian altiplano. *Food Reviews International*, 19:1. p. 31-41

AGUIRRE, P.C.; GÓMEZ, M.B.; BERTERO, H.D. 2013. Absorción, partición y eficiencia de uso del nitrógeno absorbido en quinua. Cátedra de producción vegetal y forrajes. Universidad de Buenos Aires y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas Argentinas. Consultado el 17 de diciembre de 2016. Disponible en: <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/2013/IV%20Congreso%20Mundial%20de%20la%20Quinua/CD%20congreso%20quinua/AutoPlay/Docs/CONFERENCIAS%20ARGENTINA/ARG%20Q%20DANIEL%20BERTERO%20conferencia%20ABSORCI%D3N%20NITR%D3GENO.pdf>

ALVAREZ-JUBETE, L.; ARENDT, E.K.; GALLAGHER, E. 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *International Journal of Food Sciences and Nutrition Food*. 60. p. 240-257

APAZA T., WA. 1995. Efectos de densidad y niveles de fertilidad en el rendimiento de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en costa central. Tesis Ing. Agrónomo Lima – Perú. UNALM. 112 p.

ARUANI, M.C.; GILI, P.; FERNÁNDEZ, L.; GONZÁLEZ, R.; REEB, P.; SÁNCHEZ, E. 2008. Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo. Neuquen. Argentina. *Agro Sur* 36. p. 147-150.

AZCÓN-BIETO, J. y TALÓN, M. 2000. Fundamentos de la fisiología vegetal. Mc Graw Hill – Interamericana de España. Madrid. España. p. 86 -87

BARNETT, A.M. 2005. Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM. 138 p.

BAZILE, D. 2015. Le quinoa: les enjeux d'une conquête. Paris. Francia: Editions Quae. 112 p.

BAZILE, D.; BAUDRON, F. 2015. The dynamics of the global expansion of quinoa growing in view of its high biodiversity, in State of the Art Reporton Quinoa Around the World in 2013. Bazile D., Bertero H.D., Nieto C., editors. Roma. FAO & CIRAD. p. 42–55

BAZILE, D.; JACOBSEN, S.E.; VERNIAU, A. 2016. The global expansion of quinoa: trends and limits. *Frontiers in Plant Science*. 7:622.

BERTERO, D. y CLOZZA, M. 2014. Recursos edáficos e hídricos - nutrición mineral y rendimiento agronómico. Licenciatura en economía y administración agraria. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Argentina. p. 25

BIDWELL, R.G.S. 1979. Plant physiology. Queen's University Ontario. Canada. Traducido por A.G.T Editor S.A. México. p. 280-281

BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; TREVELIN, P. 2007. Uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes convencionales. *Informaciones Agronómicas* 120: 13 y 14p.

CADAHÍA, C. 2005. Fertirrigación en cultivos hortícolas, frutícolas y ornamentales. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. España. p. 75, 77 y 78

CALZADA B., J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Lima. 644 p.

CELAYA-MICHELL, H. y CASTELLANOS-VILLEGAS, A. 2011. Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, A.C.Chapingo, México. *Terra Latinoamericana*, vol. 29, núm. 3 p. 343-356.

DAWSON, J.C.; HUGGINS D.R.; JONES, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. *Field Crops Research* 107, 89-101p.

ECHEGARAY B., T. 2003. Evaluación de métodos de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de costa. Tesis Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM 105 p.

ERAZZU, L.E.; GONZÁLEZ, J.A.; BUEDO, S.E.; PRADO, F.E. 2016. Efectos de la densidad de siembra sobre *Chenopodium quinoa* (quinua). Incidencia sobre variables morfológicas y rendimiento de grano en la variedad CICA cultivada en Amaicha del Valle Tucumana. Argentina. *Lilloa* 53 (1): 12-22 p.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ITALIA). 2002. Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición revisada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación y la Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes. Roma. 87 p.

FAO (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, ITALIA). 2013. Valor nutricional de la quinua. Año internacional de la quinua 2013. Lima. Perú. Consultado el 10 de diciembre de 2016. Disponible en:

<http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/>

FASSBENDER, H.W. Modelos edafológicos de sistemas forestales. Segunda edición. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Costa Rica. p. 313-320

GANDARILLAS, H. 1968. Razas de quinua. División de investigaciones agrícolas. Ministerio de Agricultura. Bolivia. Boletín Experimental núm. 34. 53 p.

GEBRELIANOS, G. y DEREJE, A. 2015. Nitrogen fertilization effect on grain sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench), yield components and witchweed (*Striga hermonthica* (Del.) Benth) infestation in northern of Ethiopia. *International Journal of Agricultural Research* 10 (1): 14-23, 2015. ISSN 1816-4897

GÓMEZ, L. y EGUILUZ, A. 2012. Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. p. 9-13.

GÓMEZ, L. y AGUILAR, E. 2013. Manual del Cultivo de la quinoa. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. p. 3, 9, 12, 15.

GORDON V., A. 2011. Sistemas de cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y su efecto en el rendimiento y calidad en condiciones de verano en La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM. 121 p.

GOUDIE, I.; HEGARTY, O.; YETMAN, M. 2015. Experimental production of quinoa in the St Mary's Bay area of southern Newfoundland. Final Report. Department of Natural Resources. Agrifoods Department. Province of Newfoundland and Labrador. 39 p.

HOFFMAN, E.M.; FASSANA, N.C.; MAZZILLI, S., BERGER, A.; ERNST, O. 2016. La necesidad de incrementar la eficiencia de uso del nitrógeno en cereales de invierno. Uruguay. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica 24. p. 2-6

INIA (INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA, CHILE). 1998. Manual de fertirrigación. Fondo Nacional de Desarrollo Regional. La Serena. Chile. p. 4 y 5.

INIA (INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA, PERÚ). 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinoa en el Perú. Lima – Perú. p. 21

ISOBE, K.; SATO R.; SAKAMOTO S.; TATSUYA, T.; MIYAMOTO, M.; HIGO, M.; TORIGOE, Y. 2015. Studies on optimum planting density of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) variety NL-6 considering efficiency for light energy utilization, matter production and yield. Japanese Journal of Crop Science. vol. 84. núm . 4 p. 369-377

KAMISATO M., J.L. 2004. Evaluación del efecto de tres niveles de fertilización y dos niveles de riego en el comportamiento de dos variedades de kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) en la costa central. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima – Perú. UNALM. 55 p.

KARYOTIS, TH.; ILIADIS, C.; NOULAS, CH.; MITSIBONAS, TH. 2003. Preliminary research on seed production and nutrient content for certain quinoa varieties in a saline-sodic soil. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 189 (6): 402-408.

KUEHL, R.O.2001. Diseño de experimentos: principios estadísticos de diseño y análisis de Investigación. Universidad de Arizona. Segunda edición. Arizona. Estados Unidos. 666 p.

LEÓN, J. 2003. Cultivo de la quinua en Puno-Perú. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú. p. 3, 5, 24 y 31.

LEÓN G., R. 2014. Respuesta del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) línea mutante La Molina 89-77 a tres regímenes de riego en condiciones de La Molina. Tesis Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM. 106 p.

LEONARDO L., V.T. 1985. Estudio de cuatro densidades de siembra y tres niveles de abonamiento en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM. 82 p.

LÓPEZ, J.C. 2009. Estudio de la eficiencia en el uso del nitrógeno en el café. Fragmento de la tesis del autor para optar el título de Magíster en Sistemas de Producción Agropecuaria. Centro Nacional de Investigaciones de Café. Caldas. Colombia. 350 p.

LUMBRERAS, L.G.; KAULICKE, P.; SANTILLANA, J.I.; ESPINOZA, W. 2008. Economía prehispánica (Tomo 1). En: compendio de historia económica del Perú. Ed. Carlos Contreras. Banco Central de Reserva del Perú e Instituto de Estudios peruanos. p. 53-77

MARCA, S. V. 2001. Producción y manejo de semilla de quinua. Primer taller internacional sobre quinua. Lima. Editores S. – E Jacobsen, A. Mujica y Z. Portillo. Lima. Perú. p. 129-133

MENDOZA S., V. 2013. Comparativo de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en condiciones de costa central. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM. 138 p.

MERCEDES M., W. 2005. Efecto del estrés hídrico en la fisiología y rendimiento de cuatro variedades del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima – Perú. UNALM 72 p.

MINAGRI (MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, PERÚ). 2013. Quinoa: principales aspectos de la cadena productiva. Consultado el 13 de agosto de 2016. Disponible en:http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomi_quinoa.pdf

MUJICA, A.; JACOBSEN S.-E.; IZQUIERDO, J.; MARATHEE, J. P. 2001. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Food and Agriculture Organization (FAO), “Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro”, cap. I Versión 1.0, Santiago, Chile. En CD ROM.

MUJICA, A. 1999. Libro de campo de la prueba americana y europea de quinua. FAO, UNAPuno. Editor Centro Internacional de la papa. Lima – Perú. 41 p.

NAVRUZ, V.S y SANLIER, N. 2016. Nutritional and health benefits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Gazi University. Turkey. 6 p

NOULAS, CH.; KARYOTIS. TH.; ILIADIS C. 2015. State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013. FAO & CIRAD. Rome. p. 492-510

ORTIZ-MONASTERIO, J.I.; MANSKE, G.; VAN GINKEL, M.2012. Eficiencia del uso de nitrógeno y del fósforo. Fitomejoramiento fisiológico I: enfoques interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. p. 33-42

QUISPE, H. y JACOBSEN, S.E. 2001. Tolerancia a la salinidad en quinua. Primer taller internacional sobre quinua. Lima – Perú. p. 187 y 189

QUISPE G., L. 2015. Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Pasankalla en condiciones de costa central. Tesis Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM 89 p.

RAUN, W.R.; JHONSON, G.N. 2003. Nitrogen response index as a guide to fertilizer management. *Journal of Plant Nutrition* vol. 26. p. 249-262.

REPO-CARRASCO, R. 1992. Cultivos andinos y la alimentación infantil. Investigaciones Nº 1. Servicio Editoriales Didi de Arteta S.A. Lima. Perú. 180 p.

REPO-CARRASCO, R.; ESPINOZA, C.; JACOBSEN, S.E. 2003. Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*. vol. 19, 179–189 p.

RISCO M., A. 2011. Efecto de cinco propuestas de abonamiento y dos distanciamientos entre surcos en el rendimiento y calidad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Vilcashuamán – Ayacucho. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM. 93 p

RISCO M., A. 2014. Severidad de *Peronospora variabilis* Gaum en *Chenopodium quinoa* Willd. Pasankalla como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulante. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú. 102 p.

SÁNCHEZ, V. J. 2000. Fertirrigación: principios, factores y aplicaciones. Seminario de Fertirrigación Apukai-Comez. Lima – Perú. p 1, 3-5

SÁNCHEZ V., M.V.2015. Identificación preliminar de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con mayor eficiencia en el uso de nitrógeno. Tesis para optar el título de Ing. Agrónomo. Lima – Perú. UNALM. 114 p.

SAS INSTITUTE INC. 2008. SAS/STAT User's Guide. Ver.9.2. Cary, NC.SAS Institute.

STIKIC, R.; GLAMOCLIJ, D.; DEMIN, M.; VUCELIC-RADOVIC, B.; JOVANOVIC, Z.; MILOJKOVIC-OPSENICA, D.; JACOBSEN S.E.; MILOVANOVIC, M. 2011. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. Faculty of Agriculture and Chemistry. University of Belgrade. Serbia. *Journal of Cereal Science* vol. 55. p. 132-138

TAPIA T., F. 2003. Influencia de dos tecnologías de cultivo en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en costa. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Lima – Perú. UNALM. 100 p.

VERHULST, N.; FRANCOIS, I.; GRAHMANN, R.C.; GOVAERTS, B. 2015. Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. p. 3.

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 1: Programación de riego campaña setiembre 2014 a enero 2015

PROGRAMACION DE RIEGO EN QUINUA											
NECESIDADES HIDRICAS DEL CULTIVO DE QUINUA DURANTE LA CAMPAÑA								MODELO DE EMISOR		EURODRIP	
BENEFICIARIO:		TESIS PRE GRADO: PATRICIA DEZA						DESCARGA DEL EMISOR (lph)		0.8	
GRUPO DE GESTIÓN:		PATRICIA	CULTIVO			QUINUA - 4 VARIEDADES		PRECIPITACIÓN HORARIA (mm/		5.19	
JUNTA DE USUARIOS:		LA MOLINA	ESTACIÓN CLIMATOLOGICA			VON HUMBOLDT		CAPACIDAD DE RIEGO (m3/ha/h		31.3	
MES	DIAS	Eto (mm) (1)	Kc (2)	Etc (mm) (1*2)	Pe (mm) (3)	Eficiencia (%) (4)	Lamina de Riego (mm/día) (5)	M3/ha/día	Tiempo de riego (h) (5/6)	Consumo en M3/ha mes	OBSERVACIONES
SETIEMBRE	18	2.34	0.60	1.40	0.00	0.90	1.56	15.60	0.30	468.00	12 y 13/09/2014 Siembra
OCTUBRE	31	2.84	0.95	2.70	0.00	0.90	3.00	29.98	0.58	929.31	
NOVIEMBRE	30	3.5	0.97	3.40	0.00	0.90	3.77	37.72	0.73	1131.67	
DICIEMBRE	31	3.5	0.60	2.10	0.00	0.90	2.33	23.33	0.45	723.33	
ENERO	0	4.43		0.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	Cosecha
TOTAL PV	110									3252.31	
DISTANCIA ENTRE LATERALES: 0.8 m		2 Rollo de Cinta de Riego Ro-Drip; 16 mm; 8 mil wal; 20 cm spacing; 500 LPH/100; 0.55 BAR (508-20-500).									
DISTANCIA ENTRE GOTEROS: 0,20 cm											
NA SOLA FILA DE MANGUERA POR SURCO											

ANEXO N° 2: Randomizacion detallada del experimento realizado durante la campaña setiembre 2014 a enero 2015

**CABECERA DE RIEGO
HILERAS DE SIEMBRA 1**

FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL - F1				FERTILIZACIÓN FERTIRRIEGO - F2			
1	2	3	4	1	2	3	4
LM 8977 101	INIA SALCEDO 102	MUTANTE GRANO NEGRO 103	NEGRA COLLANA 104	LM 8977 101	INIA SALCEDO 102	MUTANTE GRANO NEGRO 103	NEGRA COLLANA 104
MUTANTE GRANO NEGRO 204	NEGRA COLLANA 203	LM 8977 202	INIA SALCEDO 201	MUTANTE GRANO NEGRO 204	NEGRA COLLANA 203	LM 8977 202	INIA SALCEDO 201
LM 8977 301	MUTANTE GRANO NEGRO 302	NEGRA COLLANA 303	INIA SALCEDO 304	LM 8977 301	MUTANTE GRANO NEGRO 302	NEGRA COLLANA 303	INIA SALCEDO 304
LM 8977 404	MUTANTE GRANO NEGRO 403	NEGRA COLLANA 402	INIA SALCEDO 401	LM 8977 404	MUTANTE GRANO NEGRO 403	NEGRA COLLANA 402	INIA SALCEDO 401

**CABECERA DE RIEGO
HILERAS DE SIEMBRA 2**

FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL - F1				FERTILIZACIÓN FERTIRRIEGO - F2			
1	2	3	4	1	2	3	4
LM 8977 101	INIA SALCEDO 102	MUTANTE GRANO NEGRO 103	NEGRA COLLANA 104	LM 8977 101	INIA SALCEDO 102	MUTANTE GRANO NEGRO 103	NEGRA COLLANA 104
MUTANTE GRANO NEGRO 204	NEGRA COLLANA 203	LM 8977 202	INIA SALCEDO 201	MUTANTE GRANO NEGRO 204	NEGRA COLLANA 203	LM 8977 202	INIA SALCEDO 201
LM 8977 301	MUTANTE GRANO NEGRO 302	NEGRA COLLANA 303	INIA SALCEDO 304	LM 8977 301	MUTANTE GRANO NEGRO 302	NEGRA COLLANA 303	INIA SALCEDO 304
LM 8977 404	MUTANTE GRANO NEGRO 403	NEGRA COLLANA 402	INIA SALCEDO 401	LM 8977 404	MUTANTE GRANO NEGRO 403	NEGRA COLLANA 402	INIA SALCEDO 401