

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“DENSIDAD POBLACIONAL EN LOS CARACTERES
AGRONÓMICOS, CALIDAD Y RESPUESTA AL MILDIU DE LA
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Presentada por:

OLENKA MARILUZ SANGSTER

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

LIMA – PERU

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA

**“DENSIDAD POBLACIONAL EN LOS CARACTERES
AGRONÓMICOS, CALIDAD Y RESPUESTA AL MILDIU DE LA
QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)**

Presentada por:

OLENKA MARILUZ SANGSTER

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Mg. Sc. Guillermo Sánchez Velásquez
PRESIDENTE

Dra. Luz Gómez Pando
ASESORA

Ing. Mg. Sc. Enrique Aguilar Castellanos
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Jorge Castillo Valiente
MIEMBRO

Lima – Perú

2018

AGRADECIMIENTOS

1. Al Proyecto VLIR, por el financiamiento para la realización de la presente tesis.
2. A la Universidad Nacional Agraria La Molina, por brindarme los conocimientos necesarios para ser una profesional.
3. Al Programa de Cereales, por su apoyo incondicional.
4. A la Dra. Luz Gómez Pando, por lo enseñado, por su apoyo y paciencia, y por ser mi guía y respaldo durante del desarrollo de este trabajo.

INDICE GENERAL	Pag.
I. Introducción	1
II. Objetivos	2
III. Revisión de literatura	2
3.1. Antecedentes históricos	2
3.2. Posición taxonómica	3
3.3. Descripción Botánica	4
3.4. Condiciones óptimas para el cultivo de quinua	5
3.5. Densidad de siembra	7
3.6. Épocas de siembra	9
3.7. Labores de mantenimiento del cultivo	11
3.7.1. Deshierbo	11
3.7.2. Aporque	11
3.7.3. Desahije	12
3.7.4. Purificación	12
3.7.5. Fertilización	12
3.8. Enfermedades	13
3.8.1. Ecología del patógeno	14
IV. Materiales y Métodos	14
4.1. Ubicación del campo experimental	14
4.2. Características climáticas	15
4.3. Características del suelo	15
4.4. Materiales	15
4.4.1. Material Genético	15

4.4.2. Descripción de las variedades	15
4.4.3. Materiales y equipos de campo	18
4.4.4. Materiales y equipos de laboratorio	18
4.5. Metodología	19
4.5.1. Manejo del Cultivo	19
4.5.2. Evaluaciones: Fase de campo	19
4.5.3. Evaluaciones: Fase de laboratorio	23
4.6. Diseño Experimental	23
4.6.1. Características del área experimental	23
4.6.2. Tratamientos en estudio	24
4.6.3. Diseño experimental	24
V. Resultados y discusiones	26
5.1. Rendimiento de grano	30
5.2. Altura de planta	34
5.3. Días a la floración	36
5.4. Días a la maduración	38
5.5. Porcentaje de mildiu	41
5.6. Porcentaje de proteína	47
5.7. Peso de mil granos	50
5.8. Análisis de costos	53
VI. Conclusiones	56
VII. Recomendaciones	57
VIII. Referencias bibliográficas	58
IX. Anexos	66

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Posición taxonómica de la quinua.....	4
Tabla 2: Grupos agroecológicos de la quinua y su adaptación a temperaturas mínimas y precipitaciones.....	6
Tabla 3: Descripción de la variedad La Molina 89.....	17
Tabla 4: Descripción de la variedad Salcedo INIA.....	18
Tabla 5: Descripción de la variedad Pasankalla.....	19
Tabla 6: Descripción de la variedad Negra Ccollana.....	20
Tabla 7: Cuadrados medios del análisis combinado de las variables rendimiento (kg/ha), altura de planta (cm), días a la floración y días a la maduración de las cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) con dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra - San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.....	30
Tabla 8: Medias de las variables rendimiento (kg/ha), altura de planta (cm), días a la floración y días a la maduración de las cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra - San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.....	31
Tabla 9: Medias de las variables rendimiento (kg/ha), altura de planta (cm), días a la floración y días a la maduración de dos densidades de siembra de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en promedio de cuatro variedades en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jaula – Junín.....	32
Tabla 10: Promedio de datos observados de la variable porcentaje de infección por Mildiu para las cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en el análisis combinado	44
Tabla 11: Porcentaje promedio de la variable Porcentaje de infección por Mildiu para las cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en el tratamiento con una hilera para cada mes de evaluación	46

Tabla 12: Porcentaje promedio de la variable Porcentaje de infección por Mildiu para las cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en el tratamiento con dos hileras para cada mes de evaluación.....	48
Tabla 13: Cuadrados medios del análisis combinado de las variables contenido de proteína (%) y peso de mil granos (g) de las cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) con dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.....	50
Tabla 14: Medias de las variables de contenido de proteína (%) y peso de mil granos (g) de cuatro variedades de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en promedio de dos densidades en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.....	51
Tabla 15: Medias de las variables de contenido de proteína (%) y peso de mil granos (g) de dos densidades de siembra de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en promedio de cuatro variedades en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.....	51
Tabla 16: Costos por hectárea del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para el tratamiento de una hilera en condiciones del IRD Sierra, San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.....	58
Tabla 17: Costos por hectárea del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) para el tratamiento de dos hileras en condiciones del IRD Sierra, San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.....	69

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Tabla de porcentaje de severidad del Mildiu en quinua.....	26
Figura 2: Distribución de los tratamientos en el espacio.....	29

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Promedios mensuales de temperatura máxima y mínima, humedad relativa y precipitación. Setiembre a Agosto del 2014 y 2015. Fuente: Estación San Juan de Yanamucllo, Jauja.

Anexo 2: Análisis de fertilidad del suelo del campo experimental del fundo San Juan de Yanamucllo

Anexo 3: Análisis de Variancia para la Variable Rendimiento – Una Hilera.

Anexo 4: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Maduración – Una Hilera.

Anexo 5: Análisis de Variancia para la Variable Días a la Floración – Una Hilera.

Anexo 6: Análisis de Variancia para la Variable de la Altura de plata – Una Hilera.

Anexo 7: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Población – Una Hilera.

Anexo 8: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Proteína – Una Hilera.

Anexo 9: Análisis de Variancia para la Variable Peso de 1000 granos – Una Hilera.

Anexo 10: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Rendimiento – Una Hilera.

Anexo 11: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Días a la Floración – Una Hilera.

Anexo 12: Análisis de la Prueba de Tuckey para Variable Días a la Maduración – Una Hilera.

Anexo 13: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Altura de planta – Una Hilera.

Anexo 14: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Población – Una Hilera.

Anexo 15: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Proteína – Una Hilera.

Anexo 16: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Peso de 1000 granos – Una Hilera.

Anexo 17: Análisis de Variancia para la Variable Rendimiento – Dos Hileras.

Anexo 18: Análisis de Variancia para la Variable Días a la Maduración – Dos Hileras.

Anexo 19: Análisis de Variancia para la Variable Días a la Floración – Dos Hileras.

Anexo 20: Análisis de Variancia para la Variable Altura de planta – Dos Hileras.

Anexo 21: Análisis de Variancia para la variable Porcentaje de Población – Dos Hileras.

Anexo 22: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Proteína – Dos Hileras.

Anexo 23: Análisis de Variancia para la Variable Peso de 1000 granos – Dos Hileras.

Anexo 24: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Rendimiento – Dos Hileras.

Anexo 25: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Días a la Floración – Dos Hileras.

Anexo 26: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Días a la Maduración – Dos Hileras.

Anexo 27: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Altura de planta – Dos Hileras.

Anexo 28: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Población – Dos Hileras.

Anexo 29: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Proteína – Dos Hileras.

Anexo 30: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Peso de 1000 granos – Dos Hileras.

Anexo 31: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Rendimiento.

Anexo 32: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Días a la Floración.

Anexo 33: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Días a la Maduración.

Anexo 34: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Altura de planta.

Anexo 35: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Porcentaje de Población.

Anexo 36: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Porcentaje de Proteína.

Anexo 37: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Peso de 1000 granos.

Anexo 38: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Rendimiento.

Anexo 39: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Altura de planta.

Anexo 40: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Días a la Floración.

Anexo 41: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Días a la Maduración.

Anexo 42: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Porcentaje de Población.

Anexo 43: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Porcentaje de Proteínas.

Anexo 44: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Peso de 1000 granos.

Resumen

El aumento de la demanda de quinua en el mercado nacional e internacional determinó el incremento de la superficie cultivada, la introducción de variedades de ecotipos diferentes en las zonas productoras y la necesidad de desarrollar tecnologías de cultivo apropiadas. El presente experimento tuvo como objetivos: (1) evaluar el efecto de dos densidades de siembra en caracteres agronómicos. (2) Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en el desarrollo de enfermedades (mildiu). (3) Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en la calidad del producto final y (4) determinar el efecto de dos densidades en los costos del cultivo. La fase de campo se realizó en el Fundo de Yanamucló a 3200 msnm, en la provincia de Jauja, Junín. Se emplearon dos experimentos independientes, una hilera de plantas/surco y el otro experimento con dos hileras de plantas/surco. Ambos experimentos se manejaron de manera paralela y con las mismas aplicaciones fitosanitarias y de nutrición, por lo que la única variable es la densidad de siembra utilizada. Para cada experimento, se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Cada experimento por lo tanto estuvo conformado por doce parcelas. El promedio de rendimiento del grano obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades varió de 602.02 a 735.35 kg/ha para una hilera y dos hileras respectivamente. El valor de la altura de plantas de las variedades, en promedio de las dos densidades varió de 72.94 a 80.75 cm; correspondiendo el valor más bajo al tratamiento de una hilera y el más alto al tratamiento de dos hileras. La severidad del mildiú (*Perenospora variabilis*) en el experimento fue muy variable en la misma variedad oscilando de 30 a 100%, las variedades resultaron muy susceptibles a esta enfermedad a lo largo del ciclo de vida y en las dos densidades, con una ligera mayor intensidad en el experimento de 2 hileras. El promedio del contenido de proteína del grano obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades varió de 11.81 (2 hil) a 12.29% (1 hil). El promedio del peso de mil granos obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades varió de 128.2 a 129.8 g; para una hilera y dos hileras; respectivamente. El análisis de costos indica que el método con mejor rentabilidad es el experimento con doble hilera.

Palabras clave: quinua, densidad, mildiu.

Abstract

Quinoa is valuable for its large amount of proteins, minerals and vitamins that contribute perfectly to a balanced diet. The increase of the demand of quinoa in the national and international market determined the increase of the cultivated surface, the introduction of varieties of different ecotypes in the producing areas and the need to develop appropriate cultivation technologies. The objective of the present experiment was: (1) evaluate the effect of two planting densities on agronomic characters. (2) evaluate the effect of two planting densities on the development of diseases (mildew) (3) evaluate the effect of densities on the quality of the final product and to (4) determine the effect of two densities on crop costs. The field phase was carried out in the IRD Sierra of San Juan de Yanamucllo at 3200 masl, in the province of Jauja - Junín. , where they were cultivated. Two independent experiments were seeded (one with one row of plants / furrow and the other experiment with two rows of plants / furrow.) with different densities and the objective was to determine which of the systems is the most recommended for the sowing of this native grain. The laboratory phase was carried out at the UNALM Campus - Quality and Seed Laboratory of the Native Cereals and Grains Program. Both experiments were handled in parallel and with the same phytosanitary and nutritional applications, so the only variable is the density of seeding used. For each experiment, the design of complete blocks was used at random, with 4 treatments and three repetitions. Each experiment therefore consisted of 12 plots. The average grain yield obtained for the two average densities of the four varieties varied from 602.02 to 735.35 kg / ha for 1 hil and 2 hil; respectively. The value of the height of plants of the varieties, on average of the two densities varied from 72.94 to 80.75 cm; the lowest value corresponds to the treatment of one row and the highest to the treatment of two rows. The severity of mildew (*Perenospora variabilis*) in the experiment was very variable in the same variety ranging from 30 to 100%, the varieties were very susceptible to this disease throughout the life cycle and in the two densities, with a slightly higher intensity in the 2-row experiment. The average protein content of the grain obtained for the two average densities of the four varieties ranged from 11.81 (2 h) to 12.29% (1 h). The average thousand-grain weight obtained for the two average densities of the four varieties ranged from 128.2 to 129.8 g; for one row and two rows; respectively. The cost analysis indicates that the method with the best profitability is the experiment with double row.

Key words: quinoa, density, mildew.

I. INTRODUCCION

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo originario de la zona andina distinguido actualmente a nivel mundial por su alto contenido nutritivo, con aproximadamente 12 – 16 por ciento de proteína, con una composición de aminoácidos esenciales muy favorable y con alto contenido de lisina (**Mujica y Canahua, 2013**).

Estas características unidas a su tolerancia a factores adversos de suelo y clima han hecho de la quinua una alternativa muy rentable para los agricultores incrementándose en forma significativa su cultivo. Se cuenta con un buen número de variedades mejoradas; sin embargo, se requiere conocer más sobre las tecnologías de cultivo en las diferentes áreas agrícolas para optimizar su rendimiento y calidad. (**Bazile, 2014**)

El incremento de la demanda nacional e internacional de la quinua requiere una mayor producción para satisfacerla. Existen diversas formas de incrementar la producción tales como empleo de variedades mejoradas, tecnologías apropiadas de cultivo en mejores condiciones de clima. Si bien en algunos lugares del Perú ya se está generalizando el uso de una buena tecnología de producción se requiere en otras zonas, especialmente en la sierra, optimizar ciertas labores culturales como es el caso del número de plantas por hectárea; debido al incremento significativo del tamaño de parcelas productoras actuales, considerando que en el pasado la quinua se sembraba en pequeñas extensiones, como separador de melgas de otros cultivos o en el borde de las parcelas. Para determinarlo es esencial considerar la morfología de la planta, tamaño de la planta y el distanciamiento entre surcos, el número de hileras por surco y otros factores.

En base a lo anteriormente señalado se realizó este experimento con los objetivos que se describen a continuación

II. OBJETIVOS

2.1.1. GENERAL

- Contribuir al desarrollo de tecnologías de cultivo apropiadas para la quinua bajo condiciones del Valle del Mantaro.

2.1.2. ESPECIFICOS

- Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en caracteres agronómicos.
- Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en el desarrollo de enfermedades (mildiu)
- Evaluar el efecto de las densidades en la calidad del producto final.
- Determinar el efecto de dos densidades en los costos de cultivo

III. REVISION DE LITERATURA

3.1. Antecedentes históricos

Las culturas antiguas sudamericanas han sido las impulsadoras de la domesticación de *C. quinoa* a lo largo de los andes durante por lo menos 5000 años, de manera que actualmente existen especies semi-malezas hasta variedades comerciales de alto rendimiento (**Jacobsen, 2003 y Mujica, 2004**).

Probablemente la quinua silvestre fue empleada como alimento a nivel de hoja y grano. Su proceso de domesticación es evidenciado a través de su representación en ceramios de la cultura Tiahuanaco, donde se representó plantas de quinua con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo que representan las razas primitivas. El proceso de domesticación originó la selección de caracteres relacionados con el uso y el manejo agronómico; transformando la planta de quinua. Entre las modificaciones destacan: inflorescencias en el extremo terminal de la planta, mayor tamaño de planta y semilla, menos mecanismos de dispersión de semillas, altos niveles de

pigmentación, genotipos precoces, intermedios, tardíos, tolerancia a estreses, etc. (Wiener y Reategui, 2011).

Según **Tapia y Fries (2007)**, fue domesticada por las culturas preincaicas y se utiliza en la alimentación desde hace por lo menos unos 3000 años.

La gran diversidad de la quinua se ha asociado a cinco ecotipos principales, los cuales son: Altiplano (Perú y Bolivia), Valles interandinos (Colombia, Ecuador y Perú), Salares (Bolivia, Chile y Argentina), Yungas (Bolivia), y Zonas Costera/Tierras bajas (Chile); los germoplasmas de cada ecotipo se asumen como descendientes de las variedades domesticadas en la cuenca del Lago Titicaca (**Planella et al, 2014**).

3.2. Posición taxonómica

La quinua pertenece al género *Chenopodium*, familia *Amaranthaceae*, Sub Familia *Chenopodioideae* lo cual se menciona en la tabla 1. El género *Chenopodium* es el principal dentro de esta Sub familia y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies (FAO, 2011).

La quinua es un alotetraploide y se han estado buscando de diversas maneras los ancestros diploides de la quinua. Después de muchos estudios citogenéticos que fueron realizados con hibridación fluorescente con la secuencia 18-24J, se informa que el subgenoma de la quinua es similar a *C. berlandieri* y *C. álbum* (Planella et al, 2014).

Tabla 1: Posición taxonómica de la quinua

CLASIFICACIÓN TAXONOMICA

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Amaranthaceae
Subfamilia:	Chenopodioideae
Tribu:	Chenopodieae
Género:	<i>Chenopodium</i>
Especie:	<i>C. quinoa</i>

Fuente: FAO, 2011

3.3. Descripción Botánica

Es una planta dicotiledónea, herbácea y anual. Sus características morfológicas, de coloración y comportamiento difieren según la variedad y las diferentes zonas agroecológicas donde se cultiva (FAO, 2011).

Tiene una raíz fibrosa pivotante. El tallo es cilíndrico o anguloso, puede llegar a una altura de hasta 300 cm, siendo las más altas las que crecen en los valles, en comparación a las de zonas frías (Mujica et al., 2001) y sus coloraciones son variables, desde el verde al rojo. Las hojas son alternas y poli formas en la misma planta y contiene papilas ricas en oxalatos que las protegen contra las heladas y que favorecen la absorción y la retención de humedad atmosférica.

La quinua tiene una inflorescencia racimosa, conocida como panoja. La compactación y longitud de esta estructura está relacionada directamente con los rendimientos del cultivo: las inflorescencias densas y de mayor tamaño (70 cm), pueden llegar a un rendimiento de 220 g por planta (**Mujica et al., 2001; Tapias y Fries, 2007**). Las flores tienen un tamaño máximo de 3 mm, son incompletas, es decir carecen de pétalos y pueden ser hermafroditas o pistiladas.

El fruto es un aquenio, con un perigonio que se desprende fácilmente, tiene forma cilíndrica y es de diferentes colores. Las partes del fruto incluyen el pericarpio o envoltura del fruto, el cual está adherido a la semilla y donde se encuentra la saponina. La semilla está formada por episperma o capa de la semilla, el embrión que constituye el 30% del volumen total de la semilla y el perisperma que es el principal tejido de almacenamiento y representa el 60% de la superficie de la semilla (**Corredor 2003; Tapia y Fries, 2007**).

3.4. Condiciones óptimas para el cultivo de quinua

La quinua se cultiva ampliamente en todos los Andes, desde Colombia hasta el norte de Argentina. Dada su gran variabilidad genética, los requerimientos del cultivo son diferentes para los genotipos. La quinua se adaptó a diferentes condiciones agroclimáticas y edáficas haciendo posible su cultivo desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm, desde zonas áridas, hasta zonas húmedas y tropicales (**Mujica et al., 2001**).

Su periodo vegetativo varía desde los 90 hasta los 240 días, crece en zonas con precipitaciones desde 200 a 1200 mm anuales. La planta es muy eficiente en el uso del agua, no obstante, requiere como mínimo de 30 a 45 mm para la germinación (**Calla et al., 2012**).

La quinua se cultiva con precipitaciones que varían desde los 200 mm anuales en los Salares de Bolivia hasta aquellas mayores a los 2000 mm en las Yungas. A pesar de ser una planta C3, es muy eficiente en el uso de agua puesto que posee

mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo resistir el déficit de humedad, sino que también puede obtenerse producción favorable con altos porcentajes de agua en el suelo (Tapia, 1997).

En la tabla 2 se observa los distintos grupos agroecológicos con su respectiva precipitación mínima para que el cultivo pueda ser viable.

Tabla 2: Grupos agroecológicos de la quinua y su adaptación a temperaturas mínimas y precipitaciones

Grupo	Precipitación	Temperatura mínima
Valle	700 – 1500 mm	3°C
Altiplano	400 – 800 mm	0°C
Salares	250 – 450 mm	-1°C
Nivel del mar	800 – 1500 mm	5°C
Yungas	1000 – 2000 mm	7°C

Fuente: Tapia (2000)

El rango de temperatura óptima para el cien por ciento de germinación en quinua es de los 18 y 23 °C (Bois *et al.*, 2006). También menciona que la siembra en bajas temperaturas puede inducir a una inhibición total en el número de semillas germinadas, esto debido a la muerte del embrión.

Es muy tolerante a los factores abióticos adversos como la sequía, heladas, salinidad de suelos (Mujica *et ál.*, 2001). Ceccato (2014) señala que se deben realizar estudios del efecto de estos factores ambientales lo que permitirá establecer el manejo más apropiado y la elección de variedades que se adapten mejor a estas condiciones.

La quinua prefiere suelos francos con un buen contenido de materia orgánica, poco inundables, pues el exceso de humedad es una de las mayores limitantes para su desarrollo. El pH o acidez del suelo debe ser neutro o ligeramente alcalino a excepción de algunas variedades que se adaptan a suelos ácidos. El pH óptimo varía entre 6.5-8.0, sin embargo, puede prosperar bien hasta un pH de 9, esto dependerá de la variedad de quinua elegida (**Mujica et al., 2001**).

La siembra de la quinua en localidades de la sierra peruana se realiza entre octubre y diciembre bajo condiciones secas, la siembra debe esperar el periodo de lluvias que se inicia en estos meses.

3.5. Densidad de siembra

Blanco (1969), en un experimento de quinua, establecido en Bolivia en condiciones de secano, empleando diferentes distanciamientos entre surcos, observó que 60 y 80 cm. fueron los mejores distanciamientos entre surcos; con mayor porcentaje de plantas vigorosas a mayor distanciamiento entre ellas.

Ortiz (1974), comparó tres distanciamientos entre surcos (20, 30 y 40 cm.), concluyendo que el distanciamiento de 40 cm. fue significativamente superior a los otros dos. El mayor distanciamiento permitió un mejor deshierbo y aplicación de pesticidas, a la vez que disminuyó el peligro de dañar las plantas al realizar labores agronómicas.

Risi (1984), en experimentos de distanciamientos entre surcos y cantidades de semillas, determinó que el mejor distanciamiento entre surcos fue 40 cm con 15 kg/ha de semillas.

Estudios realizados en Ecuador, determinaron que en suelos fértiles y con buena humedad, las mayores densidades de siembra y población dan mayores rendimientos de grano (**León, 2003**).

Tapia (2003), en un experimento en el que se prueba quinua a 2 distanciamientos entre surcos (0.4 y 0.8 m.) observó que las plantas sembradas a 0.4 m. fueron más pequeñas y presentaron menores porcentajes de tumbados o acame, mientras que las plantas a 0.8 m. fueron más grandes y desarrollaron panojas de mayor longitud, siendo mayor la incidencia de acame.

La densidad de siembra generalmente utilizada en la costa peruana es de 10 kg/ha, sin embargo, esta cantidad de semilla para la región sierra, especialmente en Puno, varía de 15 a 20 kg/ha. La cantidad de semillas a usar en la siembra varía de acuerdo a la preparación del suelo, sistema de siembra y calidad de la semilla (**León, 2003**)

Según **Calla (2012)**, la densidad de siembra dependerá de las semillas y del sistema de siembra empleado, es mayor si la siembra es al voleo, mientras que será más baja si la siembra se hace en surcos. Se debe tener en cuenta la densidad de siembra, pues a mayor cantidad de plantas por metro cuadrado ocurrirá mayor competencia por los nutrientes, esto puede causar plantas débiles y mayor incidencia de plagas y enfermedades.

El Manual de **Requisitos y recomendaciones para la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para la producción en el cultivo de quinua (2013)**, menciona que, cuando se emplean semillas de buena calidad y en condiciones óptimas de humedad de suelo y precipitaciones, con un mínimo de una vez por semana, solo requiere 10 kg de semilla por hectárea; mientras que cuando las condiciones son adversas, se debe emplear de 12 a 15 kg por hectárea. Recomiendan también una densidad adecuada de 12 a 20 plantas por metro lineal al llegar a la cosecha, es decir, 150 000 plantas como mínimo por hectárea y 250 000 plantas como máximo.

Según **Gómez y Aguilar (2016)**, la cantidad de semillas a emplear depende del tamaño de las semillas, de las zonas de siembra y del tipo de siembra (manual o mecanizada). La población se define al final del raleo. Se recomienda 50 plantas por metro lineal, debido a que se van perdiendo plantas a todo lo largo del ciclo de vida por diversos factores.

3.6. Épocas de siembra

Según **Suquilanda (2003)**, la siembra de quinua se efectúa entre octubre y enero, pues en estos meses se aprovecha las lluvias que marcan el inicio de la temporada agrícola en la sierra peruana. En sectores donde se dispone de algún sistema de riego, la siembra se puede realizar en cualquier temporada, lo único que se necesita es la disponibilidad de la semilla.

Asimismo, la época de siembra depende de la altitud, las lluvias y la variedad a sembrar. La referencia para determinar el mes de siembra es que, a mayor altitud, la siembra se realiza lo más pronto posible (octubre) pudiendo esperar a más tardar hasta quincena de noviembre. Solo se puede retrasar la siembra de las variedades precoces (**Flores y Chilquillo et al., 2010**).

La quinua es un cultivo muy exigente en la fecha apropiada de siembra, especialmente en la sierra peruana, donde el clima es bastante impredecible y se produce bajo sistema de secano. Es por ello que se debe realizar la siembra cuando la pluviosidad de la zona está empezando (por lo menos 4 mm de lámina de agua para asegurar su germinación) (**Gómez y Aguilar, 2013**).

Según **SENASA (2013)**, la quinua debería ser sembrada, por lo menos con 30-45 mm de precipitación, con esto se pretende asegurar la germinación y el establecimiento de la plantación.

Para las variedades tardías con un alto potencial de rendimiento, una siembra temprana es un requisito importante, sin embargo, para las variedades precoces, la siembra puede darse hasta noviembre, especialmente por la falta de lluvias (**Gómez y Aguilar, 2016**).

En la sierra peruana, la siembra corre un alto riesgo de perderse en caso se dé en plena época de lluvias, pues la quinua en la etapa de germinación-emergencia es muy susceptible a la excesiva humedad del suelo (**SENASA, 2013**). Por esta razón se han determinado épocas óptimas en cada zona:

- Región Puno: desde fines de septiembre hasta la quincena de noviembre. En esta zona se adelanta la siembra pues, la mayoría de sus unidades productivas se encuentran sobre los 3500 msnm.
- Región Ayacucho, Apurímac, Junín y Cusco: las grandes siembras se inician entre la quincena de octubre hasta fines de noviembre. Sin embargo, en las zonas bajas de estas regiones, las siembras se pueden prolongar hasta fines de diciembre.
- Región La Libertad: las siembras, en la sierra, son retrasadas, iniciándose la quincena de noviembre hasta fines de diciembre. En zonas por debajo de los 3000 msnm se pueden prolongar hasta enero.
- Región Costa (Lambayeque – Piura e Ica-Arequipa): se recomienda realizar la siembra entre mayo y agosto, sin embargo, esta depende de la disponibilidad de agua, la variedad trabajada.

Según **Gómez y Aguilar (2016)**, la época de siembra debe considerar la variedad a sembrar (ciclo de vida), la ubicación de los campos y la disponibilidad de agua. En zonas nuevas, la siembra debe realizarse en épocas con temperaturas iniciales de 15 a 18°C que son óptimas para el crecimiento y desarrollo del cultivo y que deben ir incrementándose entre 20 a 25°C durante la floración, formación, crecimiento y llenado de los frutos. La maduración a la cosecha con días de sol va a favorecer un buen secado y evitar el manchado de granos.

3.7. Labores de mantenimiento del cultivo:

Son 4 las labores importantes:

3.7.1. Deshierbo:

Según **Calla et al. (2012)**, la quinua, como cualquier otro cultivo, es susceptible al ataque de malezas, lo que provoca competencia entre las plantas de quinua restándole nutrientes, agua, luz haciéndolos más vulnerables al ataque de los patógenos e insectos.

Se recomienda hacer dos deshierbos, generalmente cuando la planta tiene entre 15 a 20 cm (30 días después de la siembra) y cuando la planta está por llegar a la floración (90 días después de la siembra). Las principales malezas que se encuentran en el cultivo de quinua son:

- *Bidens pilosa* L.
- *Brassica campestris* L.
- *Trifolium amabile* H.B.K.
- *Tagetes mandonii* Sch.Bip
- *Chenopodium quinoa* var. *Melanospermum* Hunz.
- *Chenopodium album* L.

Según **Gómez y Aguilar (2016)**, las malezas nocivas o prohibidas no deben estar presentes en todas las categorías de semillas y son las semillas de las quinuas silvestres o “ajaras” (*Chenopodium quinoa* ssp. *Melanospermum*) que crecen en las zonas de cultivo de quinua.

3.7.2. Aporque:

El aporque es una labor importante y por consiguiente tiene influencia en la producción final. Las ventajas que se obtienen por esta labor son el buen sostenimiento de la planta para evitar el acame, aireación de las raíces, facilidad para la evaluación de plagas y su control (**Calla et al., 2012**).

Esta labor se recomienda realizarla inmediatamente después del deshierbo y el desahije o raleo. También permite cubrir el abono nitrogenado complementario, aplicado entre franjas de plantas (**Gómez y Aguilar, 2016**)

3.7.3. Desahíje:

Es esencial para generar un equilibrio en la densidad del cultivo de quinua y sirve para eliminar aquellas plantas débiles y pequeñas y solo dejar las que se encuentran en óptimas condiciones para la producción (**Calla et al., 2012**).

Según **Gómez y Aguilar (2016)**, se realiza junto al deshierbo, con plantas de quinua de 15 a 20 cm de altura y una humedad apropiada en el suelo. Se recomienda dejar plantas vigorosas de la variedad y eliminar las plantas más débiles, enfermas o pequeñas, o fuera de tipo.

3.7.4. Purificación:

Esta labor se realiza para eliminar plantas de apariencia muy parecida a la del cultivo de quinua, las cuales son llamadas arayas. Estas tienen granos oscuros; y si no son retirados del campo antes de la cosecha se puede tener finalmente mezcla de semillas, donde se perderá la uniformidad del lote (**Calla et al., 2012**).

3.7.5. Fertilización:

La fertilización es muy importante en el cultivo de quinua debido a su alta demanda de nutrientes. La quinua responde muy bien a la alta fertilización; alcanzando rendimientos de 6000 a 7000 kg/ha con una dosis de 300-120-300 unidades de NPK en condiciones óptimas de cultivo e irrigación. En condiciones de sierra, gran cantidad de suelos presentan baja fertilidad debido al tipo de suelo, al ambiente y a la continua siembra y cosecha por varios años sin devolver los minerales sustraídos campaña tras campaña; lo que se refleja en rendimientos bajos alrededor de los 1000 kg/ha (**Gómez y Aguilar, 2016**).

FAO (2011) indica que el requerimiento promedio de la quinua en la sierra es de 80-40-00 unidades de NPK, mientras que en la costa es de 240-200-80 unidades.

3.8. Enfermedades:

García Rada fue el primero en reportar el mildiu en el año 1947 en las ciudades de Cusco y La Libertad.

Choi et al. (2010) indica que *Pernospora farinosa* Fr. posteriormente reconocida como *Peronospora variabilis* Gaum es la especie que causa la enfermedad de mildiu en la quinua, y a través de pruebas moleculares demostraron que todos los aislamientos bolivianos corresponden a *Pernospora variabilis* y reflejan una sola población. Se ha encontrado mildiu donde quiera que se siembre quinua (Norte América, Sur América, Europa, Asia) siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan.

La reacción de la planta ante la presencia del patógeno es distinta entre los cultivares, esto se debe a que la reacción es influenciada por el genotipo de la planta, genotipo del patógeno, pigmentación de las hojas y las condiciones ambientales (**Alandía, 1979**)

Los síntomas más notorios de esta enfermedad se pueden ver rápidamente en las hojas. Primero se presentan como manchas en las hojas y tallo de color verde claro, después se van tornando amarillas y finalmente marrón oscuro a negro (**FAO, 1990**).

Cuando las infecciones son muy severas pueden originar reducciones considerables de los rendimientos. Uno de los efectos más notorios es la gran defoliación que causa este hongo y cuanto más temprano sea la infestación, el grado de defoliación es mucho mayor (**Danielsen y Ames, 2000**).

Alandia et. al (1979), en un estudio realizado en el altiplano considero dos fuentes de inóculo:

- El micelio invernante en los tejidos de las hojas, ramas y tallos que se reactivan en primavera.
- Las oosporas que están adheridas a la semilla cosechada.

Por otro lado, **Danielsen y Ames (2000)**, consideran que la fuente de inóculo inicial está en:

- El interior de la cubierta de la semilla.
- La hojarasca que queda luego de la cosecha
- Oosporas libres en el suelo.

3.8.1. Ecología del Patógeno:

En la mayor parte de la zona andina, las condiciones ambientales son ideales para el desarrollo del mildiu durante los meses con fuertes lluvias (octubre a abril), con excepción del Altiplano Sur de Bolivia, donde la precipitación anual es tan baja que el mildiu no se puede desarrollar. Temperaturas frescas y humedad relativa alta (más del 80%), favorece el desarrollo y la diseminación del mildiu (**Danielsen y Ames, 2000**).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación del Campo Experimental:

El presente experimento se llevó a cabo en el Instituto Regional de Desarrollo de Sierra de la Universidad Nacional Agraria La Molina ubicado en el Valle de “El Mantaro”, en la localidad de San Juan de Yanamuco, distrito de San Lorenzo, provincia de Jauja, departamento de Junín, altitud 3, 200 msnm. La siembra del experimento se realizó el 18 de diciembre del 2014.

4.2. Características Climáticas:

Durante la realización del experimento, las condiciones climáticas fueron registradas en la tabla Nro. 3. El cultivo se realizó solo con el agua de las precipitaciones, es decir en condiciones de secano.

4.3. Características del suelo:

El suelo del área experimental fue analizado en el Laboratorio del Departamento de Suelos de la UNALM. La muestra de suelo fue tomada siguiendo el protocolo establecido para este tipo de estudio. Los resultados obtenidos en el análisis se presentan en la tabla Nro. 4.

4.4. Materiales

4.4.1. Material genético:

Cuatro variedades de quinua:

- La Molina 89
- INIA Salcedo
- Pasankalla
- Negra Ccollana

4.4.2. Descripción de las variedades:

4.4.2.1. La Molina 89

Las plantas de color verde claro, tallo simple o sin ramificación, panoja terminal única tipo amarantiforme intermedia con una longitud variable de 30 a 50 cm. Granos de tamaño intermedio y color crema. Altura de planta de 120 – 150 cm. Es una variedad precoz con 100 – 120 días de ciclo de vida. Es susceptible al mildiu. Tiene buena adaptación al altiplano y a la costa. Su contenido de proteína varía de 10 a 13.7% y es clasificada como amarga por el nivel de saponina que presenta (**descripción proporcionada por L. Gómez Pando**).

En la tabla 3 se mencionan algunas otras características importantes de la variedad.

Tabla 3: Descripción de la variedad La Molina 89

Descripción General

Días al inicio de la panoja	50 días
Días hasta la floración	60 días
Días hasta la madurez fisiológica	90 días

Fuente: Luz Gómez (comunicación personal)

4.4.2.2. Salcedo INIA

Según el **INIA/FAO (2013)**, esta variedad está adaptada a la región agroecológica Suni del altiplano entre los 3800 y 3950 msnm, donde el clima es frío y seco con precipitaciones de 400 a 560 mm y temperaturas de 6° a 17°C. También puede adaptarse a valles interandinos y costa con 640 a 1314 msnm y con temperaturas máximas de 24° a 25°C. En la tabla 4 se puede observar los tiempos de duración de algunas fases fenológicas de la variedad Salcedo INIA.

Tabla 4: Descripción de la variedad Salcedo INIA

Descripción General

Ciclo vegetativo	150 días en el altiplano 135 días en valles interandinos 120 días en la costa
Días al inicio de la panoja	57 días
Días hasta la floración	95 días
Días hasta la madurez fisiológica	150 días

Fuente: INIA/FAO (2013)

En el caso de las características bromatológicas de esta variedad, según la investigación de **INIA/FAO (2013)**, se tiene que el porcentaje de proteína puede llegar al 16.23%, mientras que el de saponinas es casi nulo, es decir, 0.02% y la efusión de esta es dulce.

4.4.2.3. Pasankalla – INIA 415

Según el **INIA/FAO (2013)**, esta variedad está adaptada a la región agroecológica Suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, donde el clima es frío y seco con precipitaciones de 400 a 550 mm y temperaturas de 4° a 15°C. También puede adaptarse a valles interandinos entre los 2750 y 3750 msnm. En la tabla 5 se puede observar los tiempos de duración de algunas fases fenológicas de la variedad.

Tabla 5: Descripción de la variedad Pasankalla

Descripción General	
Ciclo vegetativo	144 días en el altiplano 120 días en valles interandinos 105 días en la costa
Días al inicio de la panoja	85 días
Días hasta la floración	116 días
Días hasta la madurez fisiológica	144 días

Fuente: INIA/FAO (2013)

En el caso de las características bromatológicas de esta variedad, según la investigación de **INIA/FAO (2013)**, señala que el porcentaje de proteína puede llegar al 17.83%, mientras que el de saponinas es nulo, es decir, 0%.

4.4.2.4. Negra Ccollana – INIA 420

Según el **INIA/FAO (2013)**, esta variedad está adaptada a la región agroecológica Suni del altiplano entre los 3800 y 3900 msnm, donde el clima es frío y seco con precipitaciones de 400 a 550 mm y temperaturas de 4° a 15°C. Esta variedad se usa principalmente en comidas en general (hojas y granos) y también para la

agroindustria. En la tabla 6 se puede observar los tiempos de duración de algunas fases fenológicas de la variedad.

Tabla 6: Descripción de la variedad Negra Ccollana

Descripción General

Ciclo vegetativo	138 días en el altiplano 115 días en valles interandinos
Días al inicio de la panoja	60 días
Días hasta la floración	90 días
Días hasta la madurez fisiológica	138 días

Fuente: INIA/FAO (2013)

En el caso de las características bromatológicas de esta variedad, según la investigación de **INIA/FAO (2013)**, se tiene que el porcentaje de proteína puede llegar al 17.62%, mientras que el de saponinas es nulo, es decir, 0%.

4.4.3. Insumos y Equipos de campo:

- Insumos agrícolas (fertilizantes nitrogenados, fosfóricos, potásicos y pesticidas)
- Otros (cordeles, rafia, bolsas de papel, libreta de campo, lápices, cinta métrica, etc.)
- Herramientas de campo (pala, picota, rastrillo, hoces, mochila de aplicación, etc.)
- Equipos de campo (tractor con implementos, trilladora, desbrozadora, venteadura)

4.4.4. Materiales y Equipos de Laboratorio:

- Materiales (bolsas de papel, placas petri, tubos de vidrio, pinzas, bandejas, tamices y otros)

- Equipos: balanza, balanza analítica, clasificador de granos, “INFRATEC 1255 Food & Feed Analyzer”, determinador de saponinas, entre otros.

4.5. METODOLOGIA:

Se establecieron dos experimentos independientes, en función a las dos densidades poblacionales.

4.5.1. Manejo del Cultivo:

Los experimentos se condujeron siguiendo el protocolo establecido para una siembra comercial en condiciones de secano.

4.5.1.1. Siembra:

Las semillas fueron sembradas a chorro continuo, en una y dos hileras por surco, realizando posteriormente el raleo manejando el número de plantas seleccionadas para cada experimento. Se sembró de acuerdo a las densidades elegidas de 125000 plantas/ha y de 25000 plantas/ha.

4.5.1.2. Fertilización:

Se aplicó a la siembra y al aporque. Se aplicaron 80-60-60 unidades de NPK. Las fuentes de nutrientes fueron urea, fosfato di amónico y cloruro de potasio. Durante el ciclo de vida del cultivo se aplicaron abonos foliares complementarios.

4.5.1.3. Desahíje:

Se realizo el desahíje con el objetivo de eliminar plantas débiles un mes después de la siembra.

4.5.1.4. Deshierbo:

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

4.5.1.5. Aporque:

Se realizó con tractor en el área con surco simple; mientras que, en el área con surcos mellizos se hizo un surco adicional manualmente.

4.5.1.6. Manejo de plagas:

Se realizó mayormente de forma cultural, tratando de lograr una producción ecológica y observar la respuesta de las variedades del Altiplano a las plagas en condiciones de los valles interandinos y considerando que los agricultores no aplican mayormente plaguicidas para el control de enfermedades.

4.5.1.7. Cosecha:

Se cosecharon los cuatro surcos centrales de las parcelas en el estado rayable con la uña, se secó hasta el estado de frágil bajo el diente y se procedió a la trilla y el ventilado.

4.5.2. Evaluaciones: Fase de campo

4.5.2.1. Rendimiento

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.

4.5.2.2. 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.

4.5.2.3. Altura de planta

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.

4.5.2.4. Días a la floración

Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de plantas de cada parcela presentó flores en la inflorescencia.

4.5.2.5. Días a la maduración

Número de días transcurridos desde la fecha de siembra hasta que el 50% de plantas de cada parcela presentó el estado de grano pastoso rayable con la uña.

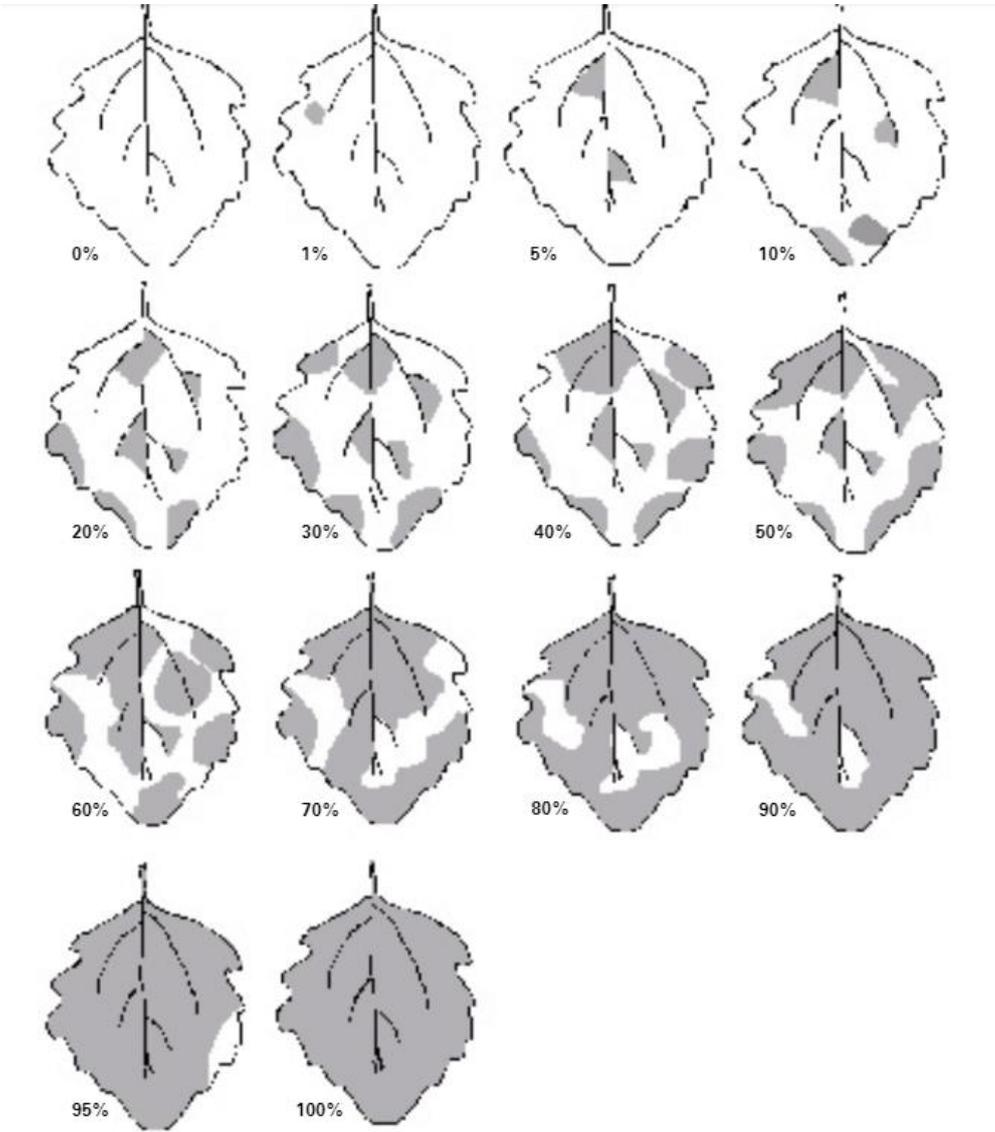
4.5.2.6. Mildiu

Se evaluó siguiendo el procedimiento descrito como Protocolo 10 según **Danielsen y Ames (2000)**. Este método propone evaluar el mildiu en las plantas de quinua basado en la evaluación de la severidad, es decir, el porcentaje del área afectada en hojas individuales.

Procedimiento:

- De cada tratamiento se escogió al azar el número de plantas que se considera necesario para obtener un valor representativo. Generalmente entre 6 a 10 plantas por tratamiento. En el caso de la presente investigación se eligieron 10 plantas por tratamiento.
- De cada planta se escogió 3 hojas al azar, una de cada tercio.
- Se evaluó el porcentaje del área afectada de cada hoja usando la escala mostrada en la figura 1. El promedio de las 3 lecturas equivale al valor de la severidad de cada planta.

Figura 1: Tabla de porcentaje de severidad del Mildiu en quinua (Danielsen y Ames, 2000).



4.5.3. Evaluaciones: Fase de laboratorio

4.5.3.1. Peso de mil granos (g)

Este componente es una medición indirecta de la calidad de grano. A mejor llenado de granos, mayor peso de mil granos. Este valor se tomó contando grano por grano hasta llegar a los 1000 y luego se obtuvo el peso.

4.5.3.2. Evaluación del contenido de proteínas

Se realizó a través del uso del Analizador de Alimentos Infratec 1255, un instrumento para la determinación simultánea y exacta de los componentes de los alimentos o productos de granos.

4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

4.6.1. Características del Área Experimental

Todas las parcelas tuvieron las siguientes dimensiones:

Nro. Surcos x parcela:	6
Longitud de surco:	10 m.
Ancho de parcela:	3.2 m.
Área de la parcela:	32 m ²

Se tuvo 12 parcelas para cada experimento, con la siguiente área:

Área neta del bloque.	128 m ²
Área Neta de cada experimento:	512 m ²
Área Neta Total del experimento:	1,024 m ²

4.6.2. Tratamientos en estudio

- Variedades del altiplano: 4 (La Molina 89, Salcedo INIA, Pasankalla, Negra Ccollana)

- Densidades
D1: Una hilera de plantas/surco con 125,000 plantas aproximadamente (H)
D2: Dos Hileras de plantas/surco con 250,000 plantas aproximadamente (DH)

4.6.3. Diseño experimental

Para cada experimento, se utilizó el diseño de bloques completos al azar, con 4 tratamientos y tres repeticiones. Cada experimento por lo tanto estuvo conformado por 12 parcelas.

Con respecto al análisis estadístico, en primer lugar, se hizo el análisis de variancia (ANVA) para cada uno de los experimentos en forma independiente (por densidad) y posteriormente se aplicó la prueba de homogeneidad de variancias Snedecor y Stevens (Calzada, 1982). Para realizar el análisis combinado, se utilizó el coeficiente Box, para la selección de variables que permiten ser analizadas por menor distancia entre los cocientes del mayor y menor valor de cuadrados medios de los análisis de variancia independientes por experimento.

El resultado de estos cocientes es para tener la certeza estadística de que las condiciones fueron equiparables, debe ser menor a 2.5, aunque para el valor de rendimiento fue mayor, este no pudo dejarse de analizar debido a su importancia en el experimento. Se debe resaltar que en el caso de que el coeficiente sea mayor a 2.5, el resultado siempre será altamente significativo (**Comunicación personal Felipe de Mendiburu**)

Figura 2: Distribución de los tratamientos en el espacio



Leyenda:

Variedad La Molina 89: 101, 202, 301, 404

Variedad Salcedo INIA: 102, 201, 304, 401

Variedad Pasankalla: 103, 204, 302, 403

Variedad Negra Ccollana: 104, 203, 303, 402

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la experimentación se presentarán considerando los objetivos planteados en la investigación.

OBJETIVO 1: EVALUACION DEL EFECTO DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN LOS CARACTERES AGRONOMICOS

En la tabla 7, se presentan los cuadrados medios del análisis de variancia combinado de las dos densidades de cultivo para rendimiento, altura de planta, días a la floración, días a la maduración.

Se puede observar que existen diferencias altamente significativas para genotipos en todas las variables evaluadas; con la excepción de la variable rendimiento, donde solo se encuentran diferencias significativas. No se encontraron diferencias estadísticas entre los bloques o repeticiones. Para las densidades se aprecia diferencias altamente significativas en la variable altura de planta; diferencias estadísticas en las variables rendimiento; no se encuentran diferencias significativas para días a la floración y días a la maduración.

Para la interacción entre los genotipos X densidad no se encuentra diferencias estadísticas en ninguna de las variables estudiadas.

Los coeficientes de variación para rendimiento, altura de planta, días a la floración y días a la maduración fueron igual a 23.64%, 9.6%, 1.59% y 3.74%, respectivamente.

Tabla 7: Cuadrados medios del análisis combinado de las variables rendimiento (kg/ha), altura de planta (cm), días a la floración y días a la maduración de las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra - San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.

Fuente de variación	GL	Rendimiento (kg/ha)	Altura (cm)	Días a la Floración	Días a la Maduración
Genotipos	3	117000.6686*	585.36**	187.45**	127.92**
BLOQUE	6	35555.47 (ns)	55.36 (ns)	1.37 (ns)	11.65 (ns)
Densidad	1	142209.77*	488.28**	1.13 (ns)	21.13 (ns)
Genotipos*Densidad	3	59091.67 (ns)	70.36 (ns)	1.13 (ns)	1.88 (ns)
ERROR	18	24993.46	54.48	1.04	23.31
TOTAL	31				
CV (%)		23.64	9.6	1.59	3.74
Promedio		668.68	76.84	64.06	129
DMS		158.09	7.38	1.02	4.82

**Altamente significativo, *Significativo, (ns) No significativo

Tabla 8: Medias de las variables rendimiento (kg/ha), altura de planta (cm), días a la floración y días a la maduración de las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra - San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.

Progenitores	Rendimiento (kg/ha)	Altura planta (cm)	Floración (días)	Maduración (días)
LM 89	639.19ab	84.75a	71a	131.87 ^a
SALCEDO INIA	517.32b	83.38a	61c	133 ^a
PASANKALLA	802.34a	71.86b	60.5c	125.75b
NEGRA COLLANA	718.9a	67.38b	63.75b	125.37b

Tabla 9: Medias de las variables rendimiento (kg/ha), altura de planta (cm), días a la floración y días a la maduración de dos densidades de siembra de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en promedio de cuatro variedades en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jaula – Junín.

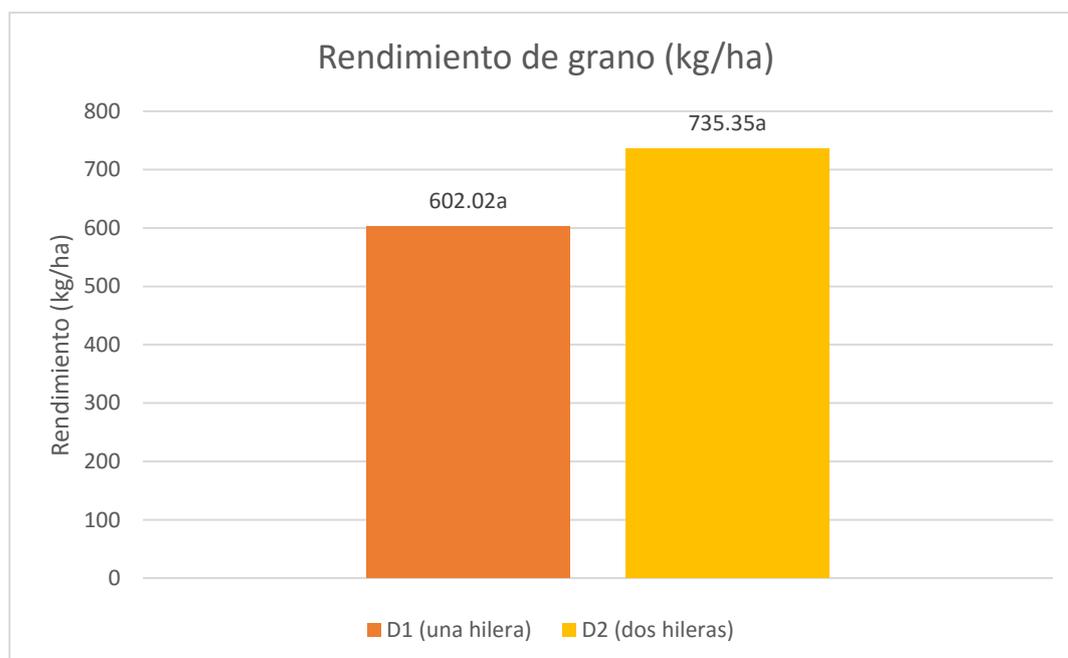
Hileras	Rendimiento (kg/ha)	Altura (cm)	Días a la Floración	Días a la Maduración
D1 (una hilera)	602.02 ^a	72.94b	64.25a	129.81a
D2 (dos hileras)	735.35 ^a	80.75a	63.88a	128.19a

5.1. Rendimiento de grano (kg/ha)

El rendimiento de los granos de las variedades, en promedio de las dos densidades varió de 517.32 a 802.34 kg/ha, correspondiendo el valor más bajo a INIA Salcedo y el más alto a Negra Ccollana. Según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), no existen diferencias significativas entre las variedades Pasankalla, Negra Ccollana y La Molina 89. Sin embargo, existen diferencias entre la variedad Negra Ccollana; y Salcedo INIA (Gráfico 2 y Tabla 10).

Por otro lado, el promedio del rendimiento del grano obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades varió de 602.02 a 735.35 kg/ha. La prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$) muestra que no existen diferencias en el comparativo entre ambas densidades de siembra (Gráfico 1 y Tabla 11).

Gráfico 1: Medias del rendimiento en kg/ha de dos densidades de siembra en promedio de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamucllo, Jauja – Junín.



MINAGRI (2015) menciona que, en el altiplano, con poca precipitación y suelos de baja fertilidad, el rendimiento no es mayor a 850 kg/ha, el cual está cercano al valor obtenido en el ensayo de alta densidad (dos hileras). Sin embargo, este valor es bastante bajo, ya que el rendimiento promedio anual para el año 2014 fue 1.7 tm/ha y para el 2015 fue 1.5 tm/ha. Por otro lado, **Mujica (2001)** menciona que en Peru puede llegar a obtenerse hasta 3500 kg/ha en condiciones óptimas de suelo y clima.

Los bajos rendimientos obtenidos en este experimento se deben a la intensa infestación de mildiu. Los meses de diciembre, enero y febrero presentaron valores más altos de precipitación y humedad (Tabla Nro. 3) que favorecen la enfermedad la cual se hizo presente desde el estado cotiledonal.

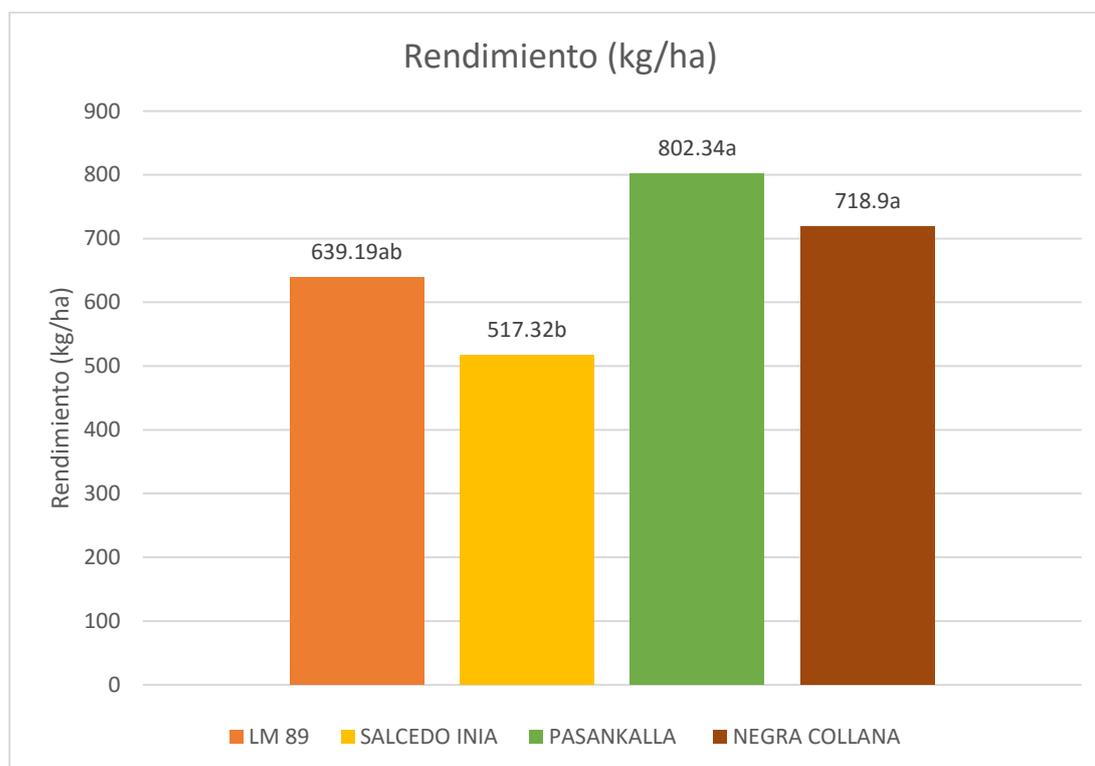
El mildiu *Peronospora variabilis* Gaum, ocasiona pérdidas en los rendimientos entre 33 y 58 por ciento. En condiciones de alta presión de inóculo, puede llegar a afectar un 100 por ciento si las condiciones son favorables para su desarrollo: humedad relativa mayor al 80 por ciento y temperaturas entre 15 y 25°C (**Alandia et al., 1979; Otazú et al., 1976; Danielsen y Ames, 2000**).

Danielsen et al. (2000) señala que la enfermedad más importante de la quinua en los andes es el mildiu. Evaluaron ocho cultivares en Huancayo – Junín, Peru y encontraron que el cultivar Utusaya, originario de los salares de Bolivia (200 mm anuales de precipitación) fue fuertemente afectado por el mildiu, que causó una defoliación completa, madurez prematura y perdidas de rendimiento del 99 por ciento. Aun en el cultivar más resistente, el rendimiento se redujo en 33 por ciento, indicando el alto grado de destrucción de la enfermedad.

La quinua es un cultivo susceptible al exceso de humedad en los primeros estadios. Se han observado buenos rendimientos en campos con suelos arenosos y con déficit de humedad (**Mujica, 1993: citado por Echegaray, 2003**). Además, las quinuas empleadas en la presente investigación son del ecotipo Altiplano que no presenta buena adaptación a los Valles Interandinos.

Según la prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$), existen diferencias significativas entre la variedad La Molina 89 y Salcedo INIA; a la vez, existen diferencias estadísticas entre las variedades La Molina 89, Pasankalla y Negra Ccollana. y diferencias altamente significativas entre las variedades Salcedo INIA y Pasankalla; y, Salcedo INIA con Negra Ccollana (Gráfico 2 y Tabla 10).

Gráfico 2: Medias del rendimiento en kg/ha de las cuatro variedades de quinua (*Chenopium Quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.



En este experimento, para la variedad La Molina 89 se obtuvo un valor de 639.19 kg/ha. **Timana (1992)** y **Apaza (1995)** obtuvieron 4093 y 4762 Kg/ha respectivamente en condiciones de costa central. Estos dos autores realizaron sus ensayos a inicios de primavera y con riego por gravedad. **Tapia (2003)**, sembró esta misma variedad en condiciones de verano obteniendo un rendimiento promedio de

1123 kg/ha. De estos resultados se puede concluir que, tiene un mejor comportamiento en condiciones de costa y que su mejor época de siembra es el inicio de primavera (15 de setiembre), lo cual favorece una alta producción y que las siembras realizadas a inicios del verano dan bajos rendimientos.

Según el **INIA/FAO (2013)**, el rendimiento promedio de la variedad Salcedo INIA puede llegar a 6.5 tm/ha, valor que no es nada cercano al obtenido en el experimento, el cual fue 517.32 kg/ha. También menciona que el rendimiento promedio para la variedad Pasankalla INIA es 3.54 tm/ha, igualmente nada cercano al obtenido en campo que fue 802.34 kg/ha. Finalmente, para la variedad Negra Ccollana se menciona un rendimiento promedio de 8.4 tm/ha, mientras que el rendimiento obtenido fue de 718.9 kg/ha.

Las siembras programadas para el inicio de la primavera favorecen una alta producción, por el contrario, las siembras realizadas al inicio del verano dan como resultado rendimientos bastante bajos (**Quillatupa, 2009**).

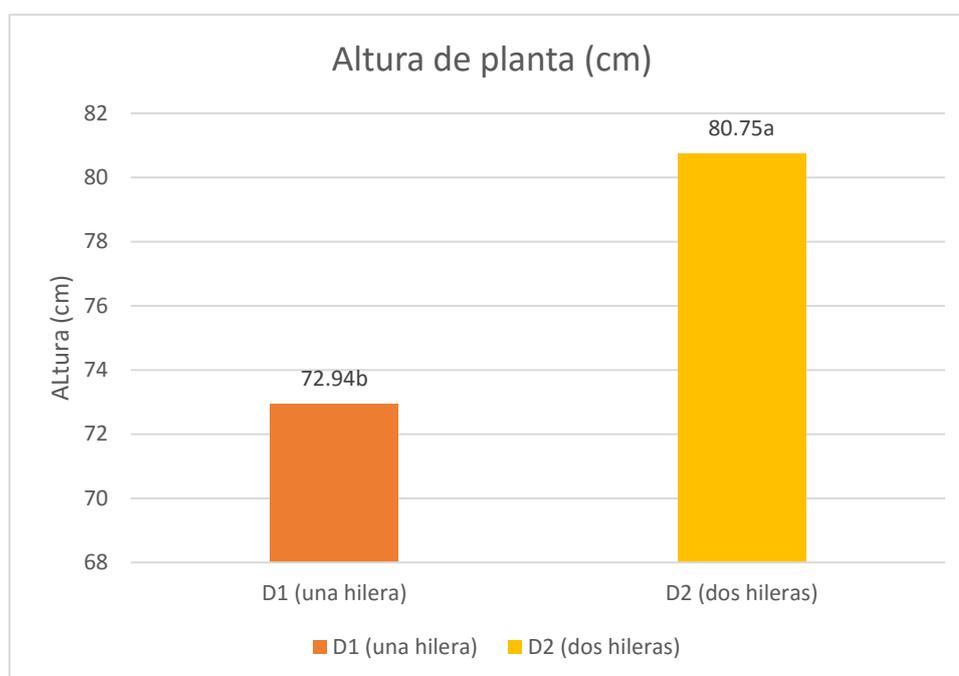
Canahua et al. (2001), mencionado por **Quillatupa (2009)** indica que la fecha optima de siembra es del 15 de setiembre al 15 de noviembre en todas las zonas desde la andina, altiplano y la costa.

Timana (1992), **Apaza (1995)**, **Tapia (2003)** y **Quillatupa (2009)** señalan que, la mejor época de siembra para obtener rendimientos altos son los inicios de primavera tanto en la zona andina, el altiplano y la costa central.

5.2. Altura de planta (cm)

El valor de la altura de plantas de las variedades, en promedio de las dos densidades varió de 72.94 a 80.75 cm; correspondiendo el valor más bajo al tratamiento de una hilera y el más alto al tratamiento de dos hileras. Considerando los resultados de la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), existen diferencias significativas entre los valores observados para ambas densidades (Gráfico 3 y Tabla 11).

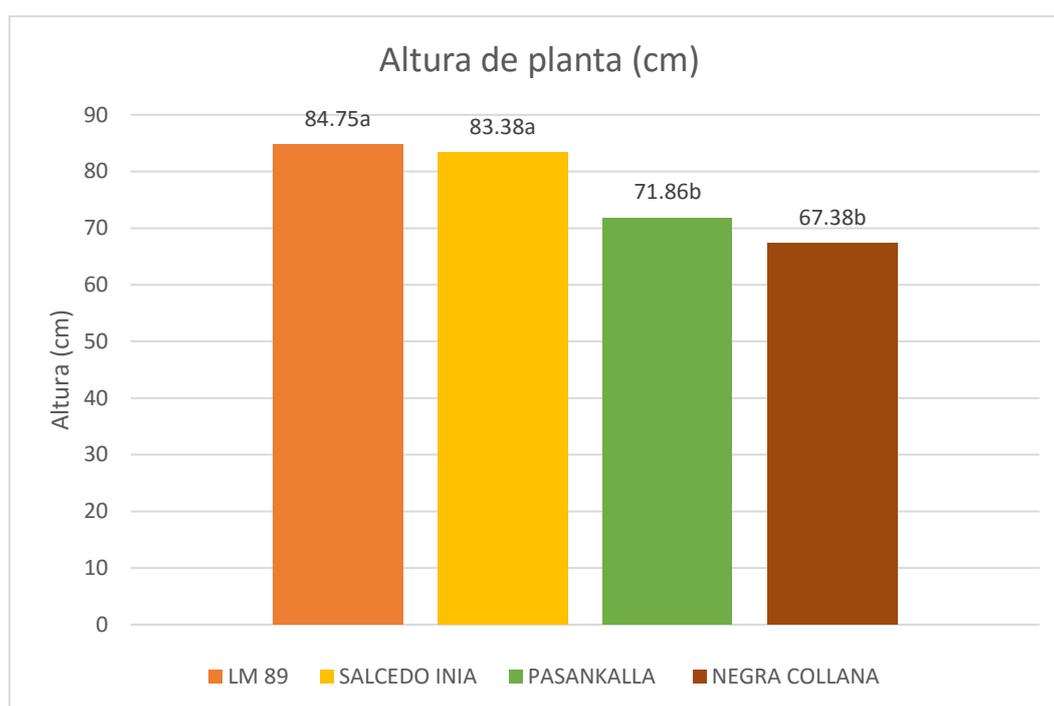
Gráfico 3: Medias de altura de planta (cm) de dos densidades de siembra en promedio de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamucllo, Jauja – Junín



El valor de altura de planta de las variedades, en promedio de las dos densidades varió de 71.86 a 84.75; correspondió el valor más bajo a la variedad Pasankalla y el más alto a la variedad La Molina 89. Según la prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$), existen diferencias altamente significativas entre las variedades: La Molina 89 y Pasankalla, La Molina 89 y Negra Ccollana, Salcedo INIA y Pasankalla, Salcedo INIA y Negra Ccollana. Sin embargo, entre las variedades La Molina 89 y Salcedo INIA no existen diferencias

estadísticas e iguales para las variedades Pasankalla y Negra Collana (Gráfico 4 y Tabla 10).

Gráfico 4: Medias de altura de planta (cm) de cuatro variedades de quinua (*Chenopium Quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.



En el experimento, en condiciones de Junin, la altura promedio para la variedad La Molina 89 fue 84.75 cm, mientras que **Barnett (2005)** obtuvo una altura de 165.15 cm en condiciones de costa central.

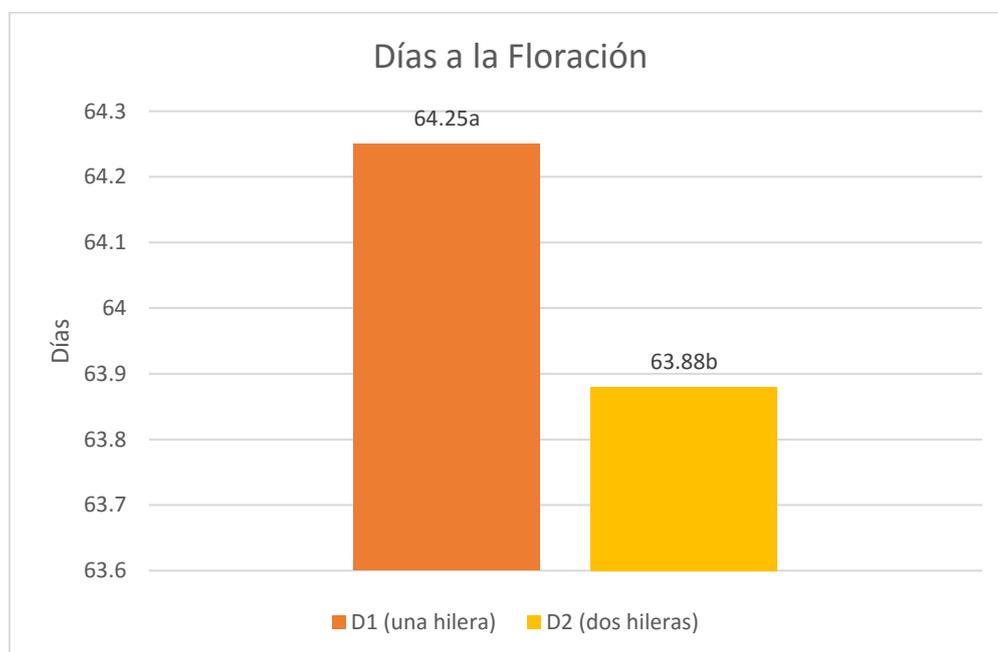
Para la variedad Salcedo INIA según el **INIA/FAO (2013)**, la altura de las plantas varía entre 148 y 170 cm en los valles interandinos, mientras que lo obtenido en campo fue 83.38 cm; la altura de la variedad Pasankalla varía entre 130 y 140 cm, y el promedio obtenido en campo fue 71.86 cm, y la altura de la variedad Negra Ccollana varía entre 120 y 130 cm y en el experimento fue en promedio 67.38 cm.

Nuevamente en esta característica se ve el efecto negativo del mildiu. Según **Gandarillas et al. (2014)**, el principal efecto de la enfermedad es una defoliación que reduce el área fotosintética y atrofia el desarrollo de la planta reduciendo el tamaño de la panoja y por consiguiente reduciendo la altura de la planta.

5.3. Días a la floración:

El valor promedio del número de días a la floración obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades varió de 63.88 a 64.25 días. La prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$) muestra que no existen diferencias significativas entre ambas densidades de siembra (Gráfico 5 y Tabla 11).

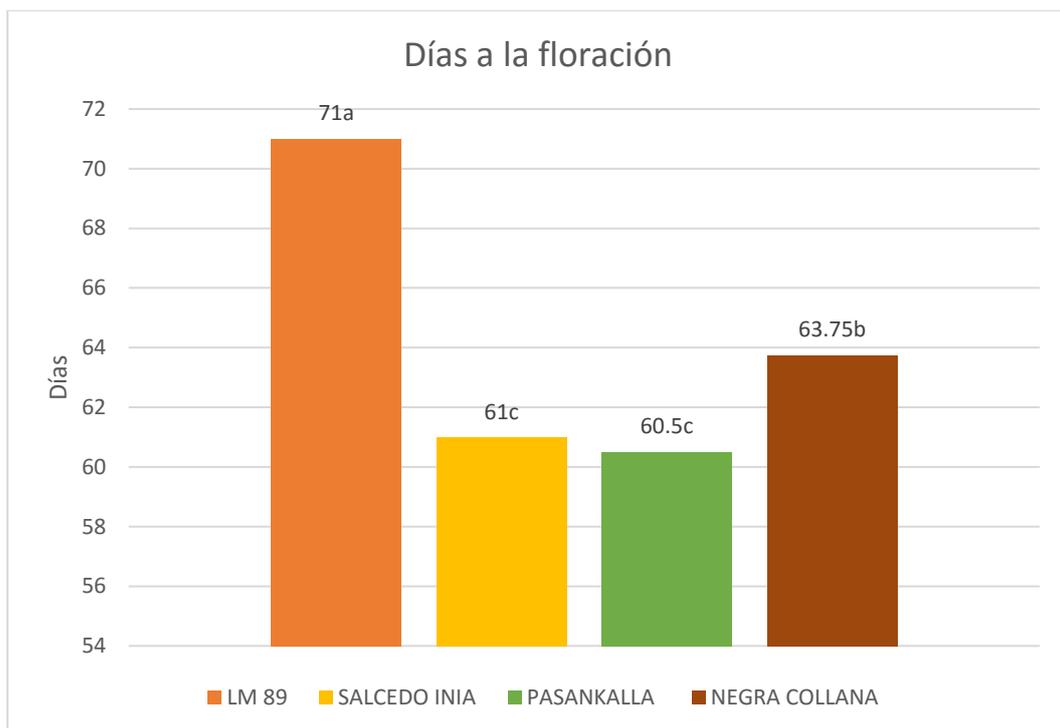
Gráfico 5: Medias del número de días a la floración de dos densidades de siembra en promedio de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.



Los valores del número de días a la floración de las variedades en promedio de las dos densidades, varió de 60.5 a 71 días; el valor más bajo fue observado en la variedad Pasankalla y el más alto en la variedad La Molina 89. Según la prueba de Tuckey

($\alpha=0.05$), existen diferencias estadísticas entre los valores observados para la variedad La Molina 89 y el resto de variedades. Sin embargo, entre las variedades Salcedo INIA y Pasankalla, no existen diferencias significativas (Gráfico 6 y Tabla 10).

Gráfico 6: Medias del número de días a la floración de las cuatro variedades de quinua (*Chenopium quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuco, Jauja - Junín.



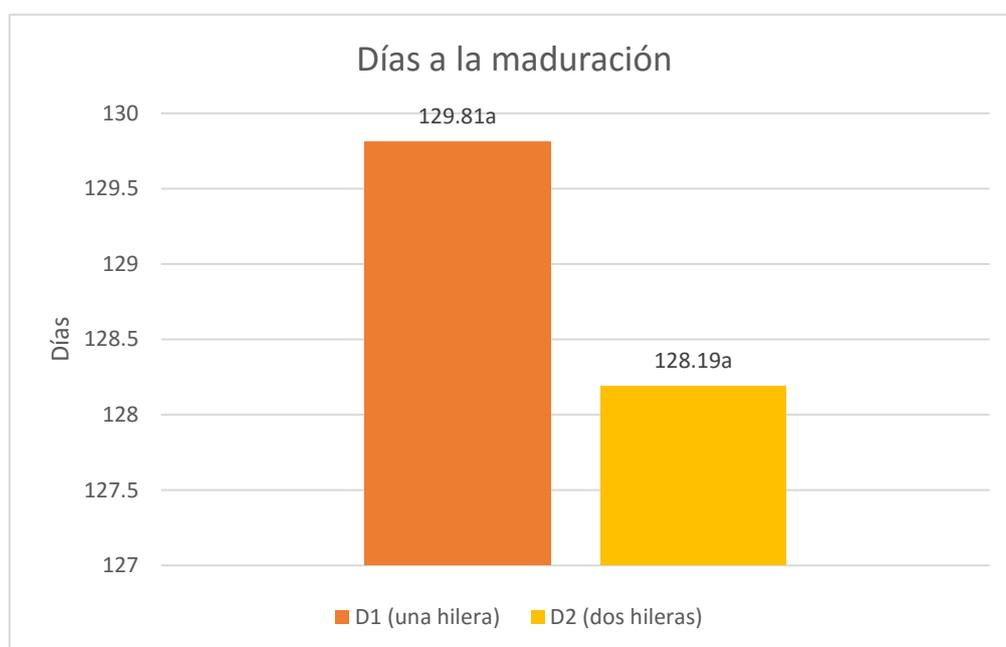
En **INIA/FAO (2013)**, el valor promedio de días a la floración para la variedad Salcedo INIA es 95 días, sin embargo, en el presente experimento el promedio está en 61 días; para la variedad Pasankalla, es 116 días, y en el experimento fue igual a 60.5 días, y para la variedad Negra Ccollana el promedio es 90 días, pero en el experimento el valor fue igual a 63.75 días.

Plata (2014) menciona que los días a la floración se acortan cuando hay alta presión de la enfermedad. Esto ocurre porque se da una maduración prematura, por lo tanto, la planta acorta su ciclo de vida.

5.4. Días a la maduración:

El promedio a la maduración obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades varió de 128.2 a 129.8 días. La prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$) muestra que no existen diferencias altamente significativas en el comparativo entre ambas densidades de siembra (Gráfico 7 y Tabla 11).

Gráfico 7: Medias del número de días a la maduración de dos densidades de siembra en promedio de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.



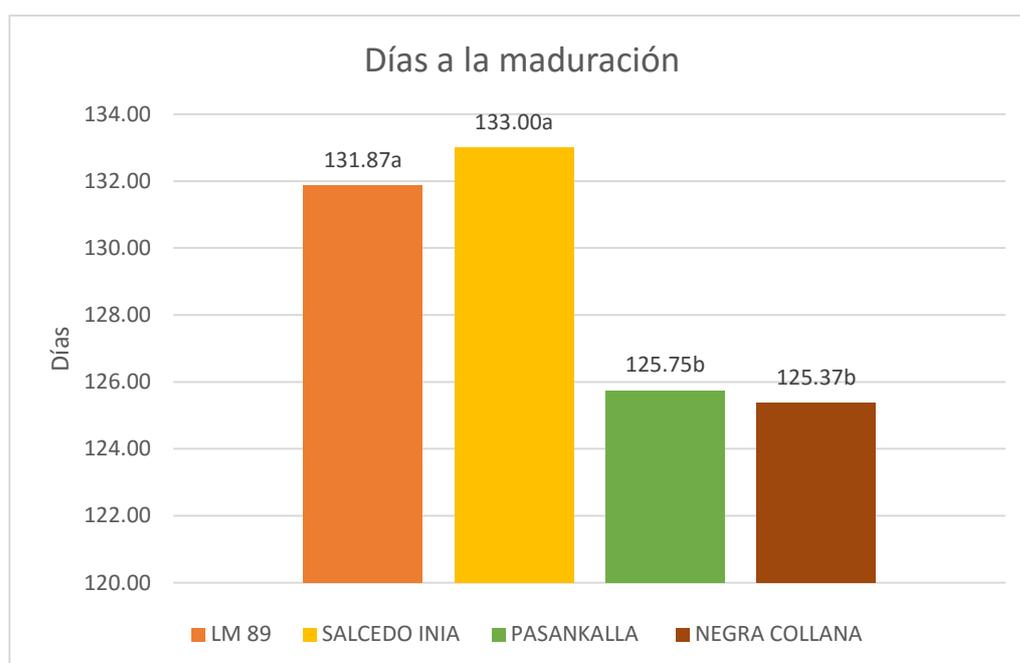
El número de días a la maduración de las variedades, en promedio de las dos densidades varió de 125.37 a 133; correspondiendo el valor más bajo a Negra Ccollana y el más alto a Salcedo INIA.

Según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), no existen diferencias estadísticas entre las variedades La Molina 89 y Salcedo INIA; lo mismo ocurre entre las variedades Pasankalla y Negra Ccollana. Adicionalmente, existen diferencias significativas entre

la variedad La Molina 89 y Pasankalla, La Molina 89 y Negra Ccollana, Salcedo INIA y Pasankalla, Salcedo INIA y Negra Ccollana (Gráfico 8 y Tabla 10).

El mildiu acelera la maduración de las plantas infestadas en 9 a 13 días en la sierra y puede reducir la altura de la planta. **Danielsen et al. (1999)** señala que la enfermedad causa una defoliación completa, madurez prematura y reducción del rendimiento. Aspectos que se apreciaron en la presente tesis en todas las variedades, la reducción del rendimiento y la altura fue significativa.

Gráfico 8: Medias de los días a la maduración de las cuatro variedades de quinua (*Chenopium quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamucllo, Jauja – Junín.



El promedio de días a la maduración de la variedad La Molina 89 es 130 días (**información personal Luz Gómez**), encontrándose en el presente trabajo un valor similar de 131.87 días.

Según **INIA/FAO (2013)**, el valor promedio de días a la maduración para la variedad Salcedo INIA es 150 días, mientras que en el experimento fue 133 días; para la variedad Pasankalla se menciona un valor promedio de 144 días, sin embargo, el valor de 125.75 días en el experimento; y para la variedad Negra Ccollana, el promedio de días a la maduración se encuentra alrededor de los 138 días, pero en la presente investigación tuvo un valor de 125.37 días.

Según la prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$), existen diferencias altamente significativas entre las cuatro variedades de quinua. Sin embargo, entre las variedades La Molina 89 y Negra Ccollana no existen diferencias estadísticas (Gráfico 8 y Tabla 10).

OBJETIVO 2: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN EL DESARROLLO DE ENFERMEDADES (MILDIU)

5.5. Porcentaje de infección por mildiu:

En la tabla 10, se presentan los resultados observados, considerando ambas densidades; se pudo apreciar que hubo una ligera mayor severidad en el tratamiento con dos hileras debido a la mayor cantidad de plantas que crean un microclima favorable para el desarrollo de la enfermedad.

Tabla 10: Promedio de datos observados de la variable porcentaje de infección por Mildiu para las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el análisis combinado.

VALOR MAXIMO		VALOR MINIMO		PROMEDIO		C.V.%	
D1	D2	D1	D2	D1	D2	D1	D2
100%	100%	30%	40%	65%	70%	33.05%	16.08%

D1: una hilera y D2: dos hileras

La severidad en el experimento fue muy variable en la misma variedad oscilando de 30 a 100%. **Danielsen y Munk (2004)**, observaron que el nivel de mildiu en Huancayo puede ser hasta 10 veces mayor que en costa. Además, las pérdidas registradas fueron desde 33 hasta 99% en condiciones de alta presencia de la enfermedad, teniendo en cuenta que *Peronospora farinosa* (*Peronospora variabilis*) se desarrolla mejor en condiciones frías y húmedas, condiciones presentes durante el periodo del cultivo en esta zona.

Las evaluaciones de las respuestas de las variedades a la presencia del hongo mildiu causado por *Peronospora variabilis* Gaum, mostró que éstas son muy susceptibles a esta enfermedad a lo largo del ciclo de vida. La enfermedad puede iniciarse desde que

la planta esta pequeña, por el inoculo presente en el suelo o en la semilla infectada (Danielsen y Ames, 2008).

Byford (1981) menciona que los esporangios de *P. farinosa* Fr. se pueden desarrollar entre los 5 y 22 °C, teniendo una temperatura optima de desarrollo de 12 °C. Además, se necesita 70% de humedad relativa, produciéndose una mayor cantidad de esporangios a 85% de humedad. Según los datos de la tabla Nro. 12 se puede afirmar que la campaña del experimento tuvo las condiciones ambientales ideales para un buen desarrollo de la enfermedad y las variedades u hospederos apropiados para este desarrollo.

Si la infestación ocurre en fases iniciales de desarrollo de la plantación se puede perder completamente la producción. Sin embargo, en variedades resistentes, las pérdidas oscilan entre 20 y 40 por ciento (Danielsen et al.,2000 y Munk, 2014).

En la tabla 11 se observan los valores promedio de presencia de mildiu para cada variedad en las tres evaluaciones realizadas a lo largo del presente experimento.

Tabla 11: Porcentaje promedio de la variable Porcentaje de infección por Mildiu para las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el tratamiento con una hilera para cada mes de evaluación.

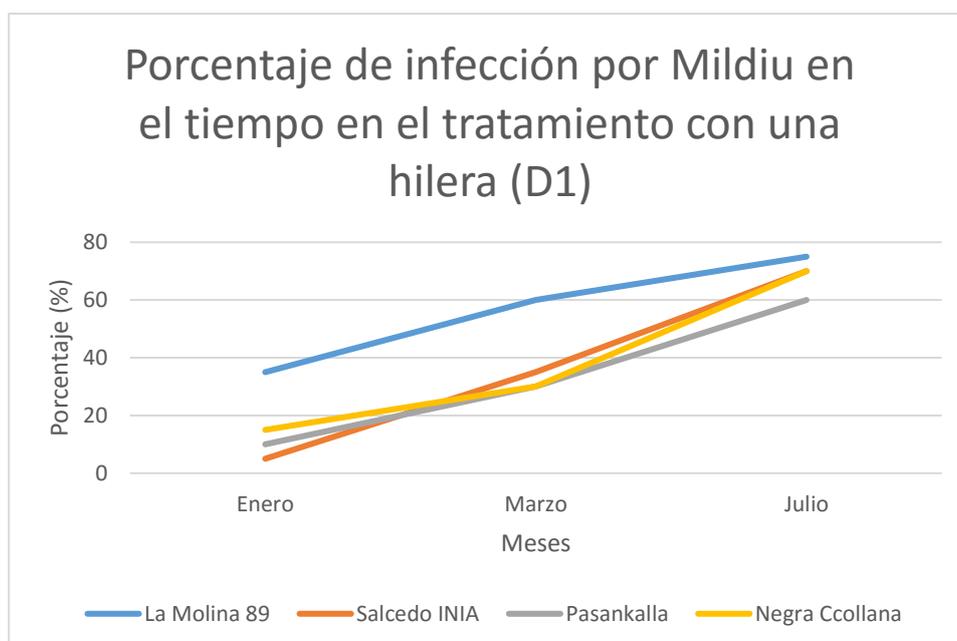
Meses	La Molina 89	Salcedo INIA	Pasankalla	Negra Ccollana
Enero	35%	5%	10%	15%
Marzo	60%	35%	30%	30%
Julio	75%	70%	60%	70%

Cruces (2016), indica que las pérdidas que ocasiona el mildiu dependen de la fase fenológica en la que la planta sea infectada y del grado de resistencia de la variedad. Cuando la enfermedad se presenta al inicio de formación de panoja, ésta se atrofia y el llenado de granos se reduce. Lo cual se observa en la evaluación del peso de mil granos.

En el altiplano, la humedad ambiental es más baja, los cultivares muestran mayor susceptibilidad (**Tapia, 1979; Alfano y Collmer, 1997**).

En el gráfico 9 se observa la variación de la incidencia del mildiu en el tratamiento de una hilera en las tres evaluaciones realizadas durante el experimento, donde se muestra que con el pasar del tiempo, la infestación fue cada vez mayor.

Gráfico 9: Porcentaje de infección por Mildiu en las cuatro variedades del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el tiempo en el tratamiento de una hilera en condiciones del IRD Sierra, San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.



La variación del mildiu fue en aumento con el tiempo. En la Tabla Nro. 3 están descritas las variables meteorológicas para cada mes, donde se observa que, en las tres evaluaciones realizadas, las condiciones tanto de temperatura y humedad relativa fueron las óptimas para el buen desarrollo de la enfermedad; las cuales según **Danielsen y Munk (2004)** son de 80 por ciento de humedad relativa y temperatura entre los 18 y 20 °C.

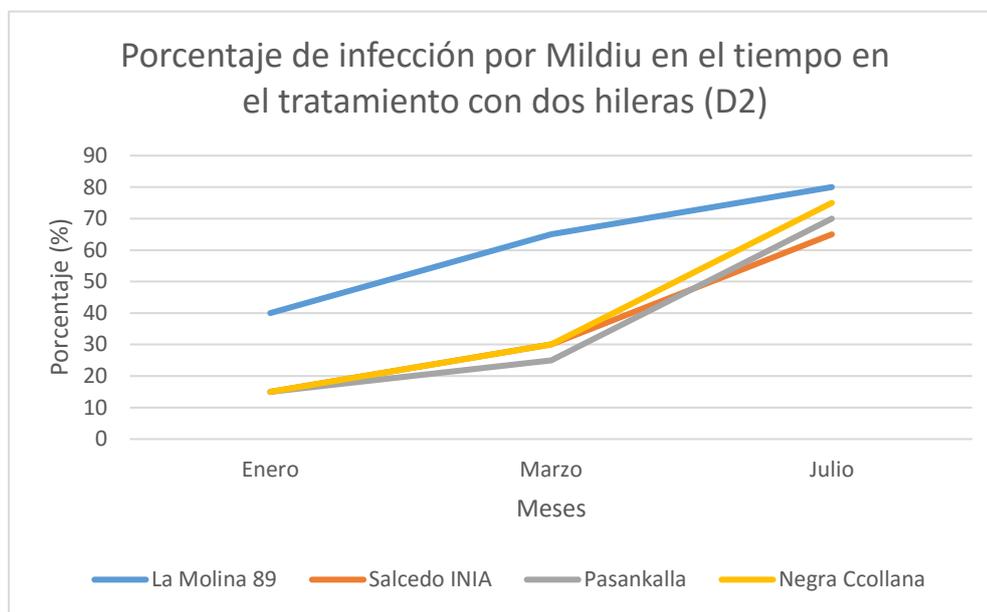
En la tabla 12 se observan los valores promedio de presencia de mildiu para cada variedad en el tratamiento de dos hileras en las tres evaluaciones realizadas a lo largo del presente experimento.

Tabla 12: Porcentaje promedio de la variable Porcentaje de infección por Mildiu para las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el tratamiento con dos hileras para cada mes de evaluación.

Meses	La Molina 89	Salcedo INIA	Pasankalla	Negra Ccollana
Enero	40%	15%	15%	15%
Marzo	65%	30%	25%	30%
Julio	80%	65%	70%	75%

En el grafico 10 se observa la variación de la incidencia del mildiu en el tratamiento de dos hileras en las tres evaluaciones realizadas durante el experimento, donde se muestra que con el pasar del tiempo, la infestación era cada vez mayor.

Gráfico 10: Porcentaje de infección por Mildiu en las cuatro variedades del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el tiempo en el tratamiento de una hilera en condiciones del IRD Sierra, San Juan de Yanamuco, Jauja – Junín.



De igual forma, en el tratamiento de dos hileras, el porcentaje de mildiu fue avanzando en el tiempo por encontrar las condiciones meteorológicas precisas para su desarrollo. **Plata (2016)** menciona que el desarrollo de la enfermedad es menos sensible a la temperatura, pues esta puede desarrollarse entre 0 y 25 °C

OBJETIVO 3: EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS DENSIDADES EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

En la tabla 13 se presentan los cuadrados medios del análisis de variancia combinado de los sistemas de cultivo para el porcentaje de proteína y peso de 1000 granos.

Tabla 13: Cuadrados medios del análisis de variancia combinado de las variables contenido de proteína (%) y peso de mil granos (g) de las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamucllo, Jauja – Junín.

Fuente de variación	GL	Proteína	Peso de 1000 granos (g)
Genotipos	3	96.06**	3.22**
BLOQUE	6	0.15 (ns)	0.0131 (ns)
Densidad	1	1.85**	0.3148*
Genotipos*Densidad	3	0.37 (ns)	0.1189 (ns)
ERROR	18	0.1854	0.0431
TOTAL	31		
CV (%)		3.57	1.59
Promedio		12.05	64.06
DMS		0.43	1.02

Se puede observar que existen diferencias altamente significativas para genotipos para ambas variables. No se encontraron diferencias estadísticas entre los bloques o repeticiones. Para las densidades se aprecia diferencias altamente significativas en la variable proteína y significativas para el peso de 1000 granos.

Para la interacción genotipos X densidad, no se encuentra diferencias estadísticas en ninguna de las variables estudiadas.

El coeficiente de variación para el contenido de proteína del grano y para peso de 1000 granos fueron 3.75 y 1.59; respectivamente.

En las tablas 14 y 15, se presentan los valores promedios para contenido de proteína del grano expresado en porcentaje y peso de mil granos en el análisis combinado y la prueba de significación de Tukey ($\alpha=0.05$).

Tabla 14: Medias de las variables de contenido de proteína (%) y peso de mil granos (g) de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamucllo, Jauja – Junín.

Progenitores	Proteínas (%)	Peso de 1000 granos (gr)
LM 89	15.09 ^a	2.63c
SALCEDO INIA	15a	3.21b
PASANKALLA	9.41b	3.78a
NEGRA COLLANA	8.71c	2.35d

Tabla 15: Medias de las variables de contenido de proteína (%) y peso de mil granos (g) de dos densidades de siembra de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en promedio de cuatro variedades en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamucllo, Jauja – Junín.

Hileras	Proteína (%)	Peso 1000 granos (gr)
D1 (Una Hilera)	12.29a	3.09a
D2 (dos hileras)	11.81b	2.89b

5.6. Porcentaje de proteína:

El valor de proteína de las variedades, en promedio de las dos densidades varió de 8.71 a 15.09%; correspondiendo el valor más bajo a Negra Ccollana y el más alto a La Molina 89. Según la prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$), no existen diferencias significativas entre las variedades La Molina 89 y Salcedo INIA. Sin embargo, existen diferencias altamente significativas entre las variedades La Molina 89, Pasankalla y Negra Ccollana; y Salcedo INIA Pasankalla y Negra Ccollana (Gráfico 12 y Tabla 14). El coeficiente de variación fue 3.57%.

Por otro lado, el promedio del contenido de proteína del grano obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades varió de 11.81 a 12.29%. La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) muestra que si existen diferencias altamente significativas en el comparativo entre ambas densidades de siembra (Gráfico 11 y Tabla 15).

Gráfico 11: Medias del contenido de proteína de los granos (%) de dos densidades de siembra en promedio de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuco, Jauja – Junín.

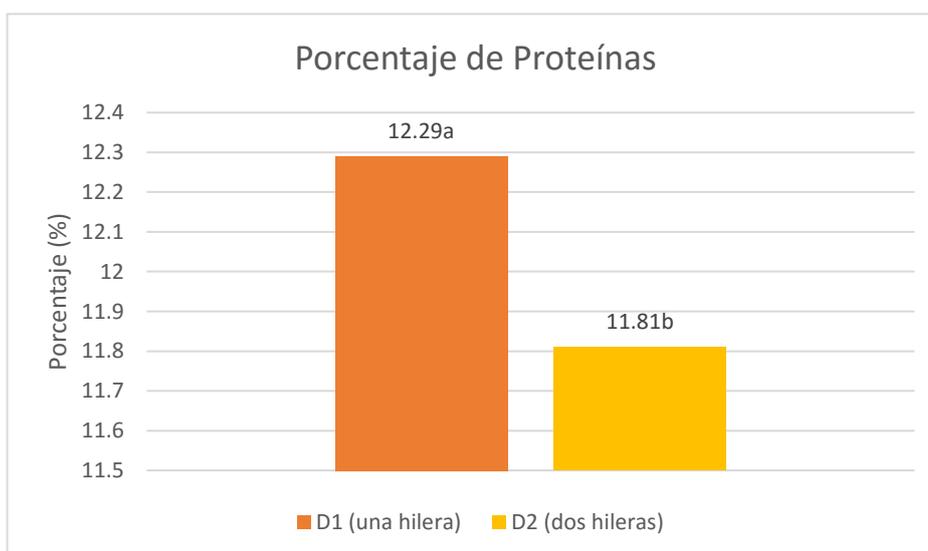
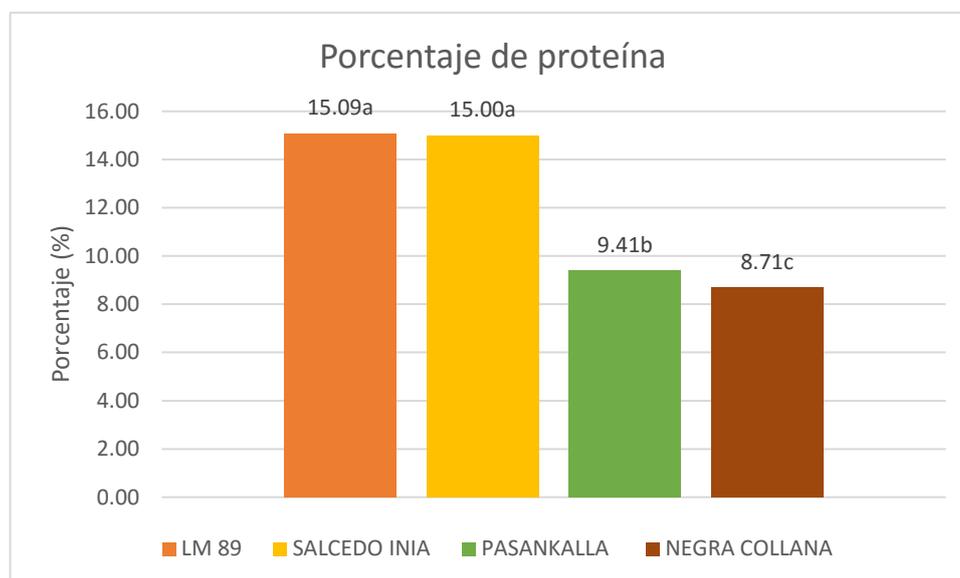


Gráfico 12: Medias del contenido de proteínas de los granos (%) de las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra, San Juan de Yanamuco, Jauja – Junín.



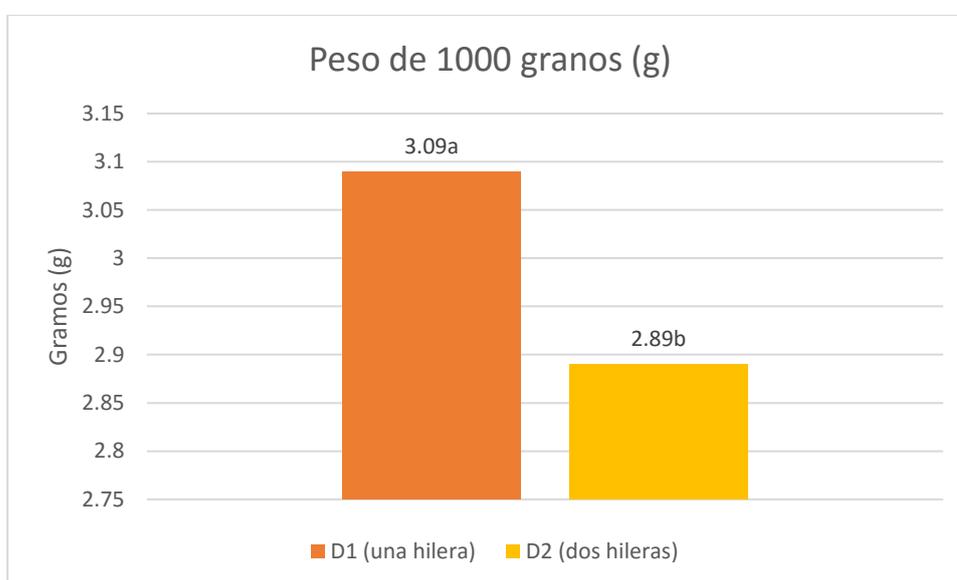
Según **Barnett (2005)**, la variedad La Molina 89 presenta un promedio de porcentaje de proteínas de 16.38. Sin embargo, en este experimento se obtuvo 15.09%, el cual es menor al obtenido en Costa central.

Según **INIA/FAO (2013)**, el promedio del porcentaje de proteínas para la variedad Salcedo INIA es 16.23%, mientras que en el experimento se tiene un valor de 15.09%; para la variedad Pasankalla, el promedio del porcentaje de proteínas es 17.83%, sin embargo, en el experimento se observa un valor de 9.41%; y para la variedad Negra Ccollana, el porcentaje de proteínas es 17.62% pero en el experimento se encuentra un valor de 8.71%.

5.7. Peso de 1000 granos:

El promedio del peso de mil granos obtenido para las dos densidades en promedio de las cuatro variedades vario de 128.2 a 129.8 g. La prueba de Tuckey ($\alpha=0.05$) muestra que existen diferencias altamente significativas entre ambas densidades de siembra (Gráfico 13 y Tabla 15).

Gráfico 13: Medias del peso de 1000 granos (g) de dos densidades de siembra en promedio de cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.

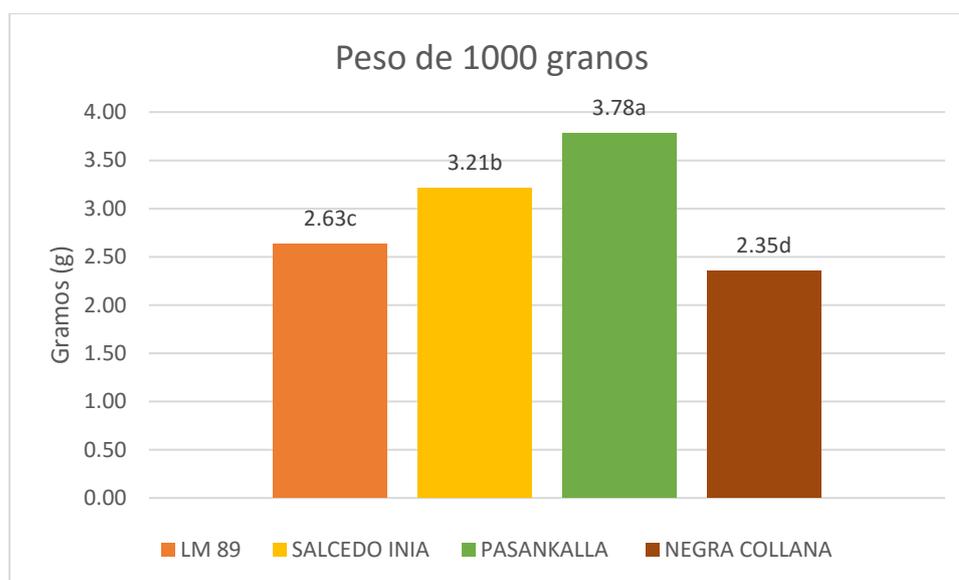


Apaza (1995), reporta un valor mayor en el peso de 1000 granos por un mejor llenado de los mismos y un indicador de la calidad de la cosecha. Igualmente, **Quillatupa (2009)** menciona que existe una relación positiva entre el rendimiento final y el peso de 1000 granos, aunque puede ser no significativa.

Rivero (1985) y **Leonardo (1989)**, citados por **Quillatupa (2009)**, reportan que el uso de fertilizantes mejora las características del peso de mil granos.

El valor del peso de mil granos de las variedades, en promedio de las dos densidades varió de 2.35 a 3.78 g; correspondiendo el valor más bajo a Negra Ccollana y el más alto a Pasankalla. Según la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), todas las variedades difieren estadísticamente en los valores de peso de mil granos (Gráfico 14 y Tabla 14).

Gráfico 14: Medias del peso de mil granos (g) de las cuatro variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en promedio de dos densidades de siembra en condiciones del IRD Sierra – San Juan de Yanamuclo, Jauja – Junín.



Según **Barnett (2005)**, la variedad La Molina 89, tiene peso de 1000 granos igual a 2.48 gr. En el presente experimento se encontró un valor de 2.63 gr.

Según **INIA/FAO (2013)**, el promedio del peso de 1000 granos para la variedad Salcedo INIA varía entre 3.10 y 3.70 gr, en el experimento el valor observado es 3.21 g; que es similar; para la variedad Pasankalla, el peso de 1000 granos varía entre 3.51 y 3.72 gr, sin embargo, en el experimento se observó un valor más alto igual a 3.78 g; finalmente, para la variedad Negra Ccollana, el promedio del peso de 1000 granos es de 2.03 y en el experimento se encontró un valor de 2.35 g.

Según **Garandillas et al. (2014)**, el mildiu en la fase de formación de panojas, origina que ellas se atrofién y esto determina el llenado y el tamaño del grano, siendo no solamente pequeños sino vanos. Por otro lado, en la fase de grano masoso origina ennegrecimiento de los granos. en la presente investigación, la intensidad de la enfermedad se incrementó significativamente en las fases fenológicas donde se definen los componentes del rendimiento número de granos por panoja y peso de mil granos.

OBJETIVO 4: DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE DOS DENSIDADES EN LOS COSTOS DEL CULTIVO

5.8. Análisis de costos

De acuerdo a la metodología e insumos aplicados se obtuvieron los siguientes costos de producción por hectárea para cada sistema de cultivo:

Para el sistema de una hilera el gasto total fue de S/1350.00; mientras que, para el sistema de dos hileras, fue de S/1425.00. La mínima diferencia entre los costos de producción de ambos sistemas se debe a que para este experimento lo único que se cambió fue la cantidad de semilla utilizada. Las aplicaciones tanto nutricionales como fitosanitarias se realizaron con las mismas dosis.

Según **MINAGRI (2015)**, el precio en chacra para la quinua en la región de Junín es de 3.27 soles el kilo.

Para el sistema de una hilera, la rentabilidad fue positiva igual a 145.82%.

Para el sistema de dos hileras, de igual manera, la rentabilidad positiva igual a 142.45%.

En las tablas 16 y 17 se observan los costos para cada tratamiento.

Tabla 16: Costos por hectárea del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para el tratamiento de una hilera en condiciones del IRD Sierra, San Juan de Yanamuco, Jauja – Junín.

RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR ha	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL
INSUMOS				
Semillas	Kg	5	S/. 5.00	S/. 25.00
Urea	Kg	50	S/. 0.80	S/. 40.00
Fosfato Di amónico	Kg	150	S/. 1.10	S/. 165.00
Cloruro de Potasio	Kg	25	S/. 0.80	S/. 20.00
Guano de Isla	Kg	150	S/. 1.00	S/. 150.00
MANO DE OBRA				
Preparación del terreno	J/H	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Siembra	J/H	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Abonamiento	J/H	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Deshierbo	J/H	8	S/. 25.00	S/. 200.00
Aporque	J/H	8	S/. 25.00	S/. 200.00
Cosecha	J/H	6	S/. 25.00	S/. 150.00
Mecanización				S/. 250.00
COSTO TOTAL POR HECTAREA				S/. 1,350.00

Tabla 17: Costos por hectárea del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) para el tratamiento de dos hileras en condiciones del IRD Sierra, San Juan de Yanamucllo, Jauja – Junín

RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR ha	PRECIO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL
INSUMOS				
Semillas	kg	10	S/. 5.00	S/. 50.00
Urea	kg	50	S/. 0.80	S/. 40.00
Fosfato Di amónico	kg	150	S/. 1.10	S/. 165.00
Cloruro de Potasio	kg	25	S/. 0.80	S/. 20.00
Guano de Isla	kg	150	S/. 1.00	S/. 150.00
MANO DE OBRA				
Preparación del terreno	J/H	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Siembra	J/H	3	S/. 25.00	S/. 75.00
Abonamiento	J/H	2	S/. 25.00	S/. 50.00
Deshierbo	J/H	5	S/. 25.00	S/. 125.00
Aporque	J/H	8	S/. 25.00	S/. 200.00
Cosecha	J/H	10	S/. 25.00	S/. 250.00
Mecanización				S/. 250.00
COSTO TOTAL POR HECTAREA				S/. 1,425.00

VI. CONCLUSIONES

- Las densidades evaluadas no originan diferencias significativas en los caracteres agronómicos evaluados a excepción de la altura de planta, en donde en el tratamiento con doble hilera muestra un ligero incremento en altura.
- En ambas densidades se observa valores de severidad de mildiu similares; llegando a 100%; considerándose como el factor negativo más importante de la campaña agrícola.
- Los mejores valores de contenido de proteína del grano y peso de mil granos se muestran en el tratamiento de una hilera o surco simple.
- El análisis de costos indica que el método con mejor rentabilidad es el experimento con doble hilera.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar la siembra de quinua en las fechas recomendadas para cada variedad con el fin de tener las mejores condiciones ambientales y asegurar una buena producción tanto en aspectos agronómicos como de calidad.
- Realizar más experimentos de este tipo con el objetivo de brindar mayor información a los interesados en el tema.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **Alfano, JR.; Collmer A. 1997.** The type III (Hrp) secretion pathway of plant pathogenic bacteria: trafficking harpings avr proteins, and death. *J Bacteriol.* 5655-5662.
- **Alandia, S., V. Otazú y B. Salas. 1979.** Enfermedades en Quinoa y Kañiwa. Cultivos andinos. Capítulo 7. Centro Internacional de investigaciones para el desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Bogotá, Colombia. 128 p.
- **Apaza, W. 1995.** Efectos de densidad y niveles de fertilidad en el rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la costa central. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. 192 p.
- **Bálsamo Fasce, Milko. 2002.** Desarrollo y evaluación de un método afrosimétrico mecánico para la determinación de saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.
- **Barnett Malpartida, A. M. 2005.** Efectos de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego por goteo. Tesis para optar el Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Peru. 250 p.
- **Bazile Didier (Editores), 2014.** “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia). 724 p.
- **Blanco, C. 1969.** La Quinoa; Como se debe cultivar. Universidad Técnica de Oruro. Bolivia. 221 p.

- **Bois, J. F. 2006.** Response of some Andean cultivars of quinoa to temperature: effects on germination, phenology, growth and freezing. 299-308.

- **Byford, W. J. (1981).** Downy mildews of beet and spinach in: The Downy Mildews. Chapter 25. Academic Press. New York. 531-543.

- **Calla J. 2012.** Manejo Agronómico del Cultivo de la Quinoa. Guía Técnica. Disponible en <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/038-b-quinua.pdf>

- Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. INIA, FAO. 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf>

- **Ceccato D. 2014.** Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. 712 p.

- **Choi, Y.J.; Danielsen, S.; Lubeck, M.; Hong S.B.; Delhey. R; Shin, H.D. 2010.** Morfología y caracterización molecular del agente causal del mildiu vellosa de la quinua (*Chenopodium quinoa*). 403-412.

- **Corredor, G. 2003.** Proyecto quinua: cultivo multipropósito para los países andinos. 237 p.

- **Danielsen S. y Amez T. 2000.** El Mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la zona andina. Un manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. Centro internacional de la papa. Lima, Perú. 32 p.

- **Danielsen, S.; Munk, L. 2004.** Evaluation of disease assessment methods in quinoa for their ability to predict yield loss caused by downy mildew. Crop Protection. 2004. Vol 23, Issue 3. 219-228.

- **Danielsen, S.; Jacobsen, S.E.; Echeagaray, J.; Ames, T. 1999.** Impact of Downy Mildew on the Yield of Quinoa. CIP Program Report Andean Roots and Tubers and other Crops.1999-2000: 397-401.

- **Danielsen, S., Ames, T. 2008.** El mildiú de la quinua en la zona andina (*Peronospora farinosa*) Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno (en línea). Consultado el 14 de setiembre del 2017. Disponible en:
<http://agris.fao.org/agrissearch/search/display.do?f=2008/QP/QP0701.xml;Q P2007000024>

- Dirección General de Competitividad Agraria. Quinoa: Principales Aspectos de la Cadena Agroproductiva (en línea). Lima 2013. Disponible en http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/agroeconomia_quinoa.pdf

- **Echeagaray, T. 2003.** Evaluación de métodos de cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de costa. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.

- **FAO (1990).** Guía para el manejo de plagas en cultivos andinos subexplotados. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. 72 p.

- **FAO (2011).** La quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. 58 p.

- **Fassbender, H, W.** 1978. Química de suelos. Primera edición. Editorial IICA. Costa Rica. 419 p.

- **Flores, J. V., Chilquillo, M. D. (2010).** Tecnología productiva de la quinua. Disponible en:
<http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/TECNOLOG%C3%8DA%20PRODUCTIVA%20DE%20LA%20QUINUA.pdf>

- **Gandarillas, A.; Saravia, R., Plata G., Quispe, R.; Ortiz-Romero, R. 2014.** Principales Plagas y Enfermedades de la Quinua. En Capitulo Numero XX. IN: BAZILE D. et al. (Editores), “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): 227-256.

- **Geerts, S., Raes, D., García, M., Vacher, J., Mamani, R., Mendoza, J., Huanca, R., Morales, B., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taobada, C. 2008.** Introducing deficit irrigation to stabilize yields of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). European Journal of Agronomy, 28: 427-436.

- **Gómez P. L., Aguilar C. E., 2013,** Manual de cultivo de la quinua. Programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. Lima- Perú. 74 p.

- **Gómez P. L., Aguilar C. E., 2016,** Guía de cultivo de quinua, FAO, Facultad de Agronomía, La Molina. Lima- Perú. 121 p.

- **Jacobsen, S. E. y Risi, J. 1998. FAO.** Distribución geográfica de la quinua fuera de los países andinos.

- **Jacobsen S. E. 2003.** El potencial mundial de la quinua. Food Reviews International. 167-177

- **Koziol, M.J. 1990.** Composición química de la quinua. En “Quinua, hacia su cultivo comercial”. Christian Wahli ed., Latinreco, Quito. 20 p.

- **Koziol, M.J. 1992.** Chemical composition and nutritional value of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and kañihua (*Chenopodium pallidicaule*). *J. Food Comp. Anal.* 5, 35 – 68, 179 – 189.

- **Kent, N. 1983.** *Technology of Cereals*. Tercera edición. Pergamon Press. Oxford, New York. 280 p.

- La Quinoa Orgánica: Estrategia de Manejo Integrado del Cultivo (en línea). Fundación PROINPA. Disponible en: <http://www.proinpa.org/varios/folleto%20quinua.pdf>

- **León, J. 2003.** *Cultivo de la Quinoa en Puno-Perú. Descripción, Manejo Y Producción*. 62 p.

- Manual Técnico del Cultivo de Quinoa Orgánica. FAO. Disponible en: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/16/13709772665610/manual-tecnico-cultivo-de-quinua-organica.pdf>

- Manual de Nutrición y Fertilización de la Quinoa. Disponible en: <http://coin.fao.org/coin-static/cms/media/16/13709771404480/manual-de-fertilizacion-de-la-quinua-def.pdf>

- Manejo y fertilidad de suelos. Manual técnico de cereales y granos andinos. Disponible en <http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/cereales-granos-andinos/manuallabranza.pdf>

- **MINAGRI. 2015.** Series históricas de producción agrícola: <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/>

- **MINAGRI. 2015.** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Ganadera 2015: http://siea.minagri.gob.pe/siea/sites/default/files/anuario_produccion_agricola_ganadera2015.pdf

- **Morón, C. 1999.** Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. Formulación de Proyecto Regional sobre Producción y Nutrición Humana en base a Cultivos Andinos. FAO-CIP- Universidad San Agustín y Universidad Nacional del Altiplano, Puno. Lima, Perú. Disponible en: <http://quinua.pe/wpcontent/uploads/downloads/2013/04/quinuapasadopresenteyfuturo.pdf>

- **Mujica, A.; S.E. Jacobsen y J. Izquierdo. 1998.** Prueba americana y europea de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Libro de campo FAO. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Peru. 41 p.

- **Mujica A. y Jacobsen. 2001.** Quinua: cultivo con resistencia a la sequía y a otros factores adversos. Edit. CIP - Universidad Nacional Agraria La Molina – UNAP. Lima, Perú.

- **Mujica, A. 2004.** Diversidad genética de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. 121-136.

- **Mujica Sánchez, Ángel y Canahua Murillo, Alipio (2013).** Quinua: pasado, presente y futuro. Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/downloads/2013/04/quinuapasadopresenteyfuturo.pdf>

- **Nishikawa 2012.** Manual de Nutrición Mineral de la Quinua (FAO).

- **Planella, M. T. 2014.** Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4042s/i4042s04.pdf>

- **Plata, G.; Bonifacio, A.; Navia, O.; Garandillas, A. 2014.** Las enfermedades en el cultivo de quinua. En: Saravia, R., Plata, G., Gandarillas, A. (Eds). Plagas

y enfermedades del cultivo de quinua. Cochabamba, Bolivia. Fundación PROINPA. 148 p.

- **Pérez, A. 2005.** Manejo del cultivo de quinua en la Sierra Central. INIA.
- **Suquilanda V. M. 2003.** Producción orgánica de cultivos andinos. UNOCANC, Disponible en:
http://www.mountainpartnership.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- **Ortiz, L. 1974.** Avances de la Investigación Agrícola en Puno. Ministerio de Agricultura, Zona Agraria XIII, Vol. N° 3. Puno, Perú
- **Otazú, V., Aguilar, P. C., Canahua, A. 1976.** Resistencia en quinua (*Chenopodium quinoa*) al mildiú *Peronospora effusa*. Fitopatología; 11:47–49
- **Quillatupa, C. 2009.** Caracterización de las fases fenológicas, determinación de unidades de calor y rendimiento de 16 genotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de La Molina. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. UNALM, Lima – Perú. 158 p.
- **Repo – Carrasco, R., Espinoza y Jacobsen, S.-E. 2003.** Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y Kañihua (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. New York. Vol. 19 N°1 y 2- 179 – 189.
- Requisitos y recomendaciones para la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) para la producción en el cultivo de quinua (2013). Disponible en:
<http://quinua.pe/wp-content/uploads/2016/04/GUIA-BPA-QUINUA.pdf>
- **Risi, J., Galwey, N. W. 1984.** The *Chenopodium* grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture 145–216.

- **Risco, A. 2010.** Efecto de cinco propuestas de abonamiento y de 2 distanciamientos entre surcos en el rendimiento y calidad de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Vilcashuamán – Ayacucho. Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- **Tapia, M. 1997.** Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Colombia. 89 p.
- **Tapia M. E., Sanchez I., Moron C., Ayala G., Fries A. M. y Bacigalupo A. (2000).** Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO. Segunda edición. Santiago de Chile – Chile. 170 p.
- **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 Scientae. Escuela de Post Grado – Especialidad de Producción Agrícola, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- **Tapia, M. y Fries, A. 2007.** Guía de campo de los cultivos andinos. 209 p.
- **Timaná, S. G. 1992.** Dosis y momentos de aplicación de Cycocel y su efecto frente a niveles crecientes de nitrógeno en el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima - Peru.
- **Vilche C. 2003.** Physical properties of quinoa seeds. Biosystems Engineering. 59 – 65.
- **Wiener H., Reategui W. 2011.** Especial del cultivo de quinua. Disponible en: http://www.agrobanco.com.pe/pdf_cpc/RevistaAGROPECUARIA7.pdf

IX. ANEXOS

Anexo 1: Promedios mensuales de temperatura máxima y mínima, humedad relativa y precipitación. Setiembre a Agosto del 2014 y 2015. Fuente: Estación San Juan de Yanamuco, Jauja.

Mes	Año	T° máx.	T° min	Precipitación (mm)	Humedad Relativa (%)
Noviembre	2014	21.90	5.62	60	68.51
Diciembre	2014	20.75	6.98	115.6	74.44
Enero	2015	19.20	6.44	126.6	79.08
Febrero	2015	19.15	6.66	120	79.53
Marzo	2015	18.91	6.24	86	81.45
Abril	2015	18.7	5.4	47.4	81.3
Mayo	2015	20.2	2.9	8.6	72.5
Junio	2015	20.3	0.3	17.4	68.3

Anexo 2: Análisis de fertilidad del suelo del campo experimental del fundo San Juan de Yanamuco

Suelo	pH (1:1)	CE (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	MO %	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC meq/100g	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. de Bases
							Arena	Limo	Arcilla			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
							%	%	%										
San Juan de Yanamuco	7.16	0.63	0.3	1.7	18.9	131	50	26	24	Fr. Ar. A.	22	18.8	3.2	0.3	0.1	0,00	22.4	22.4	100

Anexo 3: Análisis de Variancia para la Variable Rendimiento – Una Hilera

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	129280.9185	43093.6395	9.02	0.0045	**
TRAT.	3	70569.6485	23523.2162	4.92	0.0275	*
ERROR	9	43008.302	4778.7002			
TOTAL	15	242858.869				

Anexo 4: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Maduración – Una Hilera

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	49.1875	16.3958	0.46	0.7186	n.s
TRAT.	3	226.68.75	75.5625	2.11	0.1694	n.s
ERROR	9	322.5625	35.8402			
TOTAL	15	598.4375				

Anexo 5: Análisis de Variancia para la Variable Días a la Floración – Una Hilera

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	1.5	0.5	0.43	0.7375	n.s
TRAT.	3	281	93.67	80.29	0.0001	**
ERROR	9	10.5	1.167			
TOTAL	15	293				

**Anexo 6: Análisis de Variancia para la Variable de la Altura de plata –
Una Hilera**

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	3.6875	1.2291	0.02	0.9943	n.s
TRAT.	3	1337.1875	445.7292	9.03	0.0045	*
ERROR	9	444.0625	49.3403			
TOTAL	15	1784.9375				

**Anexo 7: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Población –
Una Hilera**

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	468.75	156.25	2.14	0.1649	n.s
TRAT.	3	1718.75	572.9167	7.86	0.007	**
ERROR	9	656.25	72.9167			
TOTAL	15	2843.75				

**Anexo 8: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Proteína –
Una Hilera**

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de
BLOQUE	3	0.45	0.15	1.27	0.34	n.s
TRAT.	3	134.11	44.7	381.12	0.0001	**
ERROR	9	1.06	0.12			
TOTAL	15	135.61				

Anexo 9: Análisis de Variancia para la Variable Peso de 1000 granos – Una Hilera

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	0.04	0.01	0.2	0.9	n.s
TRAT.	3	5.09	1.7	22.91	0.0002	**
ERROR	9	0.67	0.07			
TOTAL	15	5.8				

Anexo 10: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Rendimiento – Una Hilera

Material Genético	Rendimiento (Kg/ha)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	657.55	A	1
NEGRA COLLANA	641.17	Ab	4
PASANKALLA	620.05	Ab	3
SALCEDO INIA	489.32	B	2

Anexo 11: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Días a la Floración – Una Hilera

Material Genético	Floración (%)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	71.00	a	1
NEGRA COLLANA	64.50	b	4
SALCEDO INIA	61.00	c	2
PASANKALLA	60.50	c	3

**Anexo 12: Análisis de la Prueba de Tuckey para Variable Días a la Maduración –
Una Hilera**

Material Genético	Maduración (días)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
SALCEDO INIA	134.00	a	2
LM 89	132.50	a	1
PASANKALLA	126.50	a	3
NEGRA CCOLLANA	125.75	a	4

**Anexo 13: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Altura de planta – Una
Hilera**

Material Genético	Altura (cm)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	85.25	a	1
PASANKALLA	78.00	ab	3
SALCEDO INIA	66.00	b	2
NEGRA CCOLLANA	62.50	b	4

**Anexo 14: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Población
– Una Hilera**

Material Genético	Población (%)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	92.50	a	1
NEGRA CCOLLANA	82.50	ab	4
PASANKALLA	72.50	b	3
SALCEDO INIA	65.00	b	2

**Anexo 15: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Proteína –
Una Hilera**

Material Genético	Proteína (%)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	15.20	a	1
SALCEDO INIA	15.17	a	2
PASANKALLA	9.53	b	3
NEGRA CCOLLANA	9.28	b	4

**Anexo 16: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Peso de 1000 granos –
Una Hilera**

Material Genético	Peso 1000 granos (gr)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
PASANKALLA	3.96	a	3
SALCEDO INIA	3.15	b	2
LM 89	2.84	bc	1
NEGRA CCOLLANA	2.42	c	4

Anexo 17: Análisis de Variancia para la Variable Rendimiento – Dos Hileras

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	84051.94	28017.31	0.62	0.62	n.s
TRAT.	3	457707.38	152569.13	3.37	0.07	n.s
ERROR	9	40.6874.02	45208.22			
TOTAL	15	9486633.34				

Anexo 18: Análisis de Variancia para la Variable Días a la Maduración – Dos Hileras

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	20.69	6.89	0.64	0.61	n.s
TRAT.	3	162.69	54.23	5.03	0.03	*
ERROR	9	97.06	10.78			
TOTAL	15	280.44				

Anexo 19: Análisis de Variancia para la Variable Días a la Floración – Dos Hileras

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	6.75	2.25	2.45	0.13	n.s
TRAT.	3	284.75	94.92	103.55	0.0001	**
ERROR	9	8.25	0.92			
TOTAL	15	299.75				

Anexo 20: Análisis de Variancia para la Variable Altura de planta – Dos Hileras

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	328.5	109.5	1.84	0.21	n.s
TRAT.	3	630	210	3.52	0.06	n.s
ERROR	9	536.5	59.61			
TOTAL	15	1495				

Anexo 21: Análisis de Variancia para la variable Porcentaje de Población – Dos Hileras

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	1918.75	639.58	4.77	0.03	*
TRAT.	3	2418.75	806.25	6.02	0.02	*
ERROR	9	1206.25	134.03			
TOTAL	15	5543.75				

Anexo 22: Análisis de Variancia para la Variable Porcentaje de Proteína – Dos Hileras

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	0.46	0.15	0.61	0.63	n.s
TRAT.	3	155.21	51.74	204	0.0001	**
ERROR	9	2.28	0.25			
TOTAL	15	157.96				

Anexo 23: Análisis de Variancia para la Variable Peso de 1000 granos – Dos Hileras

FV	G.L.	S.C.	C.M.	Valor F	PR>F	Nivel de Significación
BLOQUE	3	0.04	0.01	0.98	0.44	n.s
TRAT.	3	4.93	1.64	135.83	0.0001	**
ERROR	9	0.11	0.01			
TOTAL	15	5.08				

Anexo 24: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Rendimiento – Dos Hileras

Material Genético	Rendimiento (Kg/ha)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
PASANKALLA	984.60	a	3
NEGRA COLLANA	790.60	a	4
LM 89	620.80	a	1
SALCEDO INIA	545.30	a	2

Anexo 25: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Días a la Floración – Dos Hileras

Material Genético	Floración (%)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	71.00	a	1
NEGRA CCOLLANA	63.00	b	4
SALCEDO INIA	61.00	bc	2
PASANKALLA	60.50	c	3

Anexo 26: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Días a la Maduración – Dos Hileras

Material Genético	Maduración (días)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
SALCEDO INIA	131.50	a	2
LM 89	131.25	a	1
PASANKALLA	125.00	a	3
NEGRA CCOLLANA	125.00	a	4

Anexo 27: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Altura de planta – Dos Hileras

Material Genético	Altura (cm)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
SALCEDO INIA	88.75	a	2
LM 89	84.25	a	1
PASANKALLA	77.75	a	3
NEGRA CCOLLANA	72.25	a	4

**Anexo 28: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Población
– Dos Hileras**

Material Genético	Población (%)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	95.00	a	1
NEGRA CCOLLANA	87.50	ab	4
PASANKALLA	87.50	ab	3
SALCEDO INIA	62.50	b	2

**Anexo 29: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Porcentaje de Proteína –
Dos Hileras**

Material Genético	Proteína (%)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
LM 89	14.98	a	1
SALCEDO INIA	14.83	a	2
PASANKALLA	9.30	b	3
NEGRA CCOLLANA	8.15	c	4

**Anexo 30: Análisis de la Prueba de Tuckey para la Variable Peso de 1000 granos –
Dos Hileras**

Material Genético	Peso 1000 granos (gr)	Prueba de Tuckey (0.05)	Parcela Tratamiento
PASANKALLA	3.61	a	3
SALCEDO INIA	3.26	b	2
LM 89	2.42	c	1
NEGRA CCOLLANA	2.29	c	4

Anexo 31: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Rendimiento

Fuente de variación	GL	RENDIMIENTO (Kg/ha)	F-valor	PR>F	Significancia
Genotipos	3	117000.6686	4.68	0.0138	*
BLOQUE	6	35555.47	1.42	0.26	n.s
Densidad	1	142209.77	5.69	0.0283	*
Genotipos*Densidad	3	59091.67	2.36	0.1051	n.s
ERROR	18	24993.46			
TOTAL	31				
CV (%)		23.64			
Promedio		668.68			
DMS		158.09			

Anexo 32: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Días a la Floración

Fuente de variación	GL	FLORACION (%)	F-valor	PR>F	Significancia
Genotipos	3	187.45	179.96	0.0001	**
BLOQUE	6	1.37	1.32	0.2987	n.s.
Densidad	1	1.13	1.08	0.3125	n.s.
Genotipos*Densidad	3	1.13	1.08	0.3826	n.s.
ERROR	18	1.04			
TOTAL	31				
CV (%)		1.59			
Promedio		64.06			
DMS		1.02			

Anexo 33: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Días a la Maduración

Fuente de variación	GL	MADURACION (%)	F-valor	PR>F	Significancia
Genotipos	3	127.92	5.49	0.0074	**
BLOQUE	6	11.65	0.5	0.8	n.s
Densidad	1	21.13	0.91	0.3537	n.s
Genotipos*Densidad	3	1.88	0.08	0.9698	n.s
ERROR	18	23.31			
TOTAL	31				
CV (%)		3.74			
Promedio		129			
DMS		4.82			

Anexo 34: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Altura de planta

Fuente de variación	GL	ALTURA (%)	F-valor	PR>F	Significancia
Genotipos	3	585.36	10.75	0.0003	**
BLOQUE	6	55.36	1.02	0.4458	n.s
Densidad	1	488.28	8.96	0.0078	**
Genotipos*Densidad	3	70.36	1.29	0.3076	n.s
ERROR	18	54.48			
TOTAL	31				
CV (%)		9.6			
Promedio		76.84			
DMS		7.38			

Anexo 35: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Porcentaje de Población

Fuente de variación	GL	POBLACION (%)	F-valor	PR>F	Significancia
Genotipos	3	1270.83	12.28	0.0001	**
BLOQUE	6	397.92	3.85	0.0121	*
Densidad	1	200	1.93	0.1814	n.s
Genotipos*Densidad	3	108.33	1.05	0.3959	n.s
ERROR	18	8587.5			
TOTAL	31				
CV (%)		12.61			
Promedio		80.63			
DMS		10.17			

Anexo 36: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Porcentaje de Proteína

Fuente de variación	GL	PROTEINA (%)	F-valor	PR>F	Significancia
Genotipos	3	96.06	518	0.0001	**
BLOQUE	6	0.15	0.82	0.5707	n.s.
Densidad	1	1.85	9.99	0.0054	**
Genotipos*Densidad	3	0.37	2.02	0.1466	n.s.
ERROR	18	0.1854			
TOTAL	31				
CV (%)		3.57			
Promedio		12.05			
DMS		0.43			

Anexo 37: Análisis de Variancia del Combinado para la Variable Peso de 1000 granos

Fuente de variación	GL	PESO DE 1000 GRANOS (gr)	F-valor	PR>F	Significancia
Genotipos	3	3.22	74.76	0.0001	**
BLOQUE	6	0.0131	0.31	0.9256	n.s
Densidad	1	0.3148	7.3	0.0146	*
Genotipos*Densidad	3	0.1189	2.76	0.0722	n.s
ERROR	18	0.0431			
TOTAL	31				
CV (%)		1.59			
Promedio		64.06			
DMS		1.02			

Anexo 38: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Rendimiento

Progenitores	Rendimiento (kg/ha)
LM 89	639.19ab
SALCEDO INIA	517.32b
PASANKALLA	802.34a
NEGRA CCOLLANA	718.9a

Anexo 39: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Altura de planta

Progenitores	Altura planta (cm)
LM 89	84.75a
SALCEDO INIA	83.38a
PASANKALLA	71.86b
NEGRA CCOLLANA	67.38b

Anexo 40: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Días a la Floración

Progenitores	Floración (días)
LM 89	71a
SALCEDO INIA	61c
PASANKALLA	60.5c
NEGRA CCOLLANA	63.75b

Anexo 41: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Días a la Maduración

Progenitores	Maduración (días)
LM 89	131.87a
SALCEDO INIA	133a
PASANKALLA	125.75b
NEGRA CCOLLANA	125.37b

Anexo 42: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Porcentaje de Población

Progenitores	Población (%)
LM 89	93.75ab
SALCEDO INIA	63.75c
PASANKALLA	80b
NEGRA CCOLLANA	85ab

Anexo 43: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Porcentaje de Proteínas

Progenitores	Proteínas (%)
LM 89	15.09a
SALCEDO INIA	15a
PASANKALLA	9.41b
NEGRA CCOLLANA	8.71c

Anexo 44: Prueba de Tuckey para el Análisis Combinado de la Variable Peso de 1000 granos

Progenitores	Peso de 1000 granos (gr)
LM 89	2.63c
SALCEDO INIA	3.21b
PASANKALLA	3.78a
NEGRA COLLANA	2.35d