

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**Tercer ciclo de evaluación y selección de cultivares de
quinua grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.),
Canaán 2735 msnm - Ayacucho**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR:
Marco Antonio Oré Flores**

Ayacucho - Perú

2018

*A mis padres: Julio y Dina con amor,
por ser la fuerza que me inspira a
seguir adelante.*

*A mis hermanos: Diana, Julio, Juán,
Celina, Luis, Zaida, Yeni, Ely y
Betsy, por dar sentido a mi vida.*

*A José y Marilú, por su apoyo
incondicional en mi formación
profesional.*

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, institución en la cual me formé y me llena de satisfacción.

A la Facultad de Ciencias Agrarias y a los docentes de la gloriosa Escuela Profesional de Agronomía, quienes con sus saberes y enseñanzas contribuyeron con mi formación como profesional.

Al M.Sc. Ing. José Antonio Quispe Tenorio, quien fue mi profesor y asesor del presente trabajo; por su orientaciones y consejos valiosos.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), área de investigación en Granos Andinos, quienes me han permitido realizar este proyecto en sus instalaciones.

A la Ing. Ana María Altamirano Pérez, responsable del área de investigación en Granos Andinos, y en especial al Sr. Sabino, por contribuir con su experiencia en el cultivo de quinua.

A mis amigos, quienes estuvieron prestos apoyándome durante la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice general	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	viii
Índice de anexos.....	ix
Resumen.....	1
Introducción	3

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1. Origen y distribución.....	5
1.2. Importancia y usos de la quinua.....	7
1.3. Taxonomía.....	9
1.4. Morfología de la quinua	10
1.5. Clasificación agroecológica de la quinua.....	13
1.6. Variedades comerciales de la quinua	14
1.7. Requerimientos del cultivo.....	15
1.8. Caracteres de precocidad.....	17
1.9. Caracteres de productividad	20
1.10. Saponina	21
1.11. Formas de mejoramiento	23
1.12. Métodos de mejoramiento de la quinua	25
1.13. Aspectos de manejo del cultivo.....	28
1.14. Formas de siembra	33

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del campo experimental	37
2.2. Antecedentes del campo experimental.....	37
2.3. Condiciones climáticas.....	38
2.4. Condiciones edáficas.....	41

2.5.	Material genético.....	42
2.6.	Unidad experimental	43
2.7.	Campo experimental	43
2.8.	Tamaño de muestra	46
2.9.	Conducción del experimento.....	47
2.10.	Análisis estadístico.....	49
2.11.	Criterios de evaluación.....	50
2.12.	Análisis genético	60

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.	Caracteres de precocidad.....	62
3.2.	Caracteres de productividad	62
3.3.	Selección y respuesta a la selección	75
3.4.	Caracteres morfológicos.....	83
	Conclusiones	98
	Recomendaciones.....	99
	Referencia bibliográfica	100
	Anexos	104

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.1.	Valor nutricional de la quinua.....	08
Tabla 1.2.	Ganancia por selección.....	27
Tabla 2.1.	Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2014-2015 de la Estación Meteorológica de Canaán - INIA (SENAMHI) – Ayacucho.....	39
Tabla 2.2.	Características físico y químico del suelo de la Estación Experimental Canaán-INIA Ayacucho	42
Tabla 2.3.	Cultivares de quinua de grano amarillo utilizados en el experimento	43
Tabla 3.1.	Caracteres de precocidad en días después de la siembra de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	63
Tabla 3.2.	Cuadrados medios del análisis de variancia y características de productividad de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm – Ayacucho...	64
Tabla 3.3.	Prueba de Tukey para los promedios de la altura de planta de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	65
Tabla 3.4.	Prueba de Tukey para los promedios de diámetro de tallo principal de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	67
Tabla 3.5.	Prueba de Tukey para los promedios de longitud de panoja de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	68
Tabla 3.6.	Prueba de Tukey para los promedios de diámetro de panoja de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	69
Tabla 3.7.	Prueba de Tukey para los promedios de peso de panoja de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	70
Tabla 3.8.	Prueba de Tukey para los promedios de peso de 1000 semillas de	

	14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	71
Tabla 3.9.	Prueba de Tukey para los promedios de tamaño de grano de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	73
Tabla 3.10.	Prueba de Tukey para los promedios rendimiento de grano de 14 selecciones de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho	74
Tabla 3.11.	Análisis de variancia de la regresión lineal múltiple con selección de variables por el método Stepwise, del peso de panoja, peso de 1000 semillas y altura de planta sobre el rendimiento en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	76
Tabla 3.12.	Análisis de variancia de los coeficientes de regresión lineal múltiple del peso de panoja, peso de 1000 semillas y altura de planta sobre el rendimiento de grano en t.ha ⁻¹ de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	76
Tabla 3.13.	Resumen de selección de Stepwise con las variables peso de panoja, peso de 1000 semillas y altura de planta incluidas en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho	77
Tabla 3.14.	Rendimiento estimado en t.ha ⁻¹ de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo para valores diferentes de peso de panoja y peso de 1000 semillas, con valores promedio de altura de planta (155 cm). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	78
Tabla 3.15.	Análisis de variancia del rendimiento de grano en t.ha ⁻¹ , componentes de variancia y heredabilidad en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	80
Tabla 3.16.	Promedio del rendimiento de grano (t.ha ⁻¹) y ganancia por selección en 14 cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano blanco. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	81

Tabla 3.17.	Características Morfológicas de la Familia CQA-015-2-3 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	84
Tabla 3.18.	Características Morfológicas de la Familia CQA-015-2-6 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	85
Tabla 3.19.	Características Morfológicas de la Familia CQA-042-2-4 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	86
Tabla 3.20.	Características Morfológicas de la Familia CQA-042-2-1 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	87
Tabla 3.21.	Características Morfológicas de la Familia CQA-022-2-5 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	88
Tabla 3.22.	Características Morfológicas de la Familia CQA-022-2-3 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	89
Tabla 3.23.	Características Morfológicas de la Familia CQA-038-2-10-2-1 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	90
Tabla 3.24.	Características Morfológicas de la Familia CQA-038-2-10-10-10 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	91
Tabla 3.25.	Características Morfológicas de la Familia CQA-002-2-4 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	92
Tabla 3.26.	Características Morfológicas de la Familia CQA-002-2-2 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	93
Tabla 3.27.	Características Morfológicas de la Familia CQA-016-2-3-2-5 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	94
Tabla 3.28.	Características Morfológicas de la Familia CQA-016-2-3-3-10 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	95
Tabla 3.29.	Características Morfológicas de la Familia CQA-016-1-6-3 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	96
Tabla 3.30.	Características Morfológicas de la Familia CQA-036-1-6-5 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1.	Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2014 - 2015 de la estación meteorológica de Canaán INIA (SENAMHI) Ayacucho.....	40
Figura 2.2.	Medidas de la unidad experimental	44
Figura 2.3.	Croquis del campo experimental	45
Figura 3.1.	Regresión lineal múltiple del rendimiento de grano (t.ha ⁻¹) sobre el peso de 1000 semillas (g) y peso de panoja (g) en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	79
Figura 3.2.	Regresión lineal múltiple del rendimiento de grano (t.ha ⁻¹) sobre el peso de panoja (g) y peso de 1000 semillas (g) en quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	79
Figura 3.3.	Rendimiento poblacional del grano y ganancia por selección en cultivares de quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	82
Figura 3.4.	Familia CQA-015-2-3.....	84
Figura 3.5.	Familia CQA-015-2-6.....	85
Figura 3.6.	Familia CQA-042-2-4.....	86
Figura 3.7.	Familia CQA-042-2-1.....	87
Figura 3.8.	Familia CQA-022-2-5.....	88
Figura 3.9.	Familia CQA-022-2-3.....	89
Figura 3.10.	Familia CQA-038-2-10-2-1.....	90
Figura 3.11.	Familia CQA-038-2-10-10-10.....	91
Figura 3.12.	Familia CQA-002-2-4.....	92
Figura 3.13.	Familia CQA-002-2-2.....	93
Figura 3.14.	Familia CQA-016-2-3-2-5.....	94
Figura 3.15.	Familia CQA-016-2-3-3-10.....	95
Figura 3.16.	Familia CQA-016-1-6-3.....	96
Figura 3.17.	Familia CQA-036-1-6-5.....	97

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Caracteres morfológicos de 14 selecciones quinua de grano amarillo (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) Canaán 2735 msnm.....	105
Anexo 2. Caracteres de productividad de 14 selecciones de quinua de grano amarillo (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	108
Anexo 3. Contenido de saponina de 14 selecciones de quinua de grano amarillo (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.....	113
Anexo 4. Panel fotográfico.....	114

RESUMEN

En el departamento de Ayacucho existen diferentes cultivares de quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.), con rendimientos bajos y precoces, algunos presentan rendimientos aceptables, pero con características agronómicas indeseables. Analizando lo mencionado y buscando solucionar en parte el problema, se realizó el presente trabajo con el propósito de conocer la morfología y las variables cuantitativas de productividad de quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.), con fines de mejoramiento de la base genética, productividad del grano y evaluación de variables de productividad.

La evaluación y selección del tercer ciclo de 14 cultivares de quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.), se realizó en la estación experimental de INIA a 2735 msnm – Ayacucho en los meses de enero a junio del 2015.

En base al análisis estadístico; las 14 selecciones de quinua de grano amarillo evaluados se consideran como precoces, los caracteres de productividad entre cultivares se diferencian con alta significación estadística, estas diferencias tienen origen genético y ambiental. Alcanzando un rendimiento de grano que varía entre 4.977 y 10.171 t.ha⁻¹. La variancia genética para el rendimiento de grano representa el 81 % de la variancia total o fenotípica. Se espera en la población descendiente de las selecciones un porcentaje de mejora entre 7 a 17 %, que representan incrementos en el rendimiento.

De acuerdo con los objetivos planteados y resultados obtenidos en el presente estudio, se concluyó con base en el análisis estadístico practicado, que los caracteres de productividad entre cultivares se diferencian con alta significación estadística, estas diferencias tienen origen genético y ambiental; por tanto, se recomienda continuar con el cuarto ciclo de selección y evaluación del cultivo de quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.).

INTRODUCCIÓN

La Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), es una planta andina, muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca. Constituye un recurso vegetal potencial debido a su gran adaptabilidad a las nuevas exigencias de los mercados por alimentos de origen orgánico; encontrándose en el Perú desde Tacna hasta Piura desde el nivel del mar hasta los 4 000 msnm.

El cultivo de quinoa es una especie que posee una gran variabilidad y diversidad, con elevadas cualidades nutricionales, alrededor de 15 % de proteína en grano; por la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales (metionina, lisina y triptófano), el valor calórico es mayor a otros cereales, y se le considera un cultivo nutraceútico; además contiene minerales como el calcio, magnesio, hierro y fitohormonas (Apaza y Delgado, 2005).

Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2013), indica que entre los años 2005-2012, la producción de quinoa creció a una tasa de 4,5 % promedio anual, registrando 44 mil toneladas en el año 2012. El aumento de la producción nacional de este grano en este lapso se atribuye a la expansión de la superficie cosechada más que una mejora de los rendimientos.

En el año 2012, Puno concentró el 68 % de la producción nacional, seguido de la región Ayacucho con un 10 %. Las regiones como Arequipa, Apurímac, Junín y Ayacucho consiguieron importantes rendimientos en ese mismo año con niveles superiores respecto al promedio nacional. En el periodo enero-junio de 2013, la producción de quinoa aumentó 6,2 % con respecto a similar periodo de 2012, debido al incremento de la superficie cosechada en 4,6 mil has más, principalmente en las

regiones de Puno, Ayacucho, Junín y Apurímac. El precio promedio nacional pagado en chacra fue de S/. 5,52 soles por kg, mayor en 42,1 % con relación al precio pagado en enero-junio del 2012.

Mejorar la cantidad de producción de la quinua implica realizar investigaciones en mejoramiento genético con la finalidad de obtener variedades con características de mayor rendimiento, mayor calidad comercial y nutritiva, mayor resistencia a factores bióticos y abióticos adversos al cultivo; es decir generar variedades más eficientes. A través de este trabajo experimental se estudió poblaciones de quinua de grano amarillo, sus principales características morfológicas y cuantitativas, aplicando el método de selección, que es una forma de mejoramiento en el cultivo de quinua. Con la realización de este trabajo de investigación, se espera obtener cultivares con mejores características de rendimiento para las condiciones climatológicas de la región Ayacucho brindando un beneficio a los agricultores interesados en el cultivo de quinua y a la población en general. Con estas consideraciones expuestas se plantea los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL

Conocer la morfología y las variables cuantitativas de productividad de quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.), mediante la formación de poblaciones varietales, caracterización morfológica, selección con fines de mejoramiento de la base genética, productividad del grano y evaluación de variables de productividad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar características de precocidad de 14 selecciones de quinua de grano amarillo con fines de mejoramiento.
2. Evaluar características de rendimiento de 14 selecciones de quinua grano amarillo con fines de mejoramiento.
3. Evaluar la selección por caracteres y su respuesta, de 14 cultivares de quinua de grano amarillo con fines de mejoramiento.
4. Efectuar la caracterización morfológica de 14 selecciones de quinua de grano amarillo con fines de mejoramiento.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

Apaza (2005), menciona que posiblemente fue cultivada en los Andes peruanos, bolivianos y ecuatoriano desde hace 3 000 a 5 000 años.

León (2003), atribuye su origen a la zona andina del Altiplano Perú-Bolivia, por estar presente gran cantidad de especies silvestres y una gran variabilidad genética, principalmente en ecotipos, reconociéndose cinco categorías básicas: Quinua de los Valles, Quinuas Altiplánicas, Quinuas de los Salares, Quinuas al nivel del mar y Quinuas sub-tropicales.

La quinua es una planta andina procedente de los alrededores del lago Titicaca, ubicado en Perú y Bolivia. Las teorías sobre el origen de la quinua son diferentes. Según evidencias arqueológicas del norte chileno, por ejemplo, la quinua fue utilizada 3 000 años antes de Cristo, mientras que hallazgos en la zona de Ayacucho, en el Perú, indicarían que la domesticación de la quinua ocurrió incluso 2 mil años antes.

León (2003), manifiesta que la quinua es un grano alimenticio que se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de la Argentina para las condiciones de montañas de altura, aunque un ecotipo que se cultiva en Chile se produce a nivel de mar. Domesticada por las culturas prehispánicas, se la utiliza en la alimentación desde por lo menos unos 3 000 años.

Zevallos (1984), señala que el lugar de origen de la quinua no es conocido exactamente, se cree que sea Sud-América, probablemente La Hoya del Titicaca

(Perú Bolivia), ya que en esta zona se puede encontrar la mayor cantidad de variedades y escapes de esta especie.

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

Tapia (1979) da una fecha incluso anterior, 5 000 años A.C., como el inicio de la domesticación de esta planta.

Pulgar (1954), cree que tanto los chibchas de la meseta Cundy - Boyacense (Colombia) cultivaron intensamente la quinua, también se ha sugerido que los antiguos habitantes de Cuyumbe (actuales ruinas de San Agustín en el Huika, Colombia), tenían relaciones con los pobladores de las sabanas de Bogotá y ayudaron a la dispersión de la quinua que, compartida con otras naciones, explicaría su distribución en Ecuador. En el norte del Perú el cultivo de la quinua fue común, pero en asociación con el maíz; al sur, esta alcanzó importancia tanto en el Callejón de Huaylas como en el Valle del Mantaro.

La evidencia histórica señala que su domesticación por los pueblos de América puede haber ocurrido entre los años 3 000 y 5 000 antes de Cristo. Existen hallazgos arqueológicos de quinua en tumbas de Tarapacá, Calama y Arica en Chile, y en diferentes regiones del Perú. A la llegada de los españoles, la quinua tenía un desarrollo tecnológico apropiado y una amplia distribución en el territorio Inca y fuera de él. El primer español que reporta el cultivo de quinua fue Pedro de Valdivia, quien al observar los cultivos alrededor de Concepción menciona que, entre otras plantas, los indios siembran la quinua para su alimentación (Mujica et al., 2001).

Antes de su domesticación, la quinua silvestre probablemente se usó por sus hojas y semillas para la alimentación. Una evidencia temprana de su morfología se encuentra en la cerámica de la cultura Tiahuanaco, que representa a la planta de quinua con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo, lo que mostraría una de las razas más

primitivas de la planta. Desde el punto de vista de su variabilidad genética puede considerarse como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple. La región andina, especialmente las orillas del Lago Titicaca, muestra la mayor diversidad y variación genética de la quinua (Mujica et al., 2001).

Heiser y Nelson (1974), sostiene que la quinua en el pasado ha tenido amplia distribución geográfica, que abarcó en Sudamérica, desde Nariño en Colombia hasta Tucumán en la Argentina y las Islas de Chiloé en Chile, también fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominándola Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia. Este caso puede explicarse como una migración antigua de quinua, por tener caracteres similares de grano, ser conespecíficos, además por haberse obtenido descendencia al realizarse cruzamiento entre ellos. La quinua en la actualidad tiene distribución mundial: en América, desde Norteamérica y Canadá, hasta Chiloé en Chile; en Europa, Asia y el África, obteniendo resultados aceptables en cuanto a producción y adaptación.

1.2. IMPORTANCIA Y USOS DE LA QUINUA

El consumo de quinua es cada vez más popular entre las personas interesadas en la mejora y el mantenimiento de su estado de salud mediante el cambio de los hábitos alimenticios, ya que es un excelente ejemplo de “alimento funcional” (que contribuye a reducir el riesgo de varias enfermedades y/o ejerciendo promoción de la salud). Este alimento, por sus características nutricionales superiores, puede ser muy útil en las etapas de desarrollo y crecimiento del organismo. Además, es fácil de digerir, no contiene colesterol y se presta para la preparación de dietas completas y balanceadas. La quinua también puede ser utilizada tanto en las dietas comunes como en la alimentación vegetariana, así como para dietas especiales de determinados consumidores como adultos mayores, niños, deportistas de alto rendimiento, diabéticos, celíacos y personas intolerantes a la lactosa.

Las proteínas de quinua tienen una composición balanceada de aminoácidos esenciales parecida a la composición aminoacídica de la caseína, la proteína de la

leche. En pruebas biológicas se ha encontrado valores mayores para la quinua que para la caseína. El aceite de quinua es alto en ácidos grasos esenciales y ácido oleico: 48 % de ácido oleico, 50.7 % de ácido linoleico, 0.8 % de ácido linolénico y 0.4 % de ácidos saturados (De Bruin, 1964).

1.2.1. Valor Nutritivo

Apaza y Delgado (2005), manifiesta que esta especie constituye uno de los principales componentes de la dieta alimentaria de los pobladores de los Andes, no tiene colesterol, no forma grasas en el organismo, es fácil digestible, es un producto natural y ecológico. La quinua es la fuente natural de proteína vegetal, de alto valor nutritivo por la combinación de mayor proporción de aminoácidos esenciales, el valor calórico es mayor que otros cereales, tanto en grano y en harina alcanza 370 cal/100 g, que lo caracteriza como un alimento apropiado para zonas y épocas frías. La composición de aminoácidos esenciales, le confiere un valor biológico comparable solo con la leche, huevo y la menestra, constituyéndose por lo tanto en uno de los principales alimentos de la región.

Tabla 1.1. Valor nutricional de la quinua

Valor nutritivo /100 g de producto fresco (promedio)	
Humedad	12.60 %
Proteínas	12-16 %
Extracto etéreo	5.10 %
Carbohidratos	72.6 %
Fibras	4.10 %
Cenizas	3.30 %
Grasas	4-9 %
Lisina	0.88 %
Metionina	0.42 %
Triptófano	0.12 %
Tiamina b1	0.24 mg
Riboflavina b2	0.23 mg
Niacina	1.40 mg
Vitamina c	8.50 mg
Calcio	100 mg
Hierro	9.21 mg
Fosforo	448 mg
Calorías	370 cal

Fuente: Belizt, H.D. & W.Grosch.1997. Química de los Alimentos. Ed. Acriba, SA. Zaragoza. España

Muñoz (2010), indica que la quinua está considerada como uno de los granos más ricos en proteína, debido a los aminoácidos que la constituye como: la leucina, isoleucina, metionina, fenilamina, treonina, triptófano y valina.

1.2.2. Usos de la quinua

Mujica (1993), la quinua tiene múltiples usos y se puede emplear casi todas sus partes en la alimentación humana, animal (forraje y concentrados), medicinales, industriales, tutor en siembras asociadas con hortaliza, en ritos ceremoniales y creencias populares en diversos lugares donde se produce el cultivo de quinua. Los granos se utilizan previa eliminación del contenido amargo (Saponina de la episperma) en forma de guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galletas y tortas; pudiendo prepararse en más de 100 formas diferentes.

1.3. TAXONOMÍA

Según Pérez (2005), indica que la quinua presenta la siguiente clasificación taxonómica:

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

1.3.1. Nombres Comunes

La quinua recibe diferentes nombres en el área andina que varían entre las localidades y de un país a otro, así como también recibe nombres fuera del área andina que varían con los diferentes idiomas (Mujica, 1997).

En Perú: Quinua, Jiura, Quiuna; en Colombia: Quinua, Suba, Supha, Pasca, Uba, Luba, Ubalá, Juba, Uca; en Ecuador: Quinua, Juba, Subacguque, Ubaque, Ubate; en

Bolivia: Quinoa, Jupha, Jiura; en Chile: Quinoa, Quínoa, Quingua, Dahuie; en Argentina: Quinoa, quiuna; según el idioma: Español: Quinoa, Quinoa, Quingua, Triguillo, Trigo inca, Arrocillo, Arroz del Perú, Kinoa; Inglés: Quinoa, Quinoa, Kinoa, Swet quinoa, Peruvian rice, Inca rice, Petty rice; Francés: Anserine quinoa, Riz de peruo, Petit riz de Peruo, Quinoa; Italiano: Quinoa, Chinua; Portugués: Arroz miudo do Perú, Espinafre do Perú, quinoa; Alemán: Reisspinat, Peruanischer reisspinat, Reismelde, Reis-gerwacks, Inkaweizen; India: Vathu; China: Han; Quechua: Kiuna, Quinoa, Parca; Aymara: Supha, Jopa, Jupha, Jauira, Aara, Ccallapi, Vocali, Jiura.

1.4. MORFOLOGÍA DE LA QUINUA

1.4.1. Planta

Mujica (1997), menciona que la planta, es erguida, alcanza alturas variables desde 30 a 250 cm, dependiendo del tipo de quinoa, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece y de la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas, su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas, está clasificada como planta C3, el primer carbono estable es el ácido fosfoglicerido.

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

1.4.2. Raíz

Mujica (1997), menciona que la raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, la cual posiblemente le da resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta, se diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que pareciera ser una gran cabellera, esta se origina del periciclo, variando el color con el tipo de suelo donde crece, al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 1.80 m de profundidad, y teniendo también

alargamiento lateral, sus raicillas o pelos absorbentes nacen distintas, se diferencia la raíz principal de las secundarias que son en gran número y se originan en el periciclo.

1.4.3. Tallo

León (2003), indica que el tallo es cilíndrico cerca de la raíz de una forma angulosa a la altura donde nacen las ramas y hojas. La corteza del tallo está endurecida, mientras la médula es suave cuando las plantas son tiernas; y seca con textura esponjosa, cuando maduran. La altura es variable de acuerdo a las variedades y siempre terminan en una inflorescencia.

Mujica (1997), menciona que el tallo posee una epidermis cutinizada, corteza firme, compacta con membranas celulósicas, interiormente contiene una médula, que a la madurez desaparece, quedando seca, esponjosa y vacía, este tallo por su riqueza y gran contenido de pectina y celulosa se puede utilizar en la fabricación de papel y cartón.

1.4.4. Hojas

Apaza y Delgado (2005), Señalan que las hojas son polimorfas, alternas, simples, de bordes dentados, aserradas, pronunciados o leves. Las hojas inferiores son de forma romboidal o triangular y las superiores lanceoladas.

Mujica (1998), indica que las hojas de quinua presentan un polimorfismo marcado, siendo las inferiores rómbicas, deltoides o triangulares, midiendo hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho. Las hojas pueden ser dentadas, aserradas o lisas. Además del tamaño de las hojas va disminuyendo según se hace en la planta, hasta alcanzar a las hojas que sobresalen de la inflorescencia que son lineales o lanceoladas midiendo apenas 10 mm de largo por 2 mm de ancho. El color de las hojas es también variable dependiendo de la pigmentación.

1.4.5. Inflorescencia

Mujica (1997), Señala que la inflorescencia de una panoja típica, constituida por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos así como por la disposición de las flores y porque el eje principal está más desarrollado

que los secundarios, ésta puede ser amarantiforme o glomerulada, existiendo formas intermedias entre ambas, presentando características de transición entre los dos grupos, es glomerulada cuando las inflorescencias forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto, es amarantiforme cuando los glomérulos son alargados y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias y en ellas se agrupan las flores formando masas bastante laxas.

1.4.6. Flores

Apaza y Delgado (2005), señalan que las flores carecen de pétalos, pueden ser hermafroditas (pistilo y estambres) ubicadas en la parte superior del glomérulo, pistiladas (femeninas) ubicadas en la parte inferior del glomérulo, androestériles (pistilo y estambres estériles), lo cual indica que puede tener hábito autógamo y alógamo. Los tres tipos de flores pueden estar presentes en la misma planta. Por lo general las flores presentan un perigonio con cinco sépalos y un gineceo con estigma central con dos o tres ramificaciones estigmáticas, flores tetraovarias de 3, 4, 6 y 7 estambres. León (2003), indica que generalmente se encuentra 50 glomérulos en una planta y cada glomérulo está conformado por 18 a 20 granos aproximadamente.

1.4.7. Fruto

Mujica (1993), afirma que el fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez fisiológica y en algunos casos puede permanecer adherido al grano por mucho tiempo incluso después de la trilla dificultando la selección.

1.4.8. Semilla

Mujica (2007), menciona que la semilla presenta tres partes bien definidas que son: episperma, embrión y perisperma. La episperma está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual fácilmente se desprende al

frotarla, en ella se ubica la saponina, la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa solo cuando la capa externa es traslúcida, la tercera capa es de coloración amarillenta y la cuarta capa es traslúcida. El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula que constituye el 30 % del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma. La radícula muestra una pigmentación de color castaño oscuro. El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60 % de la superficie de la semilla, sus células son grandes de mayor tamaño que las del endospermo, de forma poligonal con paredes delgadas. El color de la semilla varía, ofreciendo una gama de tonos que van desde el blanco, rojo amarillo, anaranjado, púrpura, marrón hasta negro.

1.4.9. Biología floral

Gandarillas (1967), manifiesta que las flores de la quinua permanecen abiertas entre 5 a 7 días, con presencia de flores hermafroditas y pistiladas cuyo porcentaje es variable, habiendo casos de presencia sólo de flores pistiladas en una misma inflorescencia. El tiempo que dura la floración es de 12 a 15 días, así mismo las flores hermafroditas y pistiladas en la misma panoja se abren al mismo tiempo (homogamia).

Rea (1969), encuentra tres tipos de flores: hermafroditas, femeninas o pistiladas y androestériles, no encontrando ningún tipo estaminado, los porcentajes de flores de diferente tipo variaron según los genotipos, observando un grupo en que predominan las flores femeninas y la presencia de androestériles, entre ellos Kcancolla y Ayara, el otro grupo con predominio de flores hermafroditas y otro grupo intermedio entre ambos.

1.5. CLASIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LA QUINUA

Gómez (2011), menciona que la quinua presenta una gran variabilidad y diversidad de formas de planta e inflorescencia y su clasificación se ha hecho en base a ecotipos:

1.5.1. Quinuas de los valles

Propia de los valles andinos. Se cultivan mayormente en la parte central y norte del Perú. Son plantas de 2 a 4 metros de altura, mayormente ramificadas y con ciclo vegetativo de 7 meses. Se encuentran fuentes de resistencia/tolerancia al mildiu (*Peronospora farinosa*). Generalmente se consideran como quinuas semidulces o de contenido bajo de saponina, variedades: Blanca de Junín, Rosada de Junín, Amarilla de Maranganí, Dulce de Quitopampa y Dulce de Lazo.

1.5.2. Quinuas altiplánicas

Del área circundante al Lago Titicaca. Se cultivan alrededor de los 4 000 msnm. Las plantas son de 1.8 m de altura, no ramificadas mayormente y con ciclo vegetativo de 4 a 7 meses. Su tolerancia/resistencia al mildiu es variable. Generalmente son quinuas amargas o de contenido alto de saponina. Variedades: Chewecca, Kanccolla y Blanca de Juli.

1.5.3. Quinuas de los salares

Proceden de la zona de los Salares bolivianos, a una altitud de 4 000 msnm. Las plantas crecen en un pH cercano a 8 y la mayoría a tienen granos grandes con alto contenido de saponina y bordes filosos. En las otras características son semejantes a las quinuas del altiplano. Variedad: Real.

1.5.4. Quinuas al nivel del mar

Del sur de Chile. Crecen hasta 2 m de altura, no ramificadas mayormente y florecen en días largos. Su semilla es pequeña, amarilla, transparente y con alto contenido de saponina. Variedades: Quechuco de Cautín y Picharán de Maule.

1.5.5. Quinuas sub-tropicales

Existe un tipo subtropical en las Yungas, de color verde intenso que se torna naranja en la madurez y produce semillas muy pequeñas de color naranja.

1.6. VARIEDADES COMERCIALES DE QUINUA

León (2003), señala que las variedades con mayor difusión y mayor aceptación por el mercado se tienen:

1.6.1. Grano blanco

Salcedo-INIA, Illpa-INIA, Blanca de Juli, Kancolla, Chewecca, Tahuaco, Camacani I y Camacani II.

1.6.2. Grano de color

Pasankalla: Es una variedad de color de grano plumizo a rosado, de sabor amargo, periodo vegetativo tardío, con gran aceptación en el mercado externo por sus cualidades de transformación.

Amarilla de Maranganí o CICA 17 del Cusco: De selección masal de zona de Sicuani (Cusco), grano de color amarillo, con alto contenido de saponina, panoja tipo amarantiforme, con rendimiento de 3 500 kg.ha⁻¹, tiene un periodo vegetativo de 210 días, es resistente al hongo que provoca el mildiu.

1.7. REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

León (2003), manifiesta que las condiciones climáticas y el suelo tienen influencias muy marcadas en la producción y productividad de la quinua. El clima está determinado por una serie de factores tales como altitud, precipitación, temperatura, latitud, vientos, iluminación. Dado a su cultivo en zonas marginales de los andes altos, la quinua se enfrenta con altos riesgos ambientales como heladas, sequías prolongadas, granizo, vientos fuertes, suelos pobres y ácidos. Apaza y Delgado (2005), mencionan que el medio ambiente es el primer factor condicionante de la producción de todo cultivo.

1.7.1. Altitud

El cultivo de la quinua crece y se adapta desde el nivel del mar hasta cerca de los 4 000 msnm, sin embargo, se estima que la altitud ideal para su cultivo se encuentra de 2 500 a 3 600 msnm, tiene un amplio y diverso rango de adaptación dependiendo de los genotipos y variedades (Apaza y Delgado, 2005).

1.7.2. Clima

En cuanto al clima, la quinua por ser una planta muy plástica y tener amplia variabilidad genética, se adapta a diferentes climas desde el desértico, caluroso y

seco en la costa hasta al frío y seco de las grandes altiplanicies, pasando por los valles interandinos templados y lluviosos, (Mujica, 1997).

1.7.3. Suelo

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

1.7.4. pH

La quinua posee un amplio rango de crecimiento y producción a diferentes pH del suelo de 6.5 a 8.5 y con 12 mmhos/cm de C.E. (León, 2003).

Algunas investigaciones han demostrado que la quinua puede germinar en suelos de pH 4.5 a 9.0 y con 52 mmhos/cm, pero en estas condiciones extremas de concentración salina el periodo de germinación se puede retrasar hasta en 25 días (Jacobsen et al., 1998; Quispe & Jacobsen, 1999).

1.7.5. Agua

Respecto al agua, la quinua es un organismo eficiente en el uso, a pesar de ser una planta C3, puesto que posee mecanismos morfológicos, anatómicos, fenológicos y bioquímicos que le permiten no solo escapar al déficit de humedad, sino, tolerar y resistir la falta de humedad del suelo. La quinua crece y produce aceptablemente con precipitaciones mínimas de 200 - 250 mm anuales (Mujica, 1997). La precipitación media para el cultivo es de 300 - 500 mm y un máximo de 600 - 800 mm anuales (León, 2003).

1.7.6. Temperatura

La temperatura media adecuada para la quinua está alrededor de 15-20 °C, sin embargo, se ha observado que con temperaturas medias de 10 °C el cultivo se desarrolla perfectamente, así mismo, con temperaturas medias y altas de hasta 25 °C, sin embargo, también toleran temperaturas extremas de -1 °C hasta 38 °C, pero produce aborto de flores y muerte de estigmas y estambres (Mujica, 1997).

1.8. CARACTERES DE PRECOCIDAD

Es posible determinar los caracteres de precocidad mediante los rasgos fenológicos los mismos que se percibe en las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo de la planta, a través de una apreciación visual de la planta y comparando el tiempo que requiere entre una fase y otra. Mujica citado por Choquecahua (2010), menciona que la quinua alcanza a la madurez fisiológica después de 90, 116 y 123 días de la siembra y se ha determinado que atraviesa por 14 fases fenológicas importantes y claramente distinguibles las cuales son:

1.8.1. Emergencia

Se da cuando los cotiledones emergen del suelo, que es difícil de distinguirlo sin ver al ras del suelo, y en esta etapa son vulnerables al ataque de plagas, enfermedades y aves. Esta fase se da luego de 5- 6 días después de la siembra de la semilla.

Apaza y Delgado (2005), mencionan que la emergencia depende de la humedad del suelo, por lo general emerge de 6 a 8 días después de la siembra, juntamente con los cotiledones a la superficie del suelo.

1.8.2. Hojas cotiledonales

Los cotiledones emergidos se separan y muestran dos hojas extendidas de forma lanceolada angosta, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hilera nítida, en muchos casos se puede distinguir la coloración que tendrá la futura planta, sobre todo las variedades pigmentadas de color rojo o púrpura, también en esta fase es susceptible al daño de aves, debido a la carnosidad de sus hojas, esto ocurre de los 7 a 10 días después de la siembra (Mujica, 1997).

1.8.3. Dos hojas verdaderas

Es cuando, aparte de las dos hojas cotiledonales, aparecen dos hojas verdaderas extendidas que ya tienen forma romboidal y con nervaduras claramente distinguibles y el siguiente par de hojas se encuentran en botón foliar. Esta fase sucede de los 15 a 20 días después de la siembra, mostrando un crecimiento rápido del sistema radicular, en esta fase puede ocurrir el ataque de gusanos cortadores de plantas tiernas como *Copitarsia turbata* (Mujica, 1997).

1.8.4. Cuatro hojas verdaderas

Se observan dos pares de hojas verdaderas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en botón foliar las siguientes hojas del ápice en la axila del primer par de hojas; esta fase sucede de los 25 a 30 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía; sin embargo es muy susceptible al ataque de masticadores de hojas como *Epitrix subcrinita* y *Diabrotica virídula* (Mujica, 1997).

1.8.5. Seis hojas verdaderas

Se observa tres pares de hojas verdaderas extendidas, tornándose las hojas cotiledonales de color amarillento y algo flácido. Se notan las hojas axilares, esta fase contempla desde el estado de formación de botones hasta el inicio de apertura de botones del ápice a la base de la plántula, y ocurre de los 35 a 45 días después de la siembra, en la cual se nota con mayor claridad la protección del ápice vegetativo por las hojas más viejas especialmente cuando se presentan bajas temperaturas, sequía y sobre todo al anochecer (Mujica, 1997).

1.8.6. Ramificación

Se nota 8 hojas verdaderas extendidas y comienza la extensión de las hojas axilares hasta la tercera fila de hojas en el tallo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices claramente notorias en el tallo, también se observa la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre de los 45 a 50 días después de siembra. En esta fase se efectúa el aporque para las quinuas de valle, así mismo, es la etapa de mayor resistencia al frío y se nota con mucha nitidez la presencia de cristales de oxalato de calcio en las hojas dando una apariencia cristalina e incluso de colores que caracterizan a los distintos genotipos; debido a la gran cantidad de hojas se considera la etapa en la que mayormente se consumen las hojas como verdura, hasta esta fase el crecimiento de la planta pareciera lento, para luego alargarse rápidamente (Mujica, 1997).

1.8.7. Inicio de panojamiento

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, y se puede observar, alrededor aglomeraciones de hojas pequeñas con bastantes cristales de

oxalato de calcio, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes. Ello ocurre de los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede ver amarillamiento del primer par de hojas verdadera y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento. En esta fase ocurre el ataque de la primera generación de *Eurissacca quinoae* Pov. “kcona-kcona” (Mujica, 1997).

1.8.8. Panojamiento

La inflorescencia sobresale con mucha claridad por encima de las hojas superiores, notándose los glomérulos de la base de la panoja, los botones florales individualizados sobre todo los apicales que corresponderán a las flores pistiladas. Esta etapa ocurre de los 65 a 70 días de la siembra, a partir de esta etapa se puede consumir las panojas tiernas en remplazo de las hortalizas de inflorescencia tradicionales. (Mujica, 1997).

1.8.9. Inicio de floración

Sucede cuando las flores hermafroditas apicales de los glomérulos conformantes de la inflorescencia se encuentran abiertos, mostrando los estambres separados de color amarillento, esta fase ocurre de los 75 a 80 días de la siembra, donde la planta es bastante sensible a la sequía y heladas, también ocurre amarillamiento y defoliación de las hojas inferiores sobre todo aquellas de menor eficiencia fotosintética (Mujica, 1997).

1.8.10. Floración o antesis

Se da cuando el 50 % de las flores de la inflorescencia principal (cuando existan inflorescencias secundarias) se encuentran abiertas, esto ocurre de los 90 a 100 días de la siembra, esta fase es bastante sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, en esta etapa debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer las flores se encuentran cerradas, por ser heliófilas. Así mismo la planta elimina en mayor cantidad las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente y existe abundancia de polen en los estambres que tienen una coloración amarilla (Mujica, 1997).

1.8.11. Grano lechoso

Cuando los frutos al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, ocurre de los 100 a 130 días después de la siembra. En esta fase el déficit de hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento (Mujica, 1997).

1.8.12. Grano pastoso

Es cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días después de la siembra, en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurissacca quínoae*. Pov. “Kcona-Kcona” causa daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano, así mismo el déficit de humedad afecta fuertemente a la producción (Mujica, 1997).

1.8.13. Madurez fisiológica

Es la fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días después de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %, el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el periodo de llenado de grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación (Mujica, 1997).

1.8.14. Madurez de cosecha

Cuando los granos sobresalen del perigonio, dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta es 12% tal que facilita la trilla (Mujica, 1997).

1.9. CARACTERES DE PRODUCTIVIDAD

1.9.1. Rendimiento

León (2003), indica que los rendimientos varían en función a la variedad, fertilidad, drenaje, tipo de suelo, manejo del cultivo en el proceso productivo, factores climáticos, nivel tecnológico, control de plagas y enfermedades, obteniéndose entre 800 kg.ha⁻¹ y 1 400 kg.ha⁻¹ en años buenos. Sin embargo, según el material genético se puede obtener rendimientos hasta de 3 000 kg.ha⁻¹. Según Bonifacio *et al.* (2001),

menciona que el rendimiento es el resultado de los componentes de tipo genético, ambiental y la interacción genético-ambiental, donde la parte genética, que es heredable, es importante desde el punto de vista del mejoramiento. Del mismo modo Zevallos (1984), señala que los rendimientos son debidos principalmente al suelo, humedad, variedad y los cuidados culturales; van desde los 450 kg.ha⁻¹ hasta los 5 000 kg.ha⁻¹, y los promedios que van desde los 1 500 a 2 000 kg.ha⁻¹.

Dípaz (2010), obtuvo rendimientos desde 2 482.50 kg.ha⁻¹ hasta 5 213.60 kg.ha⁻¹ en 11 cultivares de quinua en Canaán – INIA Ayacucho, a 2730 msnm.

1.10. SAPONINA

Las saponinas son sustancias con la capacidad de formar espuma cuando son extraídas con agua (Koziol (1991). Las saponinas se consideran una familia de metabolitos secundarios y se lograron identificar 4 subgrupos: el primero son las saponinas triterpénicas, las segundas son las saponinas esteroidales, las terceras saponinas esteroidales alcalinas y el último son las saponinas de organismos marinos. Las saponinas del primer grupo se encuentran ampliamente distribuidas en el reino de las dicotiledones (Hostettmen and Marston, 1995).

1.10.1. Usos de la saponina

Existe el uso de la saponina en la industria farmacéutica, cosméticos, detergentes y en la industria minera. Concentraciones de saponinas entre 5 - 6 % son frecuentemente empleadas en formulaciones de jabones, shampoo, sales de baño, dentríficos y como emulsionantes. Otras aplicaciones para extintores y en la industria fotográfica (Apaza y Delgado, 2005).

1.10.2. Métodos para determinar saponina

Apaza y Delgado (2005), indican que el método de espuma tiene validez para determinar el contenido de saponinas en granos de quinua dentro de un rango de concentraciones que va desde 0.01 % hasta 0.37 %; valores que relacionan a alturas de espumas que van desde 0.2 a 3 cm, fuera de este rango por una parte, las concentraciones están por debajo de los límites de detección y por otra parte, sale de la correlación lineal entre las concentraciones de las saponinas y alturas de espuma.

Koziot, citado por Apaza y Delgado (2005) desarrolló dos métodos para determinar el contenido de saponina en granos de quinua.

a. Método normal

1. Pesar 0.50 ± 0.02 g de granos enteros de quinua y colocarlos en un tubo de ensayo.
2. Añadir 5.0 ml de agua destilada y tapar el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir vigorosamente el tubo durante 30 segundos.
3. Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudir otra vez durante 20 segundos.
4. Dejar en reposo durante 30 minutos más, luego sacudir otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una última sacudida fuerte, igual a las sacudidas que se usan con termómetros orales.
5. Dejar el tubo en reposo 5 minutos, luego medir la altura de la espuma al 0.1 cm más cercano.

Cálculos:

$$\text{mg saponina /g peso fresco} = \frac{0.646 * (\text{altura espuma en cm}) - 0.104}{(\text{Peso de la muestra en g})} \dots\dots (1)$$

$$\% \text{ Saponina} = \frac{0.646 * (\text{altura espuma 30 s cm}) - 0.104}{(\text{Peso de muestra en g}) * 10} \dots\dots\dots (2)$$

b. Método rápido

Para hacer determinaciones más rápidas puede tomarse la lectura de la altura de espuma después de una agitación de 30 segundos, esperando unos 10 segundos más para que se estabilice la espuma.

La ecuación de correlación entre lecturas de alturas de espuma tomadas después de 30 segundos de agitación y las tomadas normalmente al fin de 73 minutos es:

$$(\text{Altura final}) = 0,683 * (\text{altura de espuma a 30 s}) + 0,163 \dots\dots\dots (3)$$

La sustitución de la ecuación (3) en las ecuaciones (1) y (2) da:

$$\text{mg saponina/g peso fresco} = \frac{0.441 * (\text{altura espuma a 30 s en cm}) + 0.001}{(\text{Peso de la muestra en g})} \dots (4)$$

$$\% \text{ Saponina} = \frac{0.441 * (\text{altura de espuma a 30 s en cm}) + 0.001}{(\text{Peso de la muestra en g}) * 10} \dots (5)$$

Con este método rápido se relaciona una quinua dulce con una altura de espuma de 1,2 cm o menos.

1.11. FORMAS DE MEJORAMIENTO

Según Apaza y Delgado (2005), las formas de mejoramiento para la quinua pueden ser por: Selección, Introducción, Hibridación, Cultivo de anteras y Fusión de protoplasto.

1.11.1. Selección

Podemos aplicar un programa de selección en cualquier población de plantas pudiendo ser estas: población de genotipos obtenidos de cruzamientos o pueden ser grupos de líneas o población de plantas para producción comercial.

En el proceso de selección se debe definir las características sobre las cuales se realiza la selección y para ello se debe tener en cuenta los objetivos de mejoramiento, los mismos que para el caso de la quinua se deben establecer de la siguiente manera:

a. Rendimiento

Siendo el rendimiento una característica poligénica debemos de seleccionar por varias características que son los componentes del rendimiento, tales como altura de planta, grosor de tallo, ancho de la panoja, largo de la panoja, tamaño de grano, tamaño de la hoja, etc., este potencial genético debe estar acompañado de buenas condiciones de fertilidad de suelo, clima y agua.

b. Calidad

Es otra característica poligénica, gobernada por varios genes, lo que nos indica también tiene componentes y más que componentes, la calidad esta expresada en diferentes parámetros como puede ser: contenido de proteína, tamaño de grano, bajo contenido o libre de saponina (carácter recesivo), color de grano, etc.

c. Resistencia a factores bióticos y abióticos

En lo biótico, se dice de la capacidad que tienen las plantas para repeler o ahuyentar a plagas como la kcona-kcona, pulgones, trips, etc. o a enfermedades como el mildiu, mancha ojival de tallo, etc.

En lo abiótico, la capacidad que tienen las plantas para poder soportar la presencia de factores adversos climáticos (bajas temperaturas, sequias, desgrane de granizadas, etc.) o edáficos (pH, salinidad, etc.) sin que estos le causen daño o reduzcan su producción.

d. Adaptación

El material seleccionado puede ser por adaptación específica o por adaptación general, la adaptación específica se obtiene cuando se realiza la selección en una sola localidad durante varias campañas, mientras que la adaptación general se alcanza seleccionando durante varios años pero en diferentes localidades que difieren en cuanto a los factores climáticos como edáficos.

e. Uniformidad en la maduración

Esta característica es importante en la quinua como en cualquier otro cultivo que se trilla, ya que se debe tener en cuenta plantas que maduren todas al mismo tiempo, pues si se tiene granos verdes o húmedos en la trilla o en el almacén estas pueden provocar la fermentación de los granos.

f. Precocidad

Esta característica es sumamente importante en nuestra zona y en nuestros días porque el período de lluvias se ha visto reducido en los últimos años y no permiten el desarrollo normal de las plantas ni la madurez fisiológica de los granos y para poder

evitar que las plantas lleguen a ser afectadas por las heladas tempranas se requiere tener variedades precoces.

1.11.2. Introducción

Esta forma de mejoramiento consiste en introducir material genético que ha sido generado o encontrado en otras localidades. Sobre estas podemos realizar un proceso de selección o realizar cruzamientos con el material genético de la zona, para poder transferir características deseables del material introducido a las variedades locales.

1.11.3. Hibridación

Se da por el cruzamiento entre padres de características diferentes, se puede realizar cruza simples, dobles, triples, etc., según la cantidad de variabilidad genética que se desee generar. La heterosis o vigor híbrido puede ser generado a partir de los cruzamientos dobles o triples y pueden ser más estables a medida que se logren por un mayor número de cruzamientos.

1.11.4. Cultivo de anteras

Esta forma de mejoramiento se da a nivel del laboratorio y sirve para obtener plantas haploide, que nos puede permitir realizar cruzamiento entre la quinua y la cañihua para poder transferir la característica de mayor contenido de proteína asimilable de la cañihua a la quinua.

1.11.5. Fusión de protoplastos

Esta forma consiste en combinar material genético de diferentes variedades o diferentes especies y generar una gran variabilidad genética sobre la cual se debe realizar un proceso de selección, teniendo mucho cuidado en elegir a las plantas nuevas que tengan las características deseables de los padres.

1.12. MÉTODOS DE MEJORAMIENTO DE LA QUINUA

1.12.1. La selección masal

Gandarillas (1979), indica que este método, diseñado en Europa, fue uno de los primeros en emplearse, y por su sencillez y economía se sigue usando con éxito. El método consiste en cultivar en forma masal las generaciones de la F2 hasta F6, y a

partir de la última iniciar una selección surco-panoja para aislar las líneas que tiene en mente el fitomejorador. Como el grado de homocigosis aumenta en cada generación, en F6 una gran proporción de las plantas serán homocigotas para la mayor parte de los caracteres. Lescano (1994), menciona que este método se basa en la gran variabilidad genética que presenta este cultivo en campo de los agricultores como en los bancos de germoplasma, lo que permite rápidos avances en el mejoramiento por selección. Es importante también mencionar que debido a la gran variabilidad climática y edáfica de las zonas productoras, se ha inducido indirectamente a una selección natural. Saravia (1990), menciona que uno de los aspectos importantes en estos tipos de selecciones, es la adaptación y la rusticidad, y dependiendo de la variabilidad genética del material original, pueden lograrse verdaderos ecotipos de elevado potencial genético.

1.12.2. Selección individual

La selección individual consiste en mantener la individualidad de las unidades seleccionadas en todos los ciclos en las que se practica la selección. Esto permite detectar las unidades seleccionadas por el ambiente y no por el genotipo. (Gandarillas, 1979).

1.12.3. Selección recurrente

Robles citado por Poehlman y Allen (2005) menciona que la selección recurrente es un método de mejoramiento de la población diseñado para aumentar la frecuencia de alelos deseables, para un carácter cuantitativo particular mediante entrecruzamientos frecuentes entre genotipos superiores dentro de la población; es decir la selección debe ser gradual.

1.12.4. Selección panoja-surco

Este método consiste en la aplicación de los procedimientos de la selección individual, con la diferencia de que cada unidad seleccionada es asignada con un número de registro, para facilitar el seguimiento de las progenies y cada unidad es sembrada en uno o más surcos debidamente identificados. Las plantas seleccionadas se trillan en sobres individuales y luego se siembran en surcos individuales, dobles o múltiples. Nuevamente se repite el proceso seleccionando plantas sobresalientes

entre los surcos y dentro los surcos. Este método permite el aislamiento de líneas puras después de varias generaciones de autofecundación. Este método es de mayor precisión frente al método masal y más económico (Gandarillas, 1979).

1.12.5. Ganancia por selección y heredabilidad

a. Ganancia por Selección

El cambio producido por la selección que nos interesa principalmente es el que afecta a la media de la población. Significa la diferencia del valor fenotípico medio entre la descendencia de los progenitores seleccionados y la generación parental antes de la selección.

Dipaz (2010), en su trabajo experimental en condiciones de Canaán, reporto la ganancia por selección para el rendimiento de grano en 11 poblaciones de quinua el cual se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1.2. Ganancia por selección

Cultivar	Promedio de selecciones	Promedio poblacional	Ganancia por selección	Promedio población mejorada	Porcentaje de mejora
CQA - 01	3 066	2 618	157	2 775	6 %
CQA - 02	2 085	1 796	101	1 897	6 %
CQA - 03	3 157	2 870	100	2 970	4 %
CQA - 04	3 754	3 076	237	3 313	8 %
CQA - 05	2 279	1 737	190	1 927	11 %
CQA - 06	3 265	2 507	265	2 772	11 %
CQA - 07	2 839	2 262	202	2 464	9 %
CQA - 08	2 857	2 803	19	2 822	1 %
CQA - 09	2 885	2 317	199	2 516	9 %
CQA - 10	3 386	3 100	100	3 200	3 %
CQA - 11	3 016	2 821	68	2 889	2 %

Fuente: Dipaz (2010)

Los cultivares que presentan una mayor ganancia por selección son CQA-06, CQA-04, CQA-07 con 265, 237, 202 kg.ha⁻¹, respectivamente, el cual representa un 11, 9 y 8 % de mejora respecto al promedio población obtenido en la presente campaña de cultivo

b. Heredabilidad

Hanson (s.f.), define la heredabilidad en dos formas; en sentido amplio, como la relación entre la varianza genotípica total y la varianza fenotípica. Refleja la variabilidad debido a los diversos tipos de acción de genes que comprenden efectos aditivos, efectos de dominancia, efectos de epítasis y efectos de interacción de genes por ambiente. En sentido estrecho, como la relación entre la varianza aditiva y la varianza fenotípica. Comprende la fracción de las diferencias entre los padres y que se espera recobrar en la progenie o descendencia; por tanto, sólo se considera la parte de varianza fenotípica proveniente del efecto aditivo de los genes.

1.13. ASPECTOS DE MANEJO DEL CULTIVO

1.13.1. Preparación del suelo

Mujica (1997), manifiesta que la preparación del suelo es una labor muy importante, que determinara el éxito futuro de la instalación del cultivo, si la siembra se efectuara en un suelo nuevo o virgen se debe roturar con un arado de vertedera o de discos de tal manera que la parte externa quede enterrada en el suelo, esta labor debe efectuarse al finalizar las lluvias, esto implica en la zona andina en el mes de marzo o inicios de abril, luego proceder a mullir el suelo con una rastra cruzada de discos o picos ya sea rígidos o flexibles de acuerdo a la textura del suelo; esto permitirá que se produzca una rápida descomposición del material orgánico para que garantice una buena germinación de la semilla y crecimiento de las raíces de la planta.

1.13.2. Siembra

Mujica (1997), manifiesta que la siembra se debe realizar cuando las condiciones ambientales sean las más favorables. Esto está determinado por una temperatura adecuada de 15 a 20 °C, humedad del suelo por lo menos en 3/4 de capacidad de campo, que facilitará la germinación de las semillas. Las actividades de la siembra son las siguientes:

a. Densidad de siembra

La cantidad de semilla de quinua necesaria por hectárea es de 10 a 12 kg.ha⁻¹, los mismos que se reajustan de acuerdo al tamaño de semilla, modalidades de siembra y del tipo de agroecosistema. En todo caso un distanciamiento entre plantas 8 a 10 cm,

que significa 15 a 20 plantas por metro lineal con tendencia a mayor producción de grano (Apaza y delgado, 2005).

b. Época de siembra

Mujica (1997), manifiesta que la época más oportuna de siembra dependerá de las condiciones ambientales del lugar de siembra, generalmente en la zona andina, en el altiplano y la costa, es del 15 de setiembre al 15 de noviembre, lógicamente se puede adelantar o retrasar un poco de acuerdo a la disponibilidad de agua y a la precocidad o duración del período vegetativo de los genotipos a sembrarse, en zonas más frías se acostumbra adelantar la fecha de siembra sobre todo si se usan genotipos tardíos.

c. Modalidad de siembra

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

- **Al voleo:** es una práctica que se realiza en condiciones muy especiales; es decir, cuando la humedad del suelo es suficiente y sin problemas de inundación. Este sistema de siembra dificulta las labores culturales.
- **En hilera:** es una labor generalizada en toda la cuenca, cuando se cuenta con tracción animal o de un tractor agrícola para aperturar hileras (surcos) a una distancia de 30 a 50 cm.
- **En surco:** es la tercera forma de la siembra de quinua, pero es muy similar al anterior, con la diferencia de que los surcos son más anchos y oscilan alrededor de 70 cm. La ventaja de estos surcos es que se logra mejor aireación del suelo en épocas de estiaje, muy común en los primeros estados fenológicos de la planta para evitar el desecamiento, como también en suelos con problemas de drenaje o de anegamiento.
- **En melgas:** es una forma de siembra intermedia entre el voleo y en surcos, se practica en terrenos con deficiencia en sistema de drenaje o con problemas de inundación, siendo que la quinua es muy susceptible a menor grado de incremento de la humedad del suelo superior al requerimiento del cultivo.

1.13.3. Abonamiento

Tapia (1993), menciona que la quinua responde bien a la fertilización química y al abonamiento; en suelos de baja fertilidad, se recomienda aplicar 80 - 40 - 30 kg.ha⁻¹ de NPK, se debe aplicar el 50 % de nitrógeno y el total de fósforo y potasio a la siembra y el otro 50 % de nitrógeno en el momento del aporque, se puede también aplicar de 5 a 10 t.ha⁻¹ de abono orgánico como el guano de isla, la gallinaza y el estiércol de animales. La incorporación al suelo debe ser de acuerdo a la fertilidad del suelo, en consecuencia, sería como alternativa a la fertilización química, incorporando al suelo antes de la siembra.

1.13.4. Deshierbo

Se realiza para evitar la competencia entre cultivos y maleza fundamentalmente por agua, luz, espacio y nutrientes; mientras más temprano se efectúe la labor de deshierbo será más provechoso para reducir a un nivel mínimo, es recomendable realizar la misma hasta antes del inicio de panojamiento (León, 2003).

En los primeros estados fenológicas los campos de cultivo de quinua son invadidos rápidamente por las malezas Chiriro (*Bidens pilosa*), Cebadilla (*Bromus unioloides*), Mostaza (*Brassica campestris*), bolsa pastor (*Capsela bursapstoris*); posteriormente aparecen, el trébol Carretilla (*Medicago hispida*), Alfelerillo (*Erodium cicutarum*), Kora (*Tarasa capitata*) y otros con menor frecuencia (Mujica, 1997).

1.13.5. Depuración o purificación

Mujica (1997), menciona que la depuración consiste en eliminar plantas que están enfermas, que son diferentes a la variedad del cultivo, para lo cual se recomienda eliminar las plantas de tipo diferentes en dos momentos; antes de la floración, observando el color de la planta, el tipo de panoja y a la madurez fisiológica, tomando en cuenta el color y el tipo de grano.

1.13.6. Raleo

El raleo es una operación complementaria a la depuración, consiste en la eliminación de plantas para uniformizar la densidad y lograr un promedio de 25 a 27 plantas por m² (250 a 270 mil plantas.ha⁻¹) (Apaza y Delgado, 2005).

1.13.7. Aporque

El aporque disgrega la tierra, facilitando la penetración de los fluidos que se traduce en el mejor aprovechamiento de las precipitaciones y en el mayor desarrollo de la flora microbiana (Apaza y Delgado, 2005).

Es preferible efectuar el aporque antes del panojamiento, muchas veces simultáneamente con el deshierbo, debido a un desbalance con la carga potencial de la parte aérea de la planta (Mujica, 1997).

1.13.8. Cosecha

Esta actividad se realiza una vez que las plantas hayan alcanzado su madurez fisiológica y estas se reconocen cuando las hojas inferiores se forman amarillentas y caedizas, dando una apariencia amarillo pálido, anaranjado, rojo purpura, según la variedad característico de a toda la planta (León, 2003).

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

- **Siega o corte**

Mujica (1997), manifiesta que la siega se realiza cuando las plantas hayan alcanzado la madurez fisiológica. Esta labor debe efectuarse en las mañanas a primera hora, para evitar el desprendimiento de los granos por efectos mecánicos del corte y uso de las hoces o segaderas, se recomienda hacerlo en horas de la mañana para evitar la caída de los granos.

- **Emparvado**

Mujica (1997), menciona que el emparvado se realiza cuando las plantas ya fueron segadas en la madurez fisiológica, es necesario que estas pierdan aún agua para la trilla, por ello se efectúa el emparvado, que consiste en formar pequeños montículos

con las panojas, debiendo estar las panojas en un solo sentido hasta que tengan la humedad conveniente para la trilla, se realiza con el fin de que las lluvias, nevadas o granizadas no malogren, ya que estos perjudican en la calidad y repercute en el precio.

- **Trilla**

Mujica (1997), menciona que la trilla se efectúa sacando las panojas secas de la parva, la cual se extiende sobre mantas preparadas apropiadamente para este fin. En algunos lugares se apisona en un terreno plano. Luego se procede a efectuar el golpeo de las panojas colocadas en el suelo en forma ordenada, generalmente panoja con panoja, cuyos golpes permitirá desprender el grano.

- **Aventado y limpieza del grano**

Mujica (1997), afirma después de la trilla, el grano y la broza fina quedan juntos. Esta labor consiste en separar el grano de la broza (fragmentos de hojas, pedicelos, perigonio, inflorescencias y pequeñas ramas) aprovechando las corrientes de aire, de tal manera que el grano esté completamente limpio.

- **Secado del grano**

Mujica (1997), menciona cuando la trilla se efectúa con panojas secas, es necesario que el grano pierda humedad hasta obtener una humedad comercial y permitir su almacenamiento, puesto que al momento de la trilla los granos contienen entre un 12 a 15 % de humedad.

- **Selección del grano**

Mujica (1997), manifiesta que una vez que el grano está completamente seco, se debe proceder a la selección y clasificación del grano, puesto que la panoja produce granos grandes, medianos y pequeños.

- **Almacenamiento**

Mujica (1997), manifiesta una vez clasificado el grano por tamaños y para usos diferenciados, se debe almacenar en lugares frescos, secos y en envases apropiados, que eviten la presencia de roedores y polillas, en ningún caso usar envases de

plástico o polipropileno, puestos que ellos facilitan la conservación de humedad, dando olores desapropiados al producto.

1.14. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Delgado (2005), menciona que la plaga es un concepto subjetivo y relativo, directamente ligado a los intereses momentáneos del hombre. El cultivo de quinua presenta problemas fitosanitarios provocados tanto por plagas de insectos, pájaros, nematodos y roedores, como por enfermedades producidas por hongos bacterias y virus, que ocasionan pérdidas directas e indirectas.

Mujica (1997), menciona que el cultivo de quinua se ve afectado durante todo su ciclo vegetativo, por el ataque de una serie de plagas y enfermedades, que llegan a ocasionar pérdidas que en promedio se estiman entre el 20 y 30 % de la producción.

a. Plagas

➤ ***Eurysacca quinoae* y *Eurysacca melanocampta* (Lepidoptera: Gelechiidae)** conocida comunmente “Kcona Kcona” “polilla de quinua”, “pegador de hojas y destructor de panojas”, “gusano molinero” “quinua curu” (Delgado, 1989).

Tapia *et al* (1979), menciona que las variaciones de quinuas dulces a blancas son relativamente las preferidas de esta plaga.

Mujica (1999), señala que las larvas de la primera generación minan y se alimentan del parénquima de las hojas, pegan hojas y brotes tiernos, destruyen inflorescencias en formación, en cambio, las larvas de la segunda generación destruyen inflorescencias formadas, granos lechosos, pastosos y maduros.

➤ **Gusano ejército o Ticona (Lepidoptera: Noctuidae)**

Apaza y Delgado (2005), indican que las Ticonas o Ticuchis: *Copitarsia turbata*, *Pseudaletia unipuncta quechua* Fr, *Feltia andina*, *Feltia spp.* y *Pseudoleucania koepckei*; todos Lepidópteros-Noctuidae. Son especies cosmopolitas y polífagas, se alimentan cortando plantas recién germinadas o destruyendo panojas y hojas apicales en formación.

➤ **Escarabajo negro o Padre Kuru**

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

➤ **Áfidos o pulgones (*Homóptera: Aphididae*)**

Comprende las especies de *Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae*, estos áfidos se localizan en grupos en el envés de la hoja y brotes apicales, formando en algunos casos densas colonias que se desarrollan sobre las hojas succionando la savia de la planta, pedúnculos florales y la mielecilla y cera que exudan pegan los glomérulos (Apaza y Delgado, 2005).

b. Enfermedades

La quinua está expuesta a una serie de enfermedades que afectan principalmente al follaje, tallo y panoja (Apaza y Delgado, 2005). La quinua es infectada por diversos patógenos (virus, bacterias, oomicetos y hongos). Las enfermedades se clasifican en enfermedades del follaje, enfermedades del tallo y enfermedades de la raíz.

➤ **Mildiu (*Peronosporales: Oomicetos*)**

Mujica (1998), afirma que la enfermedad más importante y generalizada del cultivo de quinua es el “mildiu” (*Peronospora farinosa*), la enfermedad ataca a hojas, ramas, tallos e inflorescencias o panojas, infecta durante cualquier estado fenológico del cultivo. Los daños son mayores en plantas jóvenes (ramificación a panojamiento), provoca defoliación, afectando el normal desarrollo y fructificación de la quinua.

Generalmente, las condiciones ambientales con alta humedad favorecen el desarrollo del mildiu y bajo condiciones de alta presión de enfermedad reduce los rendimientos de 33 a 58% en varios cultivares de quinua. La enfermedad se presenta en la mayoría de los lugares donde se cultiva la quinua, ello, por la gran diversidad genética del patógeno y su amplio rango de adaptabilidad (Danielsen et al., 2000b).

Salis (1985), señala que las enfermedades de menor importancia son la podredumbre marrón del tallo, la mancha ojival del tallo y la mancha bacteriana.

Las enfermedades virosas influyen en la calidad del grano a obtenerse, no solo en tamaño y vigor de la semilla, si no que muchas veces causa producción de granos de color amarillento y deforme, trayendo como consecuencia desvalorización del producto y fuertes pérdidas económicas en caso de ataques severos.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los terrenos de la Estación Experimental Agraria - Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), dentro del Área de Investigación de Cultivos Andinos, durante los meses de enero a junio del 2015.

Ubicación política

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

Ubicación geográfica

Latitud : 13°10'09" S
Longitud : 74°32'82" O
Altitud : 2,735 msnm

Ubicación ecológica

Según la clasificación ecológica de Holdridge (1986), citado por Tineo (1999), se encuentra dentro de la zona de vida natural Bosque Seco - Montano Bajo Subtropical (bs-MBS).

2.2. ANTECEDENTES DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Durante la campaña Agrícola 2014-2015, con anterioridad a la instalación del presente trabajo de investigación estuvo ocupado por el cultivo de frijol, con fines de investigación.

De acuerdo con la fisiografía se observa que los terrenos de la Estación Experimental Canaán poseen una profundidad superficial (< 40 cm), cuyo relieve es casi plano (1 – 2 % de pendiente), lo que favorece para la aplicación de riegos superficiales.

2.3. CONDICIONES CLIMÁTICAS

La EEA - Canaán INIA, presenta un clima templado propio de la región quechua, se tiene dos épocas bien diferenciadas: seca y húmeda. La época húmeda comprendida entre los meses de mayor precipitación (enero, febrero y marzo) y la época seca comprendida entre los meses de abril a diciembre.

Los datos climáticos (temperatura y precipitación), correspondientes a la campaña agrícola 2014-2015, se presentan en la tabla 2.1 y representan en la figura 2.1. Las cuales se obtuvieron de la Estación de Servicio Nacional de Meteorológica e Hidráulica (SENAMHI) de Canaán.

Tabla 2.1. Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2014-2015 de la Estación Meteorológica de Canaán - INIA (SENA-MHI) - Ayacucho

Distrito : Andrés Avelino Cáceres Dorregaray

Altitud : 2735 m.s.n.m.

Provincia : Huamanga

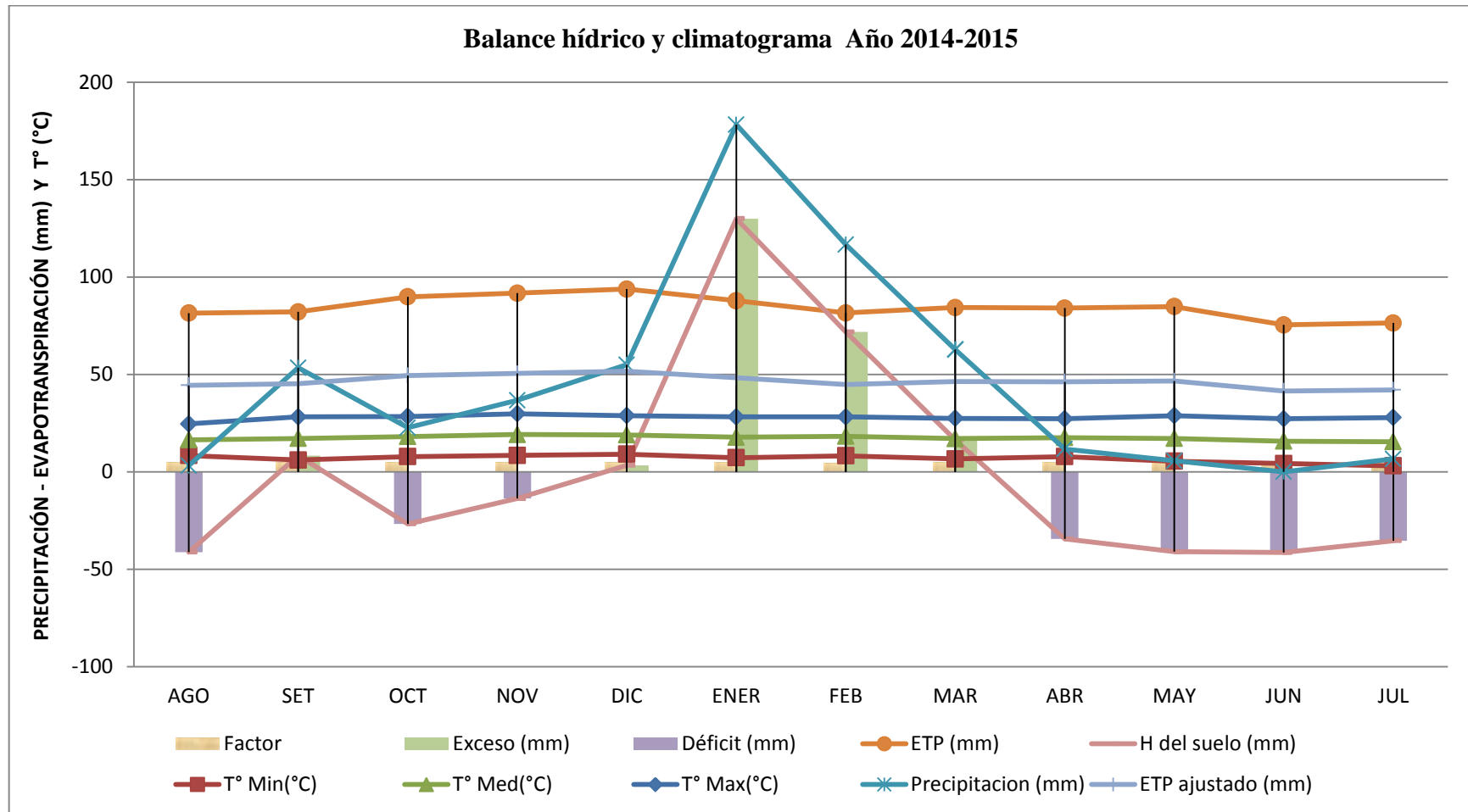
Latitud : 13°10'09''

Departamento. : Ayacucho

Longitud : 74°12'82''

AÑO	2014					2015							Total anual	Media
	MESES	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		
T° Max(°C)	24.54	28.2	28.4	29.8	28.8	28.2	28.2	27.4	27.2	28.8	27.2	27.8		27.88
T° Min(°C)	8.29	6	7.8	8.4	9	7.2	8.2	6.6	7.8	5.4	4.2	3		6.82
T° Med(°C)	16.4	17.1	18.1	19.1	18.9	17.7	18.2	17	17.5	17.1	15.7	15.4		17.35
Factor	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96	4.96	4.48	4.96	4.8	4.96	4.8	4.96		
Precipitacion (mm)	3.1	53.4	22.6	36.7	54.9	178.2	116.6	62.8	11.7	5.6	0	6.6	552.2	0.55
ETP (mm)	81.42	82.08	89.78	91.68	93.74	87.79	81.54	84.32	84.00	84.82	75.36	76.38	1012.91	
ETP ajustado (mm)	44.39	45.1	49.38	50.42	51.6	48.29	44.84	46.4	46.2	46.65	41.45	42.011		
H del suelo (mm)	-41.3	8.26	-26.8	-13.7	3.34	129.9	71.76	16.4	-34.5	-41	-41.45	-35.41		
Exceso (mm)		8.26			3.34	129.9	71.76	16.4						
Déficit (mm)	-41.3		-26.8	-13.7					-34.5	-41	-41.45	-35.41		

Fuente: Estación meteorológica Canaán



Fuente: Estación meteorológica Canaán

Figura 2.1. Temperatura máxima, mínima, media y balance hídrico correspondiente a la campaña agrícola 2014-2015 de la Estación Meteorológica de Canaán - INIA (SENAMHI) - Ayacucho

Se observa que los promedios mensuales de las temperaturas mínima, media y máxima fue de 6.82, 17.35 y 27.88 °C respectivamente. La precipitación acumulada durante la campaña agrícola 2014-2015 fue de 552.2 mm.

El balance hídrico se realizó utilizando la metodología propuesta por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, 1976). En el que se observa déficit de humedad en los meses de agosto a noviembre del 2014 y abril a julio del 2015; las precipitaciones de los meses diciembre a marzo superan la evapotranspiración realizada, por lo tanto, hubo suficiente humedad en el suelo.

2.4. CONDICIONES EDÁFICAS

Para determinar las características físicas y químicas del suelo, se realizó el correspondiente análisis en el Laboratorio de Suelos “Nicolás Roulet” del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Las muestras para el análisis fueron tomadas hasta una profundidad de 20 cm de la superficie del suelo agrícola y tratando de cubrir toda el área delimitada, luego, todas las muestras extraídas fueron mezcladas y cuarteadas para obtener la muestra compuesta representativa de 0.5 kg, los resultados del análisis se muestran en la tabla 2.2.

Tabla 2.2. Características fisicoquímicas del suelo de la Estación Experimental Canaán-INIA Ayacucho

Características	Resultados		Interpretación
	Valores	Método	
Análisis físico			
Arena (%)	40.2	Bouyoucus	Arcilloso
Limo (%)	13.1	Bouyoucus	
Arcilla (%)	46.7	Bouyoucus	
Clase Textural	Arcilloso	Triángulo textural	
Análisis químico			
pH	6.32	Potenciometría	Ligeramente ácido
Materia Orgánica (%)	1.27	Walkley Black	Bajo
Nitrógeno Total (%)	0.06	Kjeldahl	Bajo
P disponible (ppm)	54.5	Bray-Kurtz	Muy alto
K disponible (ppm)	120.3	Turbidimétrico	Medio

Fuente: Laboratorio de suelos "Nicolás Roulet" del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la UNSCH.

De la Tabla 2.2, se tiene 0.06 % de N total, P disponible 54.5 ppm y K disponible 120.3 ppm; los cuales de acuerdo con la interpretación de Ibáñez y Aguirre (1983) representan contenidos bajo, muy alto y medio respectivamente. Además la clase textural pertenece al tipo arcilloso.

2.5. MATERIAL GENÉTICO

El material experimental estuvo conformado por 14 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) grano amarillo, las mismas conformado en 14 selecciones de la selección del segundo ciclo, procedentes de las provincias de Huamanga, Huanta y La Mar, las cuales se detallan en la tabla 2.3; adicionalmente se incluyó un compuesto formado por la mezcla base de las 14 selecciones que vienen a formar el compuesto varietal.

Estas selecciones fueron realizadas por la Estación Experimental Canaán del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), mediante su Programa de Mejoramiento de Cultivos andinos.

Tabla 2.3. Cultivares de quinua de grano amarillo utilizados en el experimento

N° Pob	Población	N° Parcela	Selecciones	Procedencia		
				Localidad	Distrito	Provincia
1	CQA-015	1	CQA-015-2-3	Cora Cora	Iguain	Huanta
		2	CQA-015-2-6			
2	CQA-042	3	CQA-042-2-4	Andaraqay	Acocro	Huamanga
		4	CQA-042-2-1			
3	CQA-022	5	CQA-022-2-5	Chilcaccasa	Huamanguilla	Huanta
		6	CQA-022-2-3			
4	CQA-038	7	CQA-038-2-10-2-1	Qerayocc	Quinua	Huamanga
		8	CQA-038-2-10-10-10			
5	CQA-002	9	CQA-002-2-4	Chilinga	San Miguel	La Mar
		10	CQA-002-2-2			
		11	CQA-016-2-3-2-5			
6	CQA-016	12	CQA-016-2-3-3-10	Huamanguilla	Huamanguilla	Huanta
		13	CQA-016-1-6-3			
7	CQA-036	14	CQA-036-1-6-5	Chihuanpampa	Quinua	Huamanga

Fuente: Elaboración Propia

2.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo conformada por una parcela, para tal propósito se instaló en 1 surco de 4 m de largo y 0.80 m de distancia entre surcos; y una densidad de siembra de 12 kg.ha⁻¹, en el raleo se dejó aproximadamente 16 a 20 plantas por metro lineal.

2.7. CAMPO EXPERIMENTAL

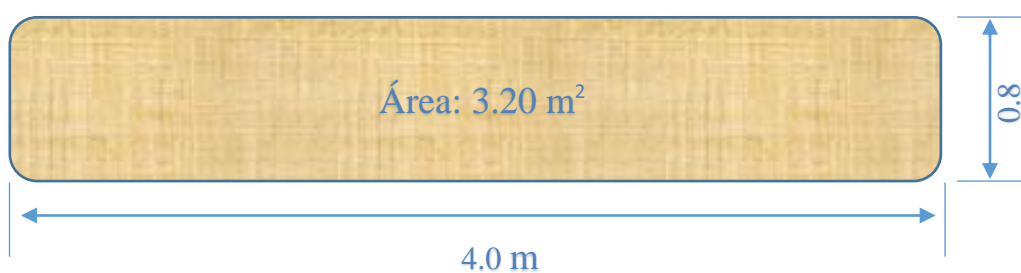
Las características del campo experimental se detallan a continuación:

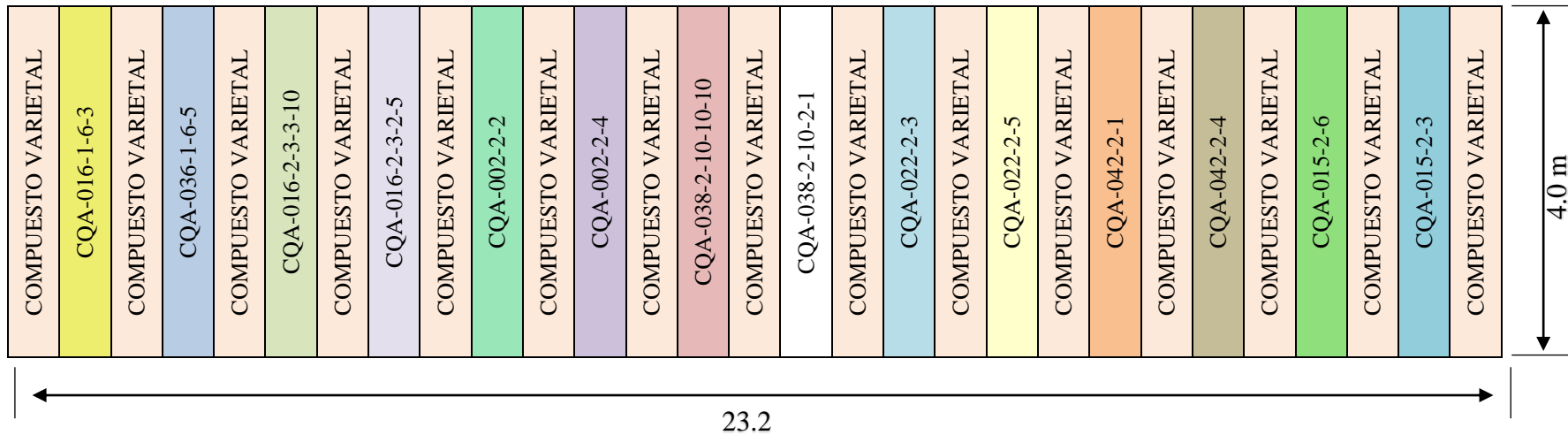
Bloques

- Número de bloque 01
- Largo de bloque 23.20 m
- Ancho de bloque 4.0 m

Parcela o unidad de parcela experimental

- Número de surcos por bloque 29 (14 parcelas con plantas hembras y 15 parcelas con plantas machos)
- Largo de parcelas 4 m
- Ancho de parcela 0.8 m
- Área de parcela 3.20 m²
- Área de la parcela experimental 3.20 m²
- Plantas seleccionadas por parcela 10 plantas

**Figura 2.2.** Medidas de la unidad experimental



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3. Croquis del campo experimental

Características del campo experimental:

- Año : Tercer ciclo de selección
- Distribución : 01 surco de plantas machos y 01 surco plantas hembras
- Número de surcos de plantas macho : 15/bloque
- Número de surcos de plantas hembra : 14/bloque
- Número de bloques : 01
- Distancia entre surcos : 0.80 m
- Longitud de surcos : 4.0 m
- Área efectiva total : 92.80 m²
- Compuesto varietal : Mezcla proporcionada de 14 selecciones de quinua grano amarillo (plantas machos)

2.8. TAMAÑO DE MUESTRA

Cada población base estuvo formada por un mínimo de 64 plantas, excepto el compuesto que estuvo formada por 960 plantas. El cálculo del tamaño de la muestra se realizó en base a las siguientes fórmulas.

Tamaño de muestra para caracteres cualitativos:

$$n = \frac{NPQ}{(N-1)\left(\frac{B}{Z}\right)^2 + PQ} = \frac{64 * 0.95 * 0.05}{(64-1)\left(\frac{0.125}{1.96}\right)^2 + 0.95 * 0.05} = 10$$

Donde:

N = tamaño de población

P = proporción de plantas típicas esperadas (95% = 0.95)

Q = proporción de plantas atípicas esperada (5% = 0.05)

Z = 1.96 valor de Z para 95 % de confianza

B = error absoluto

Tamaño de muestra para caracteres cuantitativos:

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)\left(\frac{B}{Z}\right)^2 + \sigma^2} = \frac{64 * 25}{(64-1)\left(\frac{3}{1.96}\right)^2 + 25} = 10$$

Donde:

N = tamaño de población

σ^2 = varianza de la población

Z = 1.96 valor de Z para 95 % de confianza

B = error absoluto

En resumen, tanto para caracteres cualitativos y cuantitativos se tomó una muestra de 10 plantas.

2.9. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

2.9.1. Preparación de terreno

Se realizó el 10 de enero del 2015, con una pasada de arado de discos y dos pasadas de rastra en forma cruzada dejando el terreno desterronado, mullido, nivelado; posteriormente se realizó el surcado con un distanciamiento de 0.80 m entre surcos.

2.9.2. Demarcado del campo experimental

Se realizó el 21 de enero del 2015, de acuerdo al croquis del campo experimental y entre los materiales empleados se tuvo a la cinta métrica, estacas, y cordel.

2.9.3. Desinfección de las semillas

Se realizó el 27 de enero del 2015 y se procedió a seleccionar los granos; seguidamente se procedió a desinfectar con el producto *Carboxín* y *Captán* a una dosis 5 g del producto por 1 kg de semilla, con la finalidad de prevenir enfermedades de tipo fungoso, para tal efecto se utilizó un recipiente de plástico con agua y se procedió a humedecer las semillas para luego espolvorear el producto, removiendo constante hasta lograr que el producto cubra las semillas por completo, este procedimiento se realizó por un tiempo de 3 a 5 minutos, finalmente se llevó a la sombra con la finalidad de orear.

2.9.4. Abonamiento

El abonamiento de fondo se realizó el mismo día de la siembra (29 de enero del 2015), con a formula de NPK de 80-80-40, utilizando Urea (45 % de N), Fosfato Diamónico (46 % de P_2O_5 y 18 % de N) y Cloruro de Potasio (60 % de K_2O). Previa a la siembra se mezcló los fertilizantes aplicando al fondo del surco a chorro continuo, luego cubriendo con una capa delgada de tierra. Cabe mencionar que la urea fue fraccionada en dos partes (a la siembra y a porque).

2.9.5. Siembra

La siembra se realizó el 29 de diciembre del 2015, con una densidad de siembra de $12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, depositando la semilla al fondo del surco a chorro continuo, finalmente se procedió a realizar el tapado cuidadosamente.

2.9.6. Riegos

La dotación de agua mediante riegos se realizó a 68 días después de la siembra, y otro a los 96 días después de la siembra debido a la ausencia de precipitaciones, posteriormente, los riegos se realizaron a intervalos semanales, hasta que el cultivar más tardío llegue a la madurez fisiológica. El agua se distribuyó mediante el método de riego superficial por gravedad tradicional.

2.9.7. Control de malezas

El deshierbo se realizó manualmente en tres oportunidades, el primero al primer aporque (21 días después de la siembra), el segundo en la etapa de inicio de panojamiento (42 días después de la siembra) y tercero en el inicio grano lecho (95 días después de la siembra), cabe mencionar que el deshierbo de las calles de las parcelas se realizó en forma constante.

2.9.8. Raleo

Se realizó antes del aporque a los 48 días después de la siembra, dejando aproximadamente 8 a 10 cm entre plantas. En esta labor se aprovechó eliminar las plantas atípicas.

2.9.9. Aporque

Esta labor fue realizada en dos oportunidades; el primer aporque se realizó a 21 días después de la siembra, con el objetivo de prevenir el tumbado de las plantas, el siguiente aporque se realizó a 62 días después de la siembra, aprovechándose esta labor para la incorporación de la segunda dosis del abonamiento nitrogenado.

2.9.10. Aplicación del fertilizante foliar

Se aplicó el fertilizante foliar denominado “Grow More Premium 20-20-20 NPK”, con una dosis de 1.2 kg/cilindro/ha; equivalente a 90 g por mochila de 15 litros de capacidad, y Bayfolán 400 ml por cilindro; equivalente a 30 ml por mochila. La aplicación se realizó después de la emergencia y aporque.

2.9.11. Control fitosanitario

a. Plagas

Durante los primeros meses se tuvo daños ocasionados por el escarabajo de hoja (*Diabrotica sp*), por lo que se procedió a controlar en dos oportunidades: a 42 días después de la siembra, a 64 días después de la siembra, utilizando el producto Cyperklin 25 CE, con una dosis de 200 ml por cilindro, equivalente a 15 ml, para una mochila de 15 litros.

b. Enfermedades

Durante el desarrollo y crecimiento de la planta se observó enfermedades fungosas radicales y el Mildiu, por lo que se procedió a controlar con los productos Ridomil Gold MZ 68 WP (*Mancozeb + Metalaxyl-M*) y Benomex 50 WP (*Benomyl*) a una dosis 2.5 y 0.5 kg.ha⁻¹ respectivamente, que corresponden a 35 y 15 g/mochila, añadiendo 10 ml de coadyuvante para una mochila de 15 litros; para lograr un control adecuado y evitar se generalice la enfermedad, estas aplicaciones se realizaron a 12 días después de la siembra, a 42 días después de la siembra y a 64 días después de la siembra.

2.9.12. Cosecha

La cosecha se realizó a los 128 días, cuando el cultivo alcanzó la madurez de cosecha el cual se evidenció en los granos que presentaban resistencia al rayado con uña, y muestreando la parte central de los surcos para evaluar el rendimiento (10 panojas por surco), cortando y guardando las panojas en mantas con su respectiva etiqueta de identificación. El secado se hizo al ambiente sobre mantas, los mismos que posteriormente se sometió a la trilla en forma manual (frotando), luego se realizó el venteo y pesado de los granos. Esta labor se realizó del 05 de junio al 12 de junio del 2015.

2.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se procedió con la caracterización morfológica mediante métodos descriptivos y el análisis de las variables de productividad se realizaron mediante el análisis de variancia con el Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con 14 selecciones y 01 repetición, también se realizó el contraste entre los 14

cultivares. Se hizo la prueba de Tukey, la selección y respuesta a la selección, se realizó mediante la regresión múltiple y análisis de variancia en el DCA para calcular los parámetros genéticos.

2.11. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

2.11.1. Caracterización morfológica

Para realizar la caracterización morfológica se escogió 10 plantas con portes aproximadamente semejantes, tomando al azar de la parte central del surco; con el objetivo de registrar las características de alta heredabilidad que puedan observarse y medirse con facilidad.

Descriptorios empleados en la caracterización de 14 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), según el Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos IPGRI e IFAD elaborado por el Dr. S.K James Range Science Department, University of California, USA, son:

a. Tipo de Crecimiento

1. Herbáceo
2. Arbustivo

b. Porte de la Planta

1. Erecto
5. Semierecto
9. Decumbente

c. Tallo

Formación del tallo

- 0 Tallo principal no prominente
- + Tallo principal prominente

Angulosidad de la sección del tallo principal

Observar en la base.

- 0 Sin ángulos (cilíndrico)
- + Anguloso (tendencia cilíndrica)

Diámetro del tallo principal

Medido en milímetros, por debajo de la primera panoja o de la primera rama con panoja. Media de al menos 10 plantas.

Presencia de axilas pigmentadas

0 Ausentes

+ Presentes

Presencia de estrías

0 Ausentes

+ Presentes

Color de las estrías

1. Amarillo
2. Verde
3. Gris
4. Rojo
5. Purpura
6. Otros (especifíquense)

Color de tallo

1. Amarillo
2. Verde
3. Gris
4. Rojo
5. Purpura
6. Otros (especifíquense)

Intensidad del color de tallo

3. Claro
5. Medio
7. Oscuro

d. Ramificación**Presencia de ramificación**

0 Ausentes

+ Presentes

Ramas primarias

Número por planta (ramas que se insertan del tallo principal).

Posición de las ramas primarias

1 Salen oblicuamente del tallo principal

2 Salen de la base con una cierta curvatura

e. Hoja

Las hojas presentan polimorfismo en la misma planta y pueden variar para distintos grupos de quinua.

Forma de las hojas inferiores

Relación longitud/anchura; Media en al menos 10 plantas.

Forma de las hojas superiores

Relación longitud/anchura; Media en al menos 10 plantas.

Borde de las hojas inferiores

1 Entero (dientes ausentes)

2 Dentado (dientes presentes)

Dientes en las hojas basales

Número de dientes; Media en al menos 10 plantas.

Longitud máxima del peciolo

En milímetros; Media en al menos 10 plantas, midiendo en las hojas del segundo tercio de la planta.

Longitud máxima de las hojas

En milímetros; Media en al menos 10 plantas, midiendo en las hojas del segundo tercio de la planta.

Anchura máxima de las hojas

En milímetros; Media en al menos 10 plantas, midiendo en las hojas del segundo tercio de la planta.

Color de las hojas basales

- 1 Verde
- 2 Roja
- 3 Purpura
- 4 Otros (especifíquense)

Color del peciolo de las hojas

- 1 Verde
- 2 Verde – rojo (mixtura)
- 3 Rojo

Presencia de gránulos en la lámina (HPG)

- 0 Ausentes
+ Presentes

Color de gránulos en las hojas (CGF)

1. Blanco
2. Blanco – rojo (mixtura)
3. Rojo

f. Inflorescencia o Panoja**Color de la panoja antes de la madurez**

Aproximadamente 100-130 días después de la germinación

1. Blanca

2. Roja
3. Púrpura
4. Amarilla
5. Anaranjado
6. Marrón
7. Gris
8. Negra
9. Roja y Verde
10. Otros (especifíquense)

Intensidad del color de la panoja antes de la madurez

Aproximadamente 100-130 días después de la germinación

3. Claro
5. Medio
7. Oscuro

Color de la panoja en la cosecha

Aproximadamente 140-220 días después de la germinación

1. Blanca
2. Roja
3. Purpura
4. Amarilla
5. Anaranjado
6. Marrón
7. Gris
8. Negra
9. Roja y Verde
10. Otros (especifíquense)

Intensidad del color de la panoja en la cosecha

3. Claro
5. Medio
7. Oscuro

Tipo de panoja

La panoja puede ser terminal y bien diferenciada del resto de la planta o no diferenciada claramente del eje principal.

1. Diferenciada y terminal
3. No diferenciada

Forma da la panoja

La panoja se llama amarantiforme cuando sus glomérulos están insertados directamente en el eje secundario y presentan una forma alargada. Se llama glomerulada cuando dichos glomérulos están insertos en los llamados ejes glomerulares y presentan una forma globosa.

1. Glomerulada
2. Amarantiforme

Longitud de la panoja**Densidad de la panoja**

3. Laxa
5. Intermedia
7. compacta

Longitud de los glomérulos**g. Caracteres del fruto****Color del perigonio**

1. Verde
2. Blanco
3. Blanco sucio
4. Blanco opaco
5. Amarillo claro
6. Amarillo intenso
7. Anaranjado
8. Rosado
9. Rojo bermellón

10. Guinda
11. Café
12. Gris
13. Negro
14. Otros (especificuense)

Color del episperma

1. Transparente
2. Blanco
3. Café
4. Café-oscuro
5. Negro – brillante
6. Negro- opaco
7. Otros (especificuense)

Aspecto del perisperma

1. Opaco
2. Translucido hialino (chulpi)

Forma del borde del fruto

1. Afilado
2. Redondeado

Forma del fruto

1. Cónico
2. Cilíndrico
3. Elipsoidal

h. Caracteres de la plántula

Existencia de pigmentación en los cotiledones

- 0 No pigmentado
- + Pigmentado

Intensidad del color

- 3. Claro
- 5. Medio
- 7. Oscuro

Longitud de los cotiledones

Media en milímetros al menos 10 plantas

Existencia de pigmentación en el hipocotilo

- 0 No pigmentado
- + Pigmentado

Intensidad de la pigmentación del hipocotilo

- 3. Claro
- 5. Medio
- 7. Oscuro

Longitud del hipocotilo

Desde el nivel del suelo hasta la base de los cotiledones. Media en milímetros al menos 10 plantas.

i. Evaluación de saponina**Método rápido**

Normalmente se realizó la determinación del contenido de saponina en un tiempo de 73 minutos, según este método de espuma, pero para hacer determinaciones más rápidas puede tomarse la lectura de la altura de la espuma después de una agitación de 30 segundos, esperando unos 10 segundos más para que se estabilice la espuma.

$$\text{mg Saponina/g peso fresco} = \frac{0.441 * (\text{altura espuma a 30 s en cm}) + 0.001}{(\text{Peso de la muestra en g})}$$

$$\% \text{ Saponina} = \frac{0.441 * (\text{altura de espuma a 30 s en cm}) + 0.001}{(\text{Peso de la muestra en g}) * 10}$$

Contenido de Saponina

Observar la cantidad de espuma producida por la semilla después de agitar.

0. Nada
3. Poca
5. Intermedia
7. Bastante

Sabor de las semillas

0. Libre de saponina
3. Dulce
5. Intermedio
7. Amargo

2.11.2. Caracteres de precocidad

Las características de precocidad se evaluaron en 10 plantas igualmente competitivas, tomando al azar de la parte central del surco; teniendo en cuenta los días después de la siembra (dds).

- **Emergencia (dds):** Se registró cuando el 50 % + 1 de las plántulas habían emergido.
- **Días al estado de cuatro hojas verdaderas (dds):** Se registró cuando el 50 % + 1 de las plántulas presentaron cuatro hojas verdaderas.
- **Días a la ramificación (dds):** Se registró cuando el 50 % + 1 de las plántulas presentaron ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo.
- **Días al panojamiento (dds):** Se registró cuando el 50 % + 1 de las plantas presentaron la inflorescencia que sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman; y cuando se observaron los glomérulos de la base los botones florales individualizados

- **Días al estado de grano lechoso (dds):** Se registró cuando el 50 % + 1 de las plantas presentaron los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja y que al ser presionados exploten y dejen salir un líquido lechoso.
- **Días al estado de grano pastoso (dds):** Se registró cuando el 50 % + 1 de las plantas presentaron los frutos que al ser presionados presentaron una consistencia pastosa de color blanco.
- **Días a la madurez fisiológica (dds):** Se registró cuando el grano formado al ser presionado por las uñas, presente resistencia a la penetración y el contenido de humedad del grano varíe de 14 a 16%, se realizó teniendo en cuenta las condiciones óptimas para su comercialización y estos superen más del 50% de la población de plantas en cada uno de los tratamientos.

2.11.3. Caracteres de productividad

Los caracteres de productividad se evaluaron en 10 plantas de cada selección igualmente competitivas, tomadas al azar de la parte central del surco, para cual se hizo uso de los descriptores de caracterización de quinua según IPGRI.

- **Diámetro de tallo principal (mm):** Se evaluó en la madurez fisiológica, en la parte central del tercio medio de la planta.
- **Altura de planta (cm):** Se tomó la medida (madurez fisiológica), entre el cuello de la raíz al ápice de la panoja principal, a madurez fisiológica.
- **Longitud de la panoja (mm):** Se tomó la medida (madurez fisiológica) entre la base de la panoja y el extremo distal de la misma.
- **Diámetro de panoja (mm):** Se tomó el tercio medio de la panoja (madurez fisiológica).
- **Peso de panoja (g):** Se cosecharon 10 panojas, las cuales se determinó el peso de panoja (madurez de cosecha).
- **Peso de 1000 semillas (g):** Se contabilizó 1000 semillas de cada selección y se realizó 10 repeticiones de cada una.
- **Tamaño de grano (mm).** Se tomó la medida de 10 granos de quinua por selección, los cuales se midieron haciendo uso del vernier.
- **Rendimiento (t.ha⁻¹):** Se determinó el peso del grano trillado, esta medida se expresó en t.ha⁻¹. El rendimiento se determinó cosechando las panojas

seleccionadas de la parte central de cada surco, eliminando un metro en cada extremo.

2.12. ANÁLISIS GENÉTICO

2.12.1. Selección por caracteres

Se seleccionó de las variables originales, aquellas que son realmente relevantes; para lo cual se hizo uso del método de *stepwise*, (o regresión por pasos). Este método utiliza una combinación de tres procedimientos, en cada paso se introduce o elimina una variable dependiendo de la significación de su capacidad discriminatoria. Permite además la posibilidad de "arrepentirse" de decisiones tomadas en pasos anteriores, bien sea eliminando del conjunto seleccionado la variable introducida en un paso anterior del procedimiento, bien sea seleccionando una variable previamente eliminada. Este método busca los subconjuntos de mayor capacidad clasificatoria según diferentes criterios.

El procedimiento general consiste en los siguientes pasos:

- a. Cálculo de la suma de cuadrados de la regresión de todo el modelo (incluye todas las variables independientes).
- b. Cálculo de la suma de cuadrados de la regresión con la variable independiente más importante.
- c. Cálculo de la suma de cuadrados de la regresión con las variables restantes por diferencia del modelo total y la variable más importante.

2.12.2. Ganancia por selección y cálculo de la heredabilidad

Esquema del análisis de variancia

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios
Selección	13	CMc
Error	112	CMe
Total	125	

Variación ambiental: $\sigma^2 e = CMe/r$

Variación genética: $\sigma^2 g = (CMc - CMe)/r$

Variación fenotípica = Variación ambiental + variación genética

Cálculo de heredabilidad (h^2)

La heredabilidad puede variar de 0-1 o de 0-100%. Estableciendo los siguientes rangos:

- Menos de 0.25 baja heredabilidad y baja posibilidad de mejora genética por medio de la selección.
- De 0.25 a 0.5 moderada heredabilidad y moderada posibilidad de ganancia genética por medio de la selección.
- Más de 0.5 alta heredabilidad y alta posibilidad de ganancia genética por medio de la selección.

$$h^2 = \sigma^2 g / (\sigma^2 g + \sigma^2 e)$$

Donde:

h^2 = heredabilidad

$\sigma^2 g$ = Variación genética

$\sigma^2 e$ = Variación ambiental

r = Número de repeticiones

La ganancia por selección se calculó haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$GS = \left(\frac{1}{2}\right) (X_s - X_p) h^2$$

Donde:

X_s = Promedio del rendimiento de la selección.

X_p = Promedio del rendimiento poblacional.

h^2 = heredabilidad

En el presente trabajo de investigación, los cálculos se realizaron para el promedio del rendimiento de quinua de grano amarillo (*Chenopodium Quinoa* W.) obteniéndose la Ganancia por Selección en unidades de rendimiento (t.ha¹).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERES DE PRECOCIDAD

Las características de precocidad de las 14 selecciones, son relativamente homogéneas (tabla 3.1), la emergencia ocurre a los 4 días después de la siembra (dds), 2 hojas a los 8 dds, 4 hojas entre 12 a 14 dds, 6 hojas entre 15 a 16 dds, ramificación entre 19 a 20 dds, panojamiento entre 47 a 50 dds, floración entre 60 a 64 dds, grano lechoso entre 92 a 98 dds, grano pastoso a los 96 a 108 dds y madurez fisiológica a los 114 a 121 dds. Considerando la madurez fisiológica las selecciones de quinua de grano amarillo evaluados en el presente estudio se consideran como precoces según Quispe (2013), quien refiere que la categoría de variedades que tienen un rango de madurez fisiológica entre 117 y 145 dds son precoces, independientemente de la altura sobre el nivel del mar en que se desarrolle el cultivo.

3.2. CARACTERES DE PRODUCTIVIDAD

Se encontró diferencia altamente significativa en las fuentes de variación selección y cultivar (tabla 3.2), estas diferencias se atribuyen al genotipo de selecciones o cultivares. Los coeficientes de variación son menores a 20 % en seis características, valores que son adecuados, también se tienen coeficientes de variación de 31.65 % y 28.20 % para los caracteres peso de panoja y rendimiento respectivamente, estos valores son altos para casos de experimentos, se atribuye a factores no controlados (factores ambientales) que afectan a estos caracteres; se prefiere continuar con los análisis correspondientes debido a la importancia de estos caracteres y también al hecho de haber encontrado diferencia altamente significativa entre selecciones o entre cultivares.

Tabla 3.1. Caracteres de precocidad en días después de la siembra de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Código	Emergencia	2 hojas	4 hojas	6 hojas	Ramificación	Panojamiento	Floración	Grano	Grano	Madurez
								Lechoso	Pastoso	Fisiológica
CQA-015-2-3	4	8	12	15	19	50	63	96	108	121
CQA-015-2-6	4	8	12	15	19	50	63	96	108	121
CQA-042-2-4	4	8	12	15	19	50	63	98	108	121
CQA-042-2-1	4	8	12	15	19	50	63	96	108	119
CQA-022-2-5	4	8	14	16	20	50	63	96	108	119
CQA-022-2-3	4	8	14	16	20	50	64	96	108	119
CQA-038-2-10-2-1	4	8	12	15	19	49	63	96	104	117
CQA-038-2-10-10-10	4	8	12	15	19	48	63	96	102	117
CQA-002-2-4	4	8	12	15	19	48	63	96	100	114
CQA-002-2-2	4	8	12	15	19	48	61	92	97	114
CQA-016-2-3-2-5	4	8	12	15	19	48	60	92	97	114
CQA-016-2-3-3-10	4	8	13	15	19	47	60	92	97	114
CQA-016-1-6-3	4	8	14	16	20	48	60	92	96	114
CQA-036-1-6-5	4	8	13	15	19	47	60	92	96	114

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2. Cuadrados medios del análisis de variancia y características de productividad de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2 735 msnm, Ayacucho

Fuente de variación	Grados	Cuadrados medios									
	de libertad	Altura de planta	Diámetro tallo principal	Longitud de panoja	Diámetro de panoja	Peso de panoja	Peso de 1000 semillas	Tamaño de grano	Rendimiento		
Selección	13	2612.79 **	34.38 **	5458.23 **	1486.33 **	4990.39 **	0.2815 **	0.0203 ns	21.38 **		
Cultivar	6	5474.14 **	62.71 **	8749.70 **	2790.25 **	10353.54 **	0.4589 **	0.0105 ns	39.84 **		
Error	112	78.80	4.26	1797.20	190.03	502.72	0.0171	0.0341	4.00		
Total	125										
CV (%)		5.73	17.20	15.36	17.07	31.65	3.35	8.56	28.20		
Promedio		154.92	12.00	275.92	80.75	70.84	3.91	2.16	7.09		

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 3.2 se muestra la existencia de una diferencia altamente significativa en las fuentes de variación de selección y cultivar, y son debidas a los genotipos de las selecciones de quinua. Se encontró que, en seis características evaluadas, los coeficientes de variación no superan el 20 %, manteniéndose en un rango adecuado, sin embargo, existen coeficientes de variación mayores a 20 % que corresponden a los caracteres; peso de panoja y rendimiento respectivamente, que son altos para casos de experimentos, se atribuye a factores ambientales que afectan a estos caracteres.

3.2.1. Altura de planta

En la tabla 3.3 se puede observar la prueba de Tukey para la altura de planta, considerando las 14 selecciones. Este carácter varía entre 133.88 (CQA 016-2-3-3-10) y 185.22 cm (CQA 022-2-3), menores a los reportados por Amiquero (2014) en quinua de grano blanco, con rango de 150.3 y 199.8 cm para los cultivares CQA051 y CQA054 respectivamente.

Tabla 3.3. Prueba de Tukey para los promedios de la altura de planta de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Altura de planta (cm)	n	Tukey 0.05			
CQA-022-2-3	185.22	9	a			
CQA-022-2-5	184.00	9	a			
CQA-042-2-4	172.61	9	a	b		
CQA-042-2-1	168.22	9		b		
CQA-015-2-6	162.44	9		b	c	
CQA-015-2-3	158.61	9		b	c	d
CQA-002-2-4	148.98	9			c	d e
CQA-038-2-10-2-1	146.28	9				d e f
CQA-016-1-6-3	144.29	9				d e f
CQA-038-2-10-10-10	144.11	9				e f
CQA-036-1-6-5	142.16	9				e f
CQA-016-2-3-2-5	139.13	9				e f
CQA-002-2-2	138.94	9				e f
CQA-016-2-3-3-10	133.88	9				f

Fuente: Elaboración propia

Se pueden distinguir 3 categorías, 5 selecciones altas (mayor o igual a 162.44 cm), 4 selecciones medianas (entre 144.29 a 158.61 cm) y 5 selecciones bajas (menor o igual a 144.11 cm), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

Otros autores observaron este carácter en diferentes lugares y distintos materiales, Trucios (2007), en Yauli – Huancavelica, observó que el cultivar Nariño mostró una altura de planta con 156 cm, y los cultivares Real Boliviana y Jujuy, alcanzaron menores alturas de planta con 62 y 72 cm respectivamente. Chocce (1980), reporta que las variedades Cheweca y Kancolla, alcanzaron mayores alturas con 98.0 y 99.4 cm respectivamente y la variedad Sajama alcanzó menor altura de planta con 87.9 cm. Choquecagua (2010) al evaluar el mismo material genético que Amiquero (2014), obtuvo valores de altura de planta entre 151.9 y 104.4 cm en los cultivares CQA025 y CQA050 respectivamente, mientras que Amiquero obtuvo alturas de planta de 177.6 y 160.6 cm. Se puede concluir que la altura de planta depende de la variedad, medio ambiente e interacción del factor genético y medioambiental (Mujica, 1993)

3.2.2. Diámetro de tallo principal

En la prueba de Tukey para el diámetro de tallo principal (tabla 3.4), considerando las 14 selecciones, se tiene que este carácter varía entre 9.11 y 15.22 mm para las selecciones CQA036-1-6-5 y CQA042-2-4 respectivamente, se pueden distinguir 2 categorías, 7 selecciones con valores mayores (mayor o igual a 11.89 mm) y 7 selecciones con valores menores (menor o igual a 11.67 mm), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

Para este carácter, Dípaz (2010), observó en Canaán a 2735 msnm – Ayacucho, el diámetro de tallo promedio entre 5.8 y 3.7 mm en 11 cultivares de grano amarillo, valores que están muy por debajo de los promedios del presente estudio. Huancahuari (1996), observó en condiciones de Canaán a 2750 msnm - Ayacucho, que los cultivares CH-27-91 y Amarillo Maranganí tuvieron el mayor diámetro del tallo principal con 13.70 mm, y los cultivares que presentaron el menor diámetro fueron CH-07-91, Cheweca y CH-22-91 con 9.60, 9.30 y 9.10 mm respectivamente, en este caso estos valores son cercanos a los del presente estudio.

Choquecahua (2010) evaluó en Canaán a 2735 msnm el primer ciclo de selección de cultivares de grano blanco, encontró valores de diámetro principal entre 12.29 y 6.00 mm para los cultivares CQA025 y CQA051 respectivamente, valores que en un extremo, estos mismos cultivares en el estudio de Amiquero (2014) obtuvo 17.4 y 14.3 mm. Como se puede evidenciar este es un carácter cuantitativo que está bastante influenciado por el ambiente.

Tabla 3.4. Prueba de Tukey para los promedios de diámetro de tallo principal de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Diámetro de tallo (mm)	n	Tukey 0.05						
CQA-042-2-4	15.22	9	a						
CQA-015-2-6	15.00	9	a	b					
CQA-042-2-1	14.56	9	a	b	c				
CQA-015-2-3	13.00	9	a	b	c	d			
CQA-022-2-3	12.56	9	a	b	c	d	e		
CQA-016-2-3-2-5	12.33	9	a	b	c	d	e	f	
CQA-022-2-5	11.89	9	a	b	c	d	e	f	
CQA-038-2-10-10-10	11.67	9		b	c	d	e	f	
CQA-002-2-4	11.56	9			c	d	e	f	
CQA-038-2-10-2-1	11.33	9			c	d	e	f	
CQA-002-2-2	10.33	9				d	e	f	
CQA-016-2-3-3-10	9.89	9				d	e	f	
CQA-016-1-6-3	9.56	9					e	f	
CQA-036-1-6-5	9.11	9						f	

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Longitud de panoja

El carácter longitud de panoja varía entre 222.78 y 321.11 mm para las selecciones CQA016-2-3-3-10 y CQA022-2-3 respectivamente (tabla 3.5), se pueden distinguir 3 categorías, 3 cultivares con valores altos (mayor o igual a 294.44 mm), 10 cultivares con valores medios (entre 254.44 a 290.17 mm) y 1 cultivar con valor bajo (222.78 mm), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

Dípaz (2010), muestra que el cultivar CQA-10 obtuvo mayor longitud de panoja con 238.5 mm, y el cultivar CQA-05 obtuvo menor longitud de panoja con 181.4 mm,

siendo estos resultados en un extremo por debajo a los obtenidos en el presente estudio.

Trucios (2007), en Yauli – Huancavelica, encontró que el cultivar Molina 89 fue el que alcanzo mayor longitud de panoja con 718 mm, muy superior a los resultados del presente estudio, mientras que los cultivares que tuvieron menor longitud fueron Real Boliviana y Nariño con 295 mm respectivamente, este resultado está dentro del rango en el presente experimento. Chocce (1980), observo en los cultivares Cheweca y Kancolla, valores de 309 y 329 mm respectivamente y la variedad Sajama con 218mm. Choquecahua (2010) evaluó en Canaán a 2735 msnm, el primer ciclo de selección de cultivares de grano blanco, encontró valores de longitud de panoja entre 559 y 411 mm para los cultivares CQA043 y CQA052 respectivamente, valores que son mayores a los obtenidos en el presente estudio, estos mismos cultivares fueron estudiados por Amiquero (2014), obtuvo 407.1 y 497.1 mm. Como se evidencia, las diferencias en la longitud de panoja en cada uno de los cultivares estudiados se deben a las características genéticas e influenciadas por factores ambientales.

Tabla 3.5. Prueba de Tukey para los promedios de longitud de panoja de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Longitud de panoja (mm)	n	Tukey 0.05	
CQA-022-2-3	321.11	9	a	
CQA-022-2-5	301.11	9	a	
CQA-042-2-4	294.44	9	a	
CQA-036-1-6-5	290.17	9	a	b
CQA-042-2-1	290.00	9	a	b
CQA-015-2-6	287.78	9	a	b
CQA-002-2-4	282.22	9	a	b
CQA-038-2-10-2-1	276.67	9	a	b
CQA-015-2-3	265.00	9	a	b
CQA-016-1-6-3	262.78	9	a	b
CQA-016-2-3-2-5	258.89	9	a	b
CQA-038-2-10-10-10	255.56	9	a	b
CQA-002-2-2	254.44	9	a	b
CQA-016-2-3-3-10	222.78	9		b

Fuente: Elaboración propia

3.2.4. Diámetro de panoja

En la prueba de Tukey para el diámetro de panoja (tabla 3.6), considerando 14 selecciones, se tiene que este carácter varía entre 58.11 y 98.33 mm para las selecciones CQA016-1-6-3 y CQA022-2-3 respectivamente, se pueden considerar 3 categorías, 1 selección con valor alto (98.33 mm), 5 selecciones con valores medianos (entre 84.78 a 96.44 mm) y 8 selecciones con valores bajos (menor o igual a 79.33 mm), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

Tabla 3.6. Prueba de Tukey para los promedios de diámetro de panoja de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Diámetro de panoja (mm)	n	Tukey 0.05				
CQA-022-2-3	98.33	9	a				
CQA-022-2-5	96.44	9	a	b			
CQA-042-2-1	95.56	9	a	b			
CQA-042-2-4	94.33	9	a	b			
CQA-015-2-6	91.33	9	a	b	c		
CQA-015-2-3	84.78	9	a	b	c	d	
CQA-016-2-3-2-5	79.33	9	a	b	c	d	e
CQA-038-2-10-2-1	78.22	9	a	b	c	d	e
CQA-002-2-4	75.89	9		b	c	d	e
CQA-002-2-2	71.33	9			c	d	e
CQA-038-2-10-10-10	71.00	9			c	d	e
CQA-036-1-6-5	68.33	9				d	e
CQA-016-2-3-3-10	67.44	9				d	e
CQA-016-1-6-3	58.11	9					e

Fuente: Elaboración propia

Dipaz (2010), en condiciones de Canaán a 2735 msnm y en quinua de grano amarillo, muestra que el cultivar CQA07 alcanzó mayor diámetro de panoja con 87.0 mm y el cultivar CQA02 con 59.4 mm. Fernández (1986), en Alpachaka observó que la variedad Sajama obtuvo el mayor diámetro de panoja con 32.4 mm y el cultivar Kancolla fue el que obtuvo menor diámetro de panoja con 18.3 mm, inferiores a los cultivares del presente estudio. Choquecahua (2010) evaluó en Canaán a 2735 m.s.n.m el primer ciclo de selección en cultivares de grano blanco, encontró valores

de diámetro de panoja entre 57.9 y 24.3 mm para los cultivares CQA025 y CQA051 respectivamente, valores que son menores a los obtenidos en el presente estudio, estos mismos cultivares fueron estudiados por Amiquero (2014), obtuvo 104.3 y 102.9 mm. Se puede indicar que el diámetro de panoja depende del cultivar y de las condiciones ambientales.

3.2.5. Peso de panoja

Este carácter varía entre 39.55 y 113.12 g para las selecciones CQA036-1-6-5 y CQA042-2-1 respectivamente (tabla 3.7), se pueden considerar 3 categorías, 4 selecciones con valores altos (mayores o iguales a 83.89 g), 2 selecciones con valores medios (79.24 y 82.70 g) y 8 selecciones con valores bajos (menor o igual a 67.89 mm), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

Tabla 3.7. Prueba de Tukey para los promedios de peso de panoja de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Peso de panoja (g)	n	Tukey 0.05			
CQA-042-2-1	113.12	9	a			
CQA-042-2-4	113.04	9	a			
CQA-015-2-6	89.94	9	a	b		
CQA-015-2-3	83.89	9	a	b	c	
CQA-022-2-3	82.70	9	a	b	c	d
CQA-022-2-5	79.24	9	a	b	c	d
CQA-002-2-4	67.89	9		b	c	d e
CQA-016-2-3-2-5	61.99	9		b	c	d e
CQA-038-2-10-2-1	57.86	9		b	c	d e
CQA-038-2-10-10-10	54.45	9		b	c	d e
CQA-016-2-3-3-10	50.42	9			c	d e
CQA-002-2-2	50.03	9			c	d e
CQA-016-1-6-3	47.59	9				d e
CQA-036-1-6-5	39.55	9				e

Fuente: Elaboración propia

Dipaz (2010), para cultivares de grano amarillo y en condiciones de Canaán a 2735 msnm reporta el mayor peso de panoja para el cultivar CQA07 con 35 g y el de

menor peso el cultivar CQA02 con 17.3 g promedios inferiores a los obtenidos en el presente trabajo. Choquecahua (2010) evaluó en Canaán a 2735 m.s.n.m el primer ciclo de selección en cultivares de grano blanco, encontró valores de peso de panoja entre 95.41 y 26.74 g para los cultivares CQA043 y CQA051 respectivamente, valores que están en el rango del presente estudio, estos mismos cultivares fueron evaluados por Amiquero (2014) obtuvo 89.9 y 72.8 g. Se deduce que la variación del peso de panoja está determinada por factores genéticos y ambientales.

3.2.6. Peso de 1000 semillas

En la prueba de Tukey para el peso de 1000 semillas (tabla 3.8), considerando las 14 selecciones, se tiene que este carácter varía entre 3.676 y 4.279 g para los cultivares CQA015-2-3 y CQA022-2-5 respectivamente.

Tabla 3.8. Prueba de Tukey para los promedios de peso de 1000 semillas de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Peso de 1000 semillas (g)	n	Tukey 0.05		
CQA-022-2-5	4.279	9	a		
CQA-022-2-3	4.182	9	a		
CQA-016-1-6-3	4.072	9	a	b	
CQA-042-2-1	4.071	9	a	b	
CQA-038-2-10-2-1	3.934	9		b	c
CQA-016-2-3-2-5	3.884	9		b	c d
CQA-002-2-2	3.833	9			c d
CQA-042-2-4	3.817	9			c d
CQA-015-2-6	3.812	9			c d
CQA-002-2-4	3.798	9			c d
CQA-038-2-10-10-10	3.789	9			c d
CQA-016-2-3-3-10	3.783	9			c d
CQA-036-1-6-5	3.767	9			c d
CQA-015-2-3	3.676	9			d

Fuente: Elaboración propia

Se pueden considerar 3 categorías, 2 selecciones con valores altos (mayor o igual a 4.182 g), 4 selecciones con valores medianos (entre 3.844 a 4.072 g) y 8 selecciones

con valores bajos (menores o iguales a 3.833 g), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

Núñez (2012) estudió el peso de 1000 semillas en dos épocas de siembra en Canaán a 2735 msnm (25-11-2010 y 25-12-2010) y cuatro variedades de quinua (Blanca de Junín, Killahuamán, Salcedo INIA y Pasankalla), encontró diferencia significativa para el efecto principal épocas, siendo los promedios de 2.655 y 3.191 para la primera y segunda época respectivamente, también encontró diferencia significativa para el efecto principal variedad, siendo los promedios 3.094, 3.011, 2.827 y 2.761 g respectivamente en orden de las variedades señaladas.

Meza (2010) estudio el peso de 1000 semillas en tres cultivares de quinua (Real Boliviana, Q-02367 y Q-21013) y tres fuentes de abonamiento (Estiércol de Vacuno, Gallinaza y Fórmula Química de NPK), se aplicó 7.5 t.ha⁻¹, 900 kg.ha⁻¹ y 80N-80P-30K kg.ha⁻¹ respectivamente en orden de las fuentes, encontró diferencia significativa para el efecto principal variedad, con promedios de 4.680, 2.710 y 2.610 g respectivamente en orden de las variedades indicadas, también encontró diferencia significativa en el efecto principal fuentes de abonamiento, siendo los promedios 3.500, 3.290 y 3.220 g respectivamente en orden de las fuentes señaladas. Como se puede apreciar las diferencias en el carácter peso de 1000 semillas son de origen genético y ambiental.

3.2.7. Tamaño de grano

Este carácter varía entre 2.094 y 2.267 mm para las selecciones CQA022-2-3 y CQA022-2-5 respectivamente (tabla 3.9), no existe diferencia significativa entre los cultivares.

Choquecagua (2010) evaluó en Canaán a 2735 msnm el primer ciclo de selección en cultivares de grano blanco, encontró valores de tamaño de grano entre 2.280 y 1.670 mm para los cultivares CQA028 y CQA044 respectivamente, el valor extremo superior es mayor a los valores del presente estudio y el valor extremo inferior es menor a los valores obtenidos en el presente estudio, estos mismos cultivares fueron estudiados por Amiquero (2014), obtuvo 2.030 y 1.960 mm.

Dipaz (2010) en quinua de grano amarillo en condiciones de Canaán a 2735 msnm, encontró valores entre 2.220 y 1.895 mm con diferencia significativa entre 11 cultivares.

Tabla 3.9. Prueba de Tukey para los promedios de tamaño de grano de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Tamaño de grano (mm)	n	Tukey 0.05
CQA-022-2-5	2.267	9	a
CQA-042-2-1	2.222	9	a
CQA-036-1-6-5	2.194	9	a
CQA-015-2-6	2.183	9	a
CQA-016-1-6-3	2.167	9	a
CQA-038-2-10-2-1	2.161	9	a
CQA-015-2-3	2.150	9	a
CQA-002-2-2	2.133	9	a
CQA-042-2-4	2.128	9	a
CQA-038-2-10-10-10	2.128	9	a
CQA-002-2-4	2.128	9	a
CQA-016-2-3-2-5	2.117	9	a
CQA-016-2-3-3-10	2.111	9	a
CQA-022-2-3	2.094	9	a

Fuente: Elaboración propia

3.2.8. Rendimiento de grano

En la prueba de Tukey para el rendimiento de grano (tabla 3.10), considerando las 14 selecciones, se tiene que este carácter varía entre 4.077 y 10.171 t.ha⁻¹ para las selecciones CQA036-1-6-5 y CQA042-2-1 respectivamente, se pueden considerar 3 categorías, 3 selecciones con valores altos (mayor o igual a 8.363 t.ha⁻¹), 6 selecciones con valores medianos (entre 6.45 a 8.0 t.ha⁻¹) y 5 selecciones con valores bajos (menor o igual a 5.716 t.ha⁻¹), dentro de cada grupo no existe diferencia significativa.

Núñez (1994), en condiciones de Canaán – INIA, obtuvo un máximo rendimiento de 3.0 t.ha⁻¹. Con el cultivar Ayacuchana y un mínimo de 1.0 t.ha⁻¹ con el cultivar Roja

Coporaque; Huancahuari (1996), obtuvo el máximo rendimiento en el cultivar Mantaro con 8.70 t.ha^{-1} y el cultivar CH-06-91 obtuvo menor rendimiento con 2.50 t.ha^{-1} , se puede afirmar que los cultivares del presente experimento alcanzaron rendimientos mayores a los obtenidos por Núñez y próximos a los obtenidos por Huancahuari.

Choquecahua (2010) evaluó en Canaán a 2735 msnm el primer ciclo de selección en cultivares de grano blanco, encontró valores de rendimiento de grano entre 8.171 y 2.375 t.ha^{-1} para los cultivares CQA025 y CQA051 respectivamente, estos mismos cultivares fueron estudiados por Amiquero (2014), obtuvo un rendimiento de grano de 6.719 y 5.846 t.ha^{-1} .

Tabla 3.10. Prueba de Tukey para los promedios rendimiento de grano de 14 selecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Rendimiento kg/ha	n	Tukey 0.05			
CQA-042-2-1	10.171	9	a			
CQA-042-2-4	9.107	9	a	b		
CQA-015-2-6	8.363	9	a	b	c	
CQA-022-2-3	8.000	9	a	b	c	d
CQA-015-2-3	7.872	9	a	b	c	d
CQA-022-2-5	7.580	9	a	b	c	d
CQA-016-2-3-2-5	7.239	9	a	b	c	d
CQA-002-2-4	7.149	9	a	b	c	d
CQA-038-2-10-2-1	6.455	9		b	c	d
CQA-038-2-10-10-10	5.716	9			c	d
CQA-016-1-6-3	5.708	9			c	d
CQA-002-2-2	5.493	9			c	d
CQA-016-2-3-3-10	5.421	9			c	d
CQA-036-1-6-5	4.977	9				d

Fuente: Elaboración propia.

Núñez (2012) estudió el rendimiento de grano en dos épocas de siembra en Canaán a 2735 msnm (25-11-2010 y 25-12-2010) y cuatro variedades de quinua (Blanca de Junín, Killahuamán, Salcedo INIA y Pasankalla), encontró diferencia significativa

para el efecto principal épocas, siendo los promedios de 1.587 y 1.847 t.ha⁻¹ para la primera y segunda época respectivamente, también encontró diferencia significativa para el efecto principal variedad, siendo los promedios 2.485, 1.818, 1.355 y 1.191 t.ha⁻¹ respectivamente en orden de las variedades señaladas; también obtuvo efectos de interacción de épocas x variedades, siendo el mejor resultado de un rendimiento de 2.679 t.ha⁻¹ con la variedad Blanca de Junín en la siembra del 25-12-10 y el rendimiento más bajo de 0.963 t.ha⁻¹ con la variedad Pasankalla en la siembra del 25-11-10. Fernández (1986), afirma que el mayor rendimiento se debe a la adaptación a la zona de estudio, y depende también de caracteres relacionados como la longitud y diámetro de panoja. Como se puede apreciar, los rendimientos en el presente estudio son muy buenos para las condiciones de Canaán, se tiene que el promedio general del rendimiento de grano fue de 7.089.

3.3. SELECCIÓN Y RESPUESTA A LA SELECCIÓN

3.3.1. Selección por caracteres

La selección de caracteres de productividad relacionados con el rendimiento de grano de la quinua de grano amarillo se presenta en la tabla 3.11, indica que los caracteres independientes relacionados con alta significación estadística con el rendimiento de grano (carácter dependiente) son: peso de panoja, peso de 1000 semillas y altura de planta, esta metodología permite establecer el modelo de regresión lineal múltiple con tres de un total de siete caracteres independientes considerados en el análisis.

Choquecagua (2010) evaluó en Canaán a 2735 msnm el primer ciclo de selección en cultivares de grano blanco, encontró relación significativa del rendimiento de grano con altura de planta y peso de panoja. Dipaz (2010) al evaluar 11 cultivares de quinua de grano amarillo, mediante el método Stepwise encontró relación significativa del rendimiento de grano con el diámetro de panoja, peso de panoja y tamaño de grano; en estos dos estudios el carácter peso de panoja está relacionado con el rendimiento resultado similar al presente estudio, sin embargo, la relación de los otros caracteres con el rendimiento es diferente en cada situación.

Tabla 3.11. Análisis de variancia de la regresión lineal múltiple con selección de variables por el método Stepwise, del peso de panoja, peso de 1000 semillas altura de planta sobre el rendimiento en quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado
Regresión	3	591.29	197.09	178.86 **
Error	122	134.51	1.10	
Total	125	725.80		

Fuente: Elaboración propia

Se puede señalar que los tres estudios se desarrollaron en diferentes épocas y este hecho es determinante en la expresión de los caracteres que están relacionados con el rendimiento.

Tabla 3.12. Análisis de variancia de los coeficientes de regresión lineal múltiple del peso de panoja, peso de 1000 semillas y altura de planta sobre el rendimiento de grano en t.ha⁻¹ de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variable	Coefficiente de regresión	Error estándar	Cuadrados medios	F calculado
Termino independiente	-4.038	1.753	5.853	5.31 *
Altura de planta (cm)	-0.022	0.008	7.745	7.02 **
Peso de panoja (g)	0.074	0.004	326.972	296.55 **
Peso de 1000 semillas	2.371	0.529	22.150	20.09 **

Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes de regresión presentados en la tabla 3.12 son significativos o altamente significativos, este resultado permite establecer el modelo de regresión lineal múltiple siguiente: Rendimiento = -4.038 - 0.022 (Altura de planta) + 0.074 (Peso de panoja) + 2.371 (Peso de 1000 semillas). Los coeficientes de regresión señalados, permiten aproximar los valores de rendimiento de grano que se relacionan por cada unidad de los caracteres independientes, así por cada centímetro adicional de la altura de planta el rendimiento de grano disminuye 22 kg.ha⁻¹, por cada g

adicional de peso de panoja, el rendimiento se incrementa en $74 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y por cada 0.1 gramo adicional de peso de 1000 semillas, el rendimiento se incrementa en $237.1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, en este último caso, los incrementos son del orden de 0.001 a 0.137 g , lo que equivale a un incremento en el rendimiento del orden de 2.237 a $306.469 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabla 3.13. Resumen de selección de Stepwise con las variables peso de panoja, peso de 1000 semillas y altura de planta incluidas en quinua (*Chenopodium quinoa* W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Variable seleccionada	Variable incluida	r^2 parcial	r^2 modelo	F calculado	
Peso de panoja (g)	1	0.7838	0.7838	449.56	**
Peso de 1000 semillas (g)	2	0.0202	0.8040	12.67	**
Altura de planta (cm)	3	0.0107	0.8147	7.02	*

Fuente: Elaboración propia

Los coeficientes de determinación presentados en la tabla 3.13 (resumen de selección de Stepwise) permiten establecer los caracteres independientes de mayor importancia que explican la variación del rendimiento, así el 78.38 % de la variación del rendimiento ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) está explicado por el peso de panoja (g), el 80.40 % de la variación del rendimiento está explicado por el peso de 1000 semillas (g) luego de incluido el peso de panoja, el 81.47 % de la variación del rendimiento está explicado por la altura de planta (cm) luego de incluido el peso de panoja y el peso de 1000 semillas en el modelo de regresión lineal múltiple, en resumen el 81.47 % de la variación del rendimiento están explicadas por el conjunto de las tres variables independientes. Estas contribuciones son altamente significativas o significativa.

Dipaz (2010) en su estudio de 11 cultivares de quinua de grano amarillo, encontró que los caracteres más importantes que explican la variación del rendimiento, medido mediante el coeficiente de determinación son peso de panoja, diámetro de panoja y tamaño de grano; mientras que Choquecagua (2010) señala a los caracteres altura de planta y peso de panoja; en el presente experimento son tres los caracteres que explican mejor la variación del rendimiento, por lo que se recomienda que la selección para mejorar el rendimiento de grano se realice considerando el peso de

panoja, peso de 1000 semillas y altura de planta, con esta última variable se recomiendan plantas de porte medio.

Tabla 3.14. Rendimiento en $t.ha^{-1}$ estimado de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo para valores diferentes de peso de panoja y peso de 1000 semillas, con valores promedio de altura de planta (155 cm). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Peso de 1000 semillas (g)	Peso de panoja (g)				
	30	50	70	90	110
3.40	2.833	4.313	5.793	7.273	8.753
3.65	3.426	4.906	6.386	7.866	9.346
3.90	4.019	5.499	6.979	8.459	9.939
4.15	4.612	6.092	7.572	9.052	10.532
4.40	5.204	6.684	8.164	9.644	11.124

Fuente: Elaboración propia

Si fijamos la altura de planta en su valor promedio, vale decir 155 cm y reemplazamos estos valores en el modelo de regresión múltiple: Rendimiento = $-4.038 - 0.022$ (Altura de planta) + 0.074 (Peso de panoja) + 2.371 (Peso de 1000 semillas), se tiene un nuevo modelo: Rendimiento = $-7.448 + 0.074$ (Peso de panoja) + 2.371 (Peso 1000 semillas), considerando este último modelo se tienen incrementos importantes del rendimiento ($t.ha^{-1}$) cuando se incrementan el peso de panoja (g) y el peso de 1000 semillas (g), que son del orden de 2.833 a 11.124 $t.ha^{-1}$, este último valor se considera como el potencial de rendimiento con valores de 4.40 g de peso de 1000 semillas, 110 g de peso de panoja y 155 cm de altura de planta, sin embargo dado la variación del material genético se puede señalar que el verdadero potencial de rendimiento está alrededor del promedio de los valores de rendimiento señalados en la tabla 3.14, vale decir 6.979 $t.ha^{-1}$.

Considerando el modelo de regresión lineal múltiple en promedio de la altura de planta (155 cm): Rendimiento = $-7.448 + 0.074$ (Peso de panoja) + 2.371 (Peso 1000 semillas), en la figura 3.1 se aprecia el incremento del rendimiento de grano para panojas de 30 g y 110 g que son valores extremos y cuando el peso de 1000 semillas se incrementa de 3.40 a 4.40 g, el incremento de rendimiento de la línea de regresión

más baja (30 g de peso de panoja) y la línea más alta (110 g de peso de panoja) es de 5.920 t.ha⁻¹.

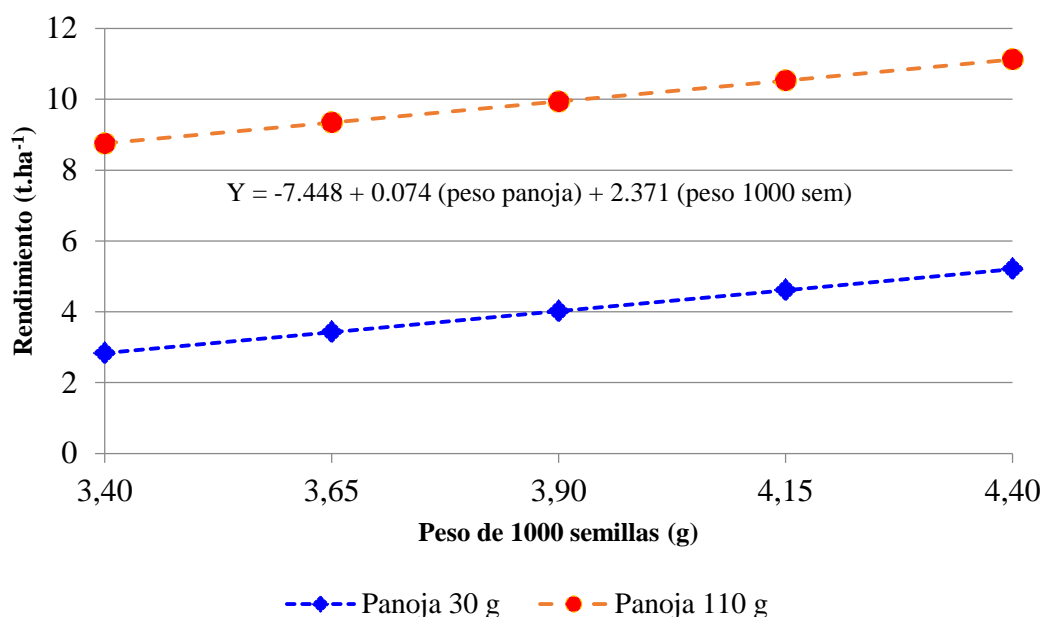


Figura 3.1. Regresión lineal múltiple del rendimiento de grano (t.ha⁻¹) sobre el peso de 1000 semillas (g) y peso de panoja (g) en quinua (*Chenopodium quinoa* W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho; Fuente: Elaboración propia.

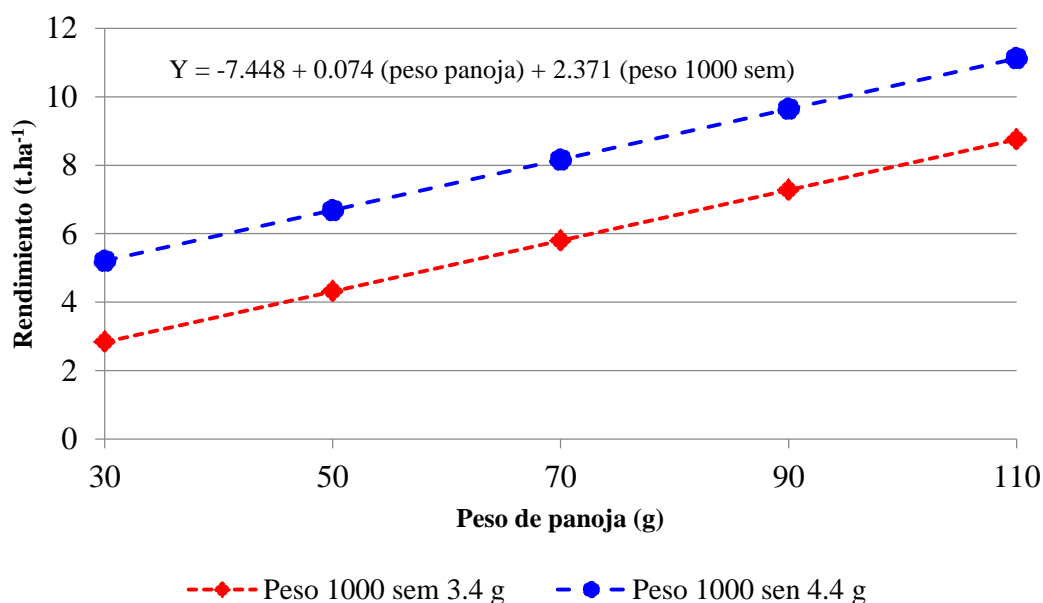


Figura 3.2. Regresión lineal múltiple del rendimiento de grano (t.ha⁻¹) sobre el peso de panoja (g) y peso de 1000 semillas (g) en quinua (*Chenopodium quinoa* W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho; Fuente: Elaboración propia.

Considerando el modelo de regresión lineal múltiple en promedio de la altura de planta (155 cm): Rendimiento = $-7.448 + 0.074$ (Peso de panoja) + 2.371 (Peso 1000 semillas), en la figura 3.2 se aprecia el incremento del rendimiento de grano para pesos de 1000 semillas de 3.4 y 4.4 g que son valores extremos y cuando el peso de panoja se incrementa de 30 a 110 g, el incremento de rendimiento de la línea de regresión más baja (3.4 g de peso de 1000 semillas) y la línea más alta (4.4 g de peso de 1000 semillas) es de 2.371 t.ha^{-1} .

3.3.2. Respuesta a la selección

La diferencia altamente significativa en la fuente de variación selección de la tabla 3.15, se puede atribuir a diferencias genéticas para el rendimiento de grano. La heredabilidad para este carácter fue de 81 %, en otros términos, la variancia genética de 1.93 (t.ha⁻¹) representa el 81 % de la variancia total o fenotípica que es 2.38 (t.ha⁻¹), el valor de la heredabilidad es alto por lo que es recomendable efectuar la práctica de la selección fenotípica de las mejores panojas de las 14 selecciones para el mejoramiento del rendimiento de grano.

Tabla 3.15. Análisis de variancia del rendimiento de grano en t.ha⁻¹, componentes de variancia y heredabilidad en quinua (*Chenopodium quinoa* W.). Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado
Selección	13	278.0	21.58	5.35 **
Error	112	447.8	4.00	
Total	125	725.8		

Fuente: Elaboración propia.

Variancia ambiental	= 0.44
Variancia genética	= 1.93
Variancia fenotípica	= 2.38
Heredabilidad	= 0.81

Choquecagua (2010) evaluó en Canaán a 2735 msnm el primer ciclo de selección en cultivares de grano blanco, encontró una mayor ganancia por selección en los

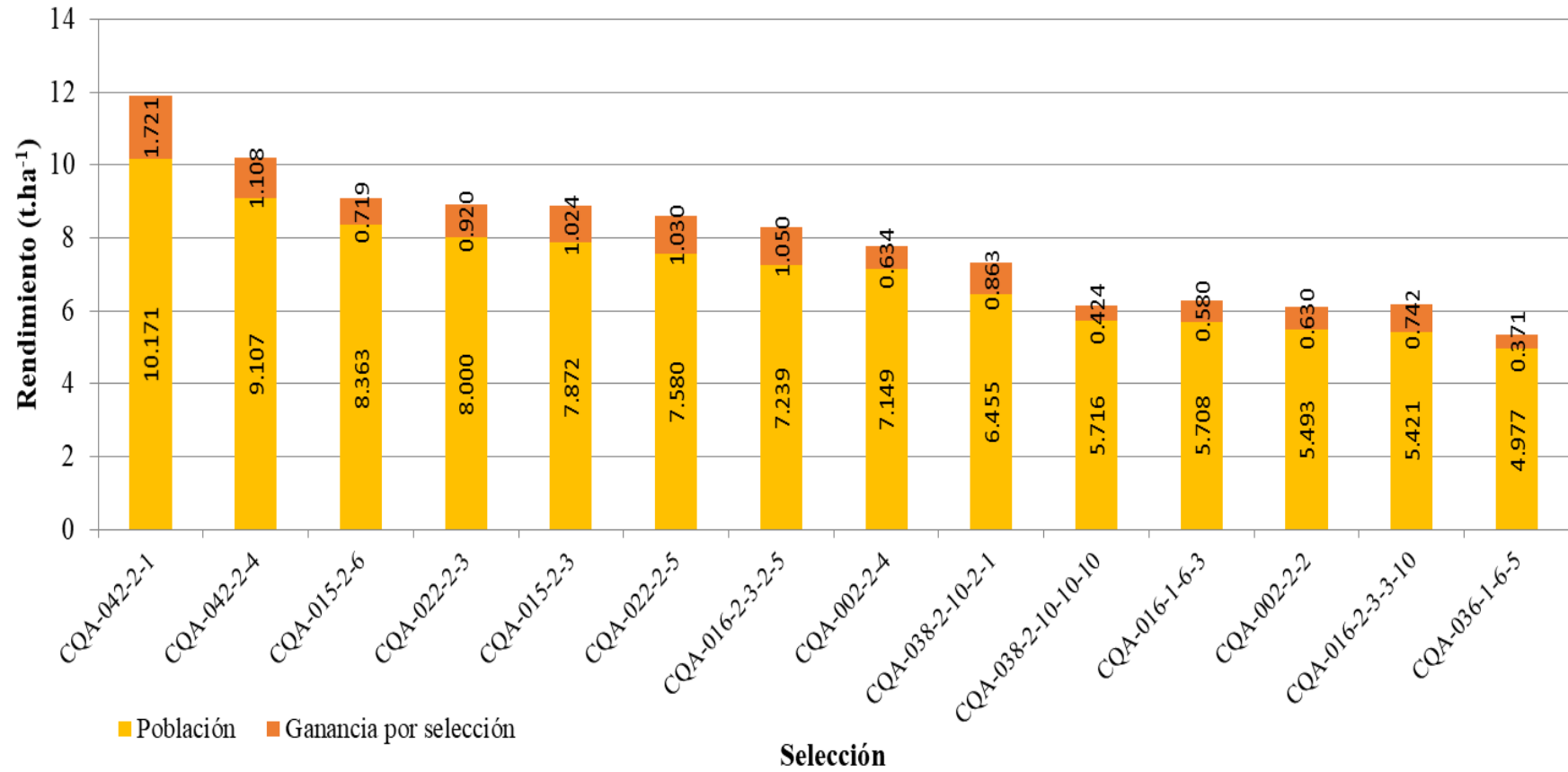
cultivares CQA043, CQA024, CQA023 con 0.704, 0.695 y 0.615 t.ha⁻¹, respectivamente, el cual representa un 9, 9 y 13 % de mejora respecto al promedio población, la ganancia por selección en estos mismos cultivares fue estudiada por Amiquero (2014) que fueron 0.505, 0.614 y 0.315 t.ha⁻¹ respectivamente.

Tabla 3.16. Promedio del rendimiento de grano (t.ha⁻¹) y ganancia por selección en 14 cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano blanco. Canaán 2735 msnm, Ayacucho

Selección	Promedio de selecciones	Promedio poblacional	Ganancia por selección	Promedio población mejorada	Porcentaje de mejora
CQA-042-2-1	14.419	10.171	1.721	11.892	17
CQA-042-2-4	11.843	9.107	1.108	10.215	12
CQA-015-2-6	10.137	8.363	0.719	9.081	9
CQA-022-2-3	10.272	8.000	0.920	8.920	11
CQA-015-2-3	10.400	7.872	1.024	8.896	13
CQA-022-2-5	10.123	7.580	1.030	8.610	14
CQA-016-2-3-2-5	9.832	7.239	1.050	8.289	15
CQA-002-2-4	8.714	7.149	0.634	7.783	9
CQA-038-2-10-2-1	8.586	6.455	0.863	7.318	13
CQA-038-2-10-10-10	6.764	5.716	0.424	6.141	7
CQA-016-1-6-3	7.140	5.708	0.580	6.288	10
CQA-002-2-2	7.048	5.493	0.630	6.122	11
CQA-016-2-3-3-10	7.254	5.421	0.742	6.163	14
CQA-036-1-6-5	5.894	4.977	0.371	5.348	7

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la selección fenotípica de las mejores panojas en cada una de las 14 selecciones se tiene los rendimientos de la segunda columna de la tabla 3.16, además se tiene el rendimiento de la población, ganancia por selección, promedio de la población mejorada y el porcentaje de mejora. Se espera en la población descendiente de las selecciones un porcentaje de mejora entre 7 a 17 % que representan incrementos en el rendimiento entre 0.371 a 1.721 t.ha⁻¹ y en promedio de todas las ganancias por selección se espera un incremento de 0.844 t.ha⁻¹ que representa un 12 % de mejora.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.3. Rendimiento poblacional del grano y ganancia por selección en cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) de grano amarillo. Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

En la figura 3.3 se aprecia que la selección de mayor rendimiento es CQA042-2-1 con 11.892 t.ha^{-1} y el cultivar de menor rendimiento es CQA036-1-6-5 con 5.348 t.ha^{-1} , estos rendimientos son buenos para las condiciones de Canaán (2735 msnm), la selección de menor porcentaje de mejora es CQA036-1-6-5 (7 %) y el de mayor porcentaje de mejora es CQA042-2-1 (17 %), este resultado se debe a al diferencial de selección en cada cultivar, menor en la primera y mayor en la segunda.

3.4. CARACTERES MORFOLÓGICOS

Los cultivares en estudio mostraron las siguientes características morfológicas, se evaluó según los descriptores del numeral 2.11.1. Los datos recolectados de la quinua grano amarillo, según los descriptores se muestran en las siguientes tablas desde el numeral 3.17 al 3.30. y en las figuras del 3.4 al 3.17

Tabla 3.17. Características Morfológicas de la Familia CQA-015-2-3 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-015
Familia	CQA-015-2-3
Procedencia	Coracora-Iguaín-Huanta
Axilas Pigmentadas	Presente - tenue
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	158.35 cm
Longitud de panoja	269.50 cm
Diámetro de panoja	87.50 cm
Peso de panoja	88.05 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.05%
Peso de 1000 semillas	3.70 g
Rendimiento	2.326 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



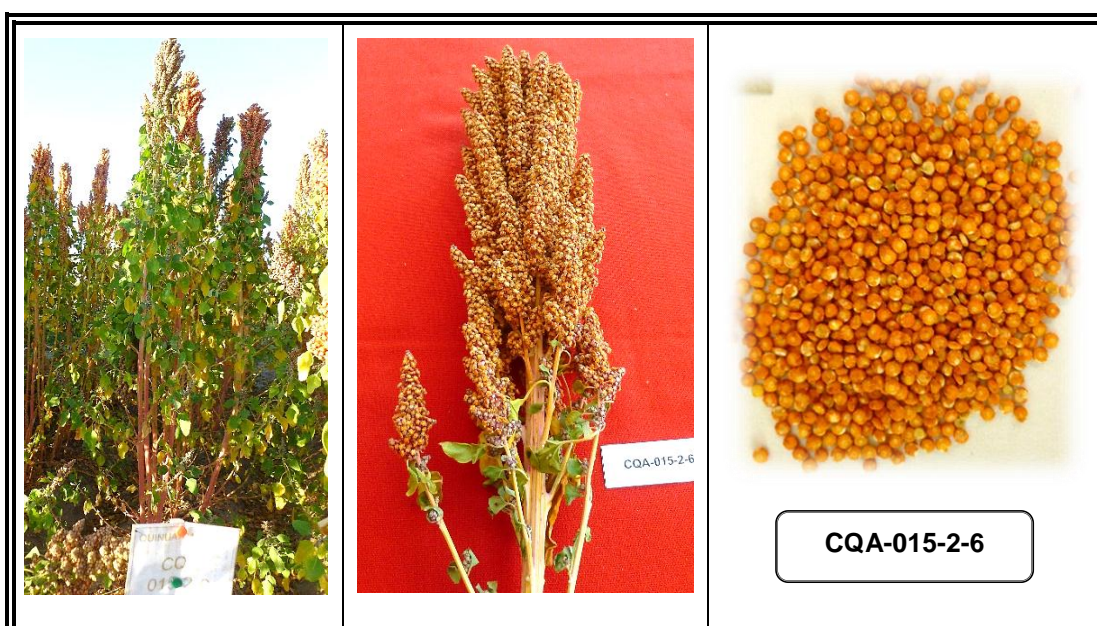
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.4. Familia CQA-015-2-3

Tabla 3.18. Características Morfológicas de la Familia CQA-015-2-6 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-015
Familia	CQA-015-2-6
Procedencia	Coracora-Iguaín-Huanta
Axilas Pigmentadas	Presente - tenue
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	162.00 cm
Longitud de panoja	285.00 cm
Diámetro de panoja	92.20 cm
Peso de panoja	94.27 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.06%
Peso de 1000 semillas	3.82 g
Rendimiento	3.272 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



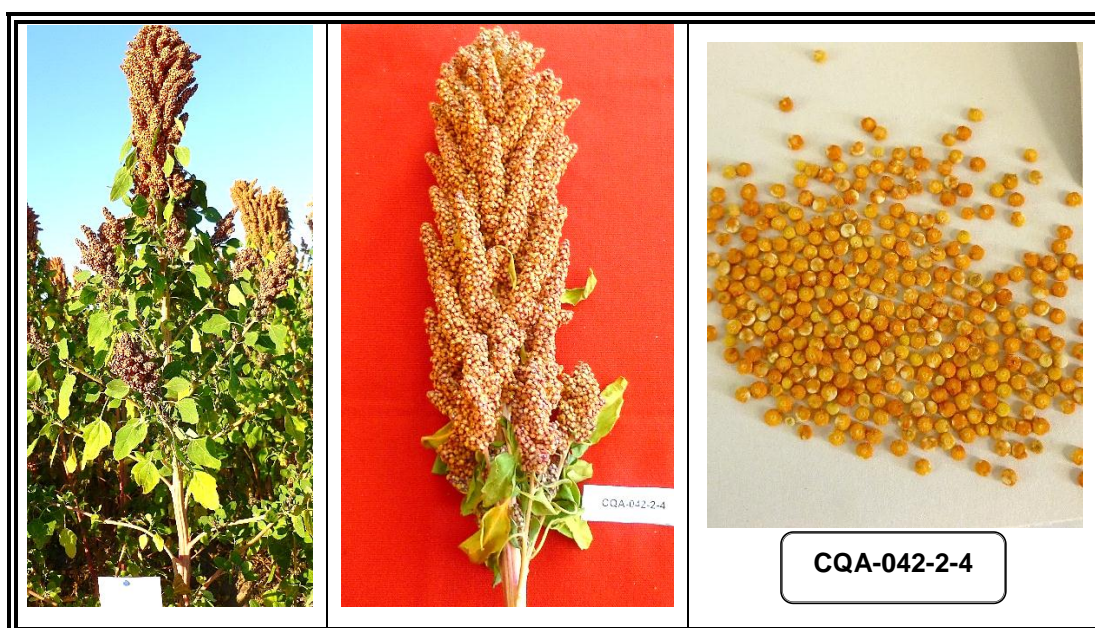
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.5. Familia CQA-015-2-6

Tabla 3.19. Características Morfológicas de la Familia CQA-042-2-4 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-042
Familia	CQA-042-2-4
Procedencia	Andarqay- Acocro-Huamanga
Axilas Pigmentadas	Presente - tenue
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	172.75 cm
Longitud de panoja	302.00 cm
Diámetro de panoja	95.10 cm
Peso de panoja	113.19 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.04%
Peso de 1000 semillas	3.80 g
Rendimiento	2.381 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.6. Familia CQA-042-2-4

Tabla 3.20. Características Morfológicas de la Familia CQA-042-2-1 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-042
Familia	CQA-042-2-1
Procedencia	Andarqay- Acocro-Huamanga
Axilas Pigmentadas	Presente - tenue
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	167.7 cm
Longitud de panoja	297.00 cm
Diámetro de panoja	98.60 cm
Peso de panoja	121.30 g
Densidad de panoja	Intermedia
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.07%
Peso de 1000 semillas	4.09 g
Rendimiento	2.996 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



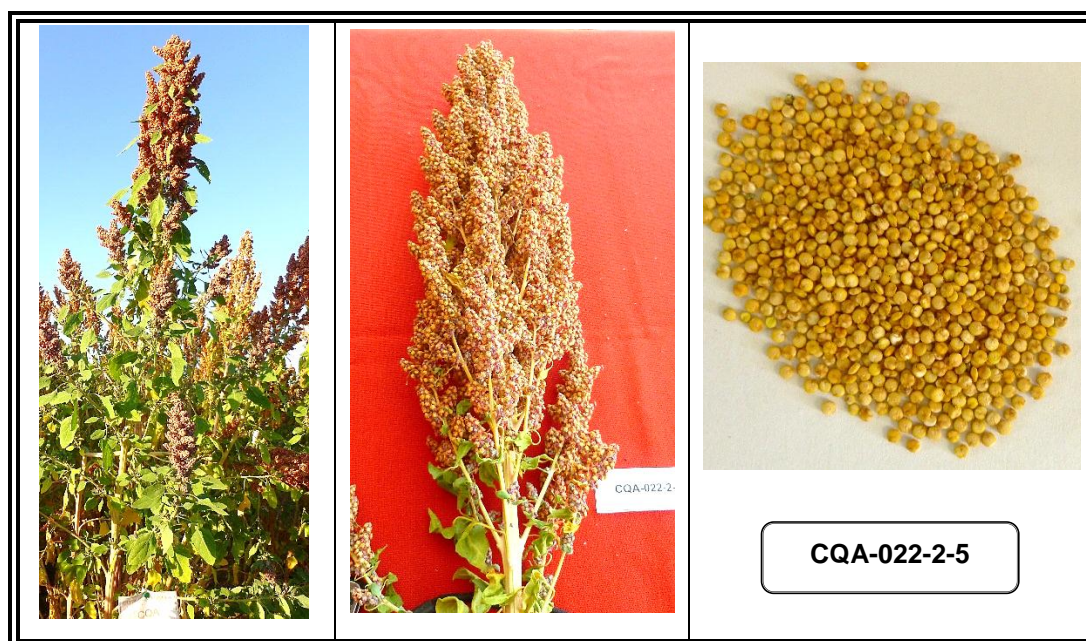
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.7. Familia CQA-042-2-1

Tabla 3.21. Características Morfológicas de la Familia CQA-022-2-5 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-022
Familia	CQA-022-2-5
Procedencia	Chilcaqasa- Huamanguilla -Huanta
Axilas Pigmentadas	Ausente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	183.9 cm
Longitud de panoja	301.00 cm
Diámetro de panoja	97.80 cm
Peso de panoja	85.04 g
Densidad de panoja	Laxa
Color de grano	Crema
Contenido de saponina	0.15%
Peso de 1000 semillas	4.26 g
Rendimiento	8.039 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.8. Familia CQA-022-2-5

Tabla 3.22. Características Morfológicas de la Familia CQA-022-2-3 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-022
Familia	CQA-022-2-3
Procedencia	Chilcaqasa- Huamanguilla -Huanta
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	185.00 cm
Longitud de panoja	320.00 cm
Diámetro de panoja	97.50 cm
Peso de panoja	86.47 g
Densidad de panoja	Laxa
Color de grano	Crema
Contenido de saponina	0.16%
Peso de 1000 semillas	4.18 g
Rendimiento	6.218 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



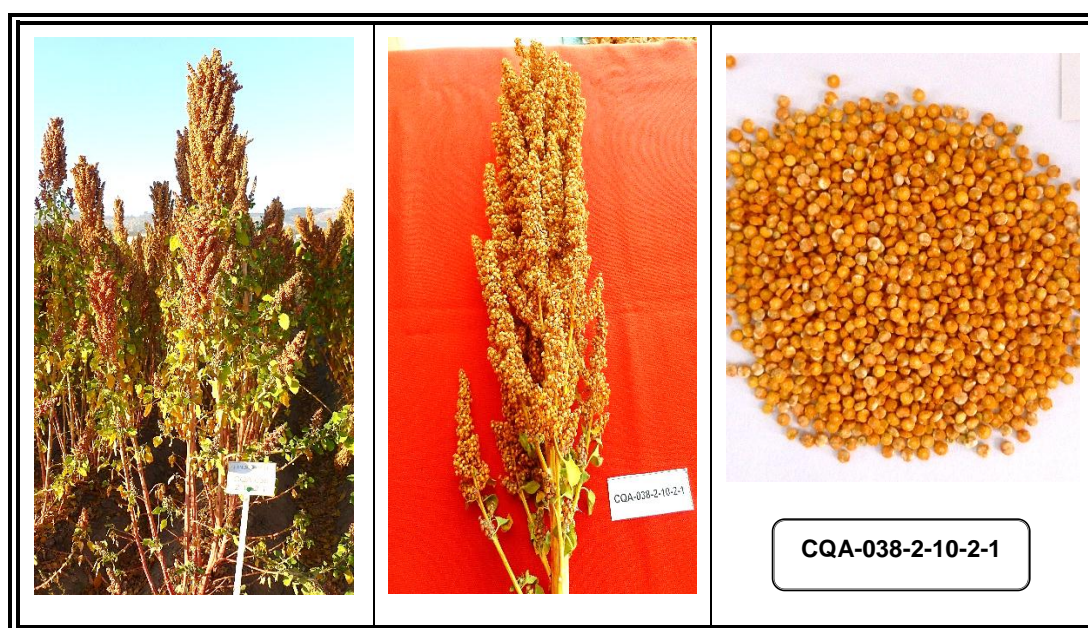
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.9. Familia CQA-022-2-3

Tabla 3.23. Características Morfológicas de la Familia CQA-038-2-10-2-1 Canaán
2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-038
Familia	CQA-038-2-10-2-1
Procedencia	Qerayocc- Quinoa -Huamanga
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	148.05 cm
Longitud de panoja	290.00 cm
Diámetro de panoja	81.40 cm
Peso de panoja	65.07 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.06%
Peso de 1000 semillas	3.95 g
Rendimiento	4.933 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.10. Familia CQA-038-2-10-2-1

Tabla 3.24. Características Morfológicas de la Familia CQA-038-2-10-10-10
Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-038
Familia	CQA-038-2-10-10-10
Procedencia	Qerayocc- Quinoa -Huamanga
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	146.45 cm
Longitud de panoja	268.00 cm
Diámetro de panoja	73.90 cm
Peso de panoja	59.97 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.05%
Peso de 1000 semillas	3.78 g
Rendimiento	4.042 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



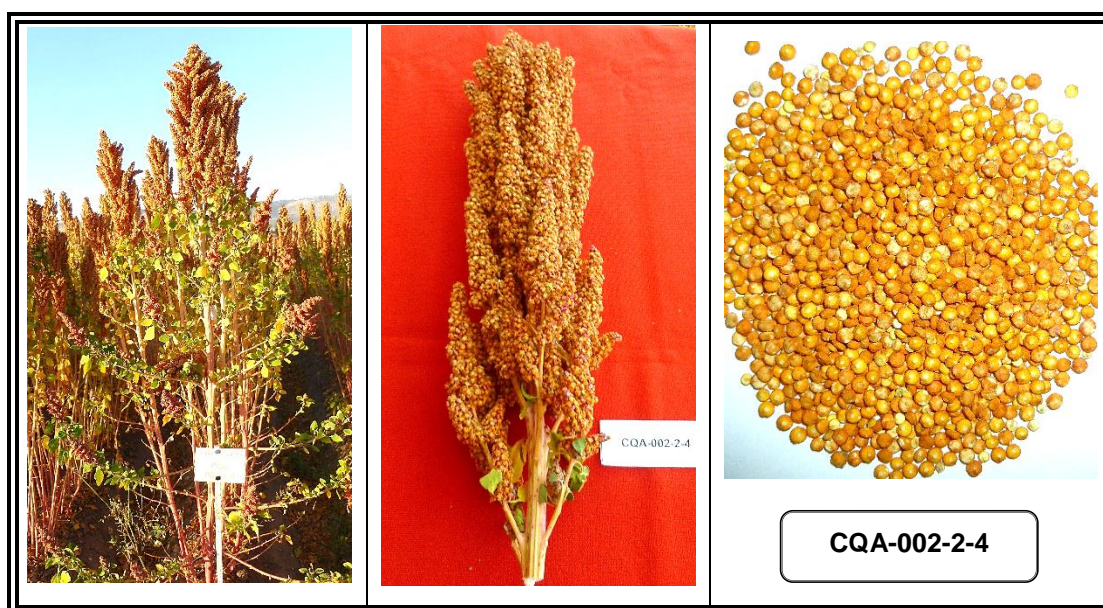
Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11. Familia CQA-038-2-10-10-10

Tabla 3.25. Características Morfológicas de la Familia CQA-002-2-4 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-002
Familia	CQA-002-2-4
Procedencia	Chilinga – San Miguel- La Mar
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	150.22 cm
Longitud de panoja	289.00 cm
Diámetro de panoja	78.80 cm
Peso de panoja	73.31 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.04%
Peso de 1000 semillas	3.81 g
Rendimiento	4.457 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12. Familia CQA-002-2-4

Tabla 3.26. Características Morfológicas de la Familia CQA-002-2-2 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-002
Familia	CQA-002-2-2
Procedencia	Chilinga – San Miguel- La Mar
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	141.00 cm
Longitud de panoja	264.50 cm
Diámetro de panoja	73.00 cm
Peso de panoja	55.66 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.07%
Peso de 1000 semillas	3.84 g
Rendimiento	4.211 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.13. Familia CQA-002-2-2

Tabla 3.27. Características Morfológicas de la Familia CQA-016-2-3-2-5 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-016
Familia	CQA-016-2-3-2-5
Procedencia	Huamanguilla - Huanta
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	137.52 cm
Longitud de panoja	254.00 cm
Diámetro de panoja	76.90 cm
Peso de panoja	58.42 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.05%
Peso de 1000 semillas	3.86 g
Rendimiento	4.348 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.14. Familia CQA-016-2-3-2-5

Tabla 3.28. Características Morfológicas de la Familia CQA-016-2-3-3-10 Canaán
2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-016
Familia	CQA-016-2-3-3-10
Procedencia	Huamanguilla - Huanta
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	135.79 cm
Longitud de panoja	222.50 cm
Diámetro de panoja	71.20 cm
Peso de panoja	57.72 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Amarillo
Contenido de saponina	0.09%
Peso de 1000 semillas	3.81 g
Rendimiento	3.538 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.15. Familia CQA-016-2-3-3-10

Tabla 3.29. Características Morfológicas de la Familia CQA-016-1-6-3 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-016
Familia	CQA-016-1-6-3
Procedencia	Huamanguilla - Huanta
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	145.16 cm
Longitud de panoja	278.50 cm
Diámetro de panoja	60.80 cm
Peso de panoja	52.90 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Crema
Contenido de saponina	0.16%
Peso de 1000 semillas	4.11 g
Rendimiento	5.042 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.16. Familia CQA-016-1-6-3

Tabla 3.30. Características Morfológicas de la Familia CQA-036-1-6-5 Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Características evaluadas	Variable
Cultivar	CQA-036
Familia	CQA-036-1-6-5
Procedencia	Chiunpampa –Quinoa- Huanta.
Axilas Pigmentadas	Presente
Color Panoja antes de madurez fisiológica	Púrpura
Color panoja en cosecha	Anaranjada
Tipo de panoja	Diferenciada
Forma de panoja	Amarantiforme
Altura de planta	143.64 cm
Longitud de panoja	29.45 cm
Diámetro de panoja	69.50 cm
Peso de panoja	43.61 g
Densidad de panoja	Compacta
Color de grano	Crema
Contenido de saponina	0.16%
Peso de 1000 semillas	3.81 g
Rendimiento	3.794 t.ha ⁻¹

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.17. Familia CQA-036-1-6-5

CONCLUSIONES

1. Las 14 selecciones de quinua de grano amarillo evaluados se consideran como precoces, con madurez fisiológica entre 114 a 121 dds.
2. Los caracteres de productividad entre cultivares se diferencian con alta significación estadística, estas diferencias tienen origen genético y ambiental. La altura de planta varía entre 133.88 y 185.22 cm, el diámetro del tallo principal varía entre 9.11 y 15.22 mm, la longitud de panoja varía entre 222.78 y 321.11 mm, el diámetro de panoja varía entre 58.11 y 98.33 mm, el peso de panoja varía entre 39.55 y 113.12, el peso de 1000 semillas varía entre 3.676 y 4.279 g, tamaño de grano entre 2.094 y 2.267 mm y el rendimiento de grano varía entre 4.977 y 10.171 t.ha⁻¹.
3. El 81.47 % de la variación del rendimiento de grano (t.ha⁻¹) está explicado significativamente por tres caracteres, el 78.38 % de la variación del rendimiento está explicado por el peso de panoja (g), el 80.40 % de la variación del rendimiento está explicado por el peso de 1000 semillas (g) luego de incluido el peso de panoja y el 81.47 % de la variación del rendimiento está explicado por la altura de planta (cm) luego de incluido el peso de panoja y el peso de 1000 semillas, en el modelo de regresión lineal múltiple
4. La variancia genética para el rendimiento de grano fue de 1.93 (t.ha⁻¹)², representa el 81 % de la variancia total o fenotípica que es 2.38 (t.ha⁻¹)².
5. Se espera en la población descendiente de las selecciones un porcentaje de mejora entre 7 a 17 % que representan incrementos en el rendimiento entre 0.371 a 1.721 t.ha⁻¹ y en promedio de todas las ganancias por selección se espera un incremento de 0.844 t.ha⁻¹ que representa un 12 % de mejora en el rendimiento de grano (t.ha⁻¹)

RECOMENDACIONES

1. Continuar con el cuarto ciclo de selección de quinua de grano amarillo, mediante la siembra y selección de las mejores panojas del presente estudio.
2. Formar un compuesto con las mejores panojas de quinua de grano amarillo, con fines de realizar ensayos de rendimiento en comparación con variedades comerciales y en pisos ecológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMIQUERO, L. 2014. Selección y evaluación de poblaciones varietales de quinua de grano blanco (*Chenopodium quinoa* Willd.). Canaán 2735 msnm. Tesis Ing. Agrónomo – UNSCH, Ayacucho, Perú.
- APAZA, M. y DELGADO, M. 2005. Manejo y Mejoramiento de Quinua Orgánica. Serie Manual N° 01. INIA. Puno, Perú.
- BONIFACIO, A., MUJICA A., ÁLVAREZ A. y ROCA W. 2001. Mejoramiento genético, germoplasma y producción de semilla. En: FAO, Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.
- CANAHA, A. 1992. Comportamiento y potencialidades de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en las zonas agroecológicas de Puno, Perú. La Paz, Bolivia.
- CHOCCE, P. 1980. Comparativo de cuatro variedades comerciales de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. Allpachaka 3500 msnm, Tesis Ing. Agrónomo – UNSCH, Ayacucho, Perú.
- CHOQUECAHUA F. A. 2010. Caracterización y selección de poblaciones varietales de quinua grano blanco, *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2735 m.s.n.m, Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo – UNSCH, Ayacucho, Perú
- DANIELSEN, S.; S-E. Jacobsen y A. Mujica. 2000a. Susceptibilidad al mildiu (*Peronospora farinosa*) y pérdida de rendimiento en ocho cultivares de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En: Resumen II Congreso Internacional de Agricultura en Zonas Áridas. Iquique, Chile. p. 59.
- DANIELSEN, S; L. Munk y R. Nelson. 2000b. AFLP and virulence markers for the characterization of *Peronospora farinosa* isolates from quinua. Simposio Durable Disease Resistance, Nov. 28 Dic. 1 2000, Ede Wageningen.
- DELGADO, P. 1989. Determinación taxonómica y porcentaje de parasitismo del insecto benéfico sobre Kcona Kcona en quinua. UNA. Puno, Perú. 45 p.
- DIPAZ, B. 2010. Caracterización y evaluación de poblaciones de quinua de grano amarillo, *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2735 msnm, Tesis, Ing. Agrónomo – UNSCH, Ayacucho, Perú.

- FERNÁNDEZ, T. 1986. Comparativo de rendimiento de seis variedades y dos líneas de quinua, *Chenopodium quinua* Willd., Allpachaka a 3600 msnm. Tesis, Ing. Agrónomo – UNSCH, Ayacucho, Perú.
- GANDARILLAS, H. 1967. Observaciones sobre la biología reproductiva de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). La Paz, Bolivia.
- GANDARILLAS H (1979 a). Mejoramiento genético. In: Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A., ortiz, R., Otazu, V., Rea, J., Salas, B., Zanabria, E., eds. Quinoa y kañihua, Cultivos andinos. IICA, p 81. Bogotá, Colombia
- GÓMEZ, L. 2011. Catálogo del banco de germoplasma de quinua. UNALM, Programa de Cereales y Granos Nativos.
- HANSON, W. D. s.f. Heritability In statistical genetics and plant breeding, National Academy of Science – Washington. (Publ. No. 982), 125- 140 p.
- HEISER, C. y D. NELSON, 1974. On the origen of the cultivated chenopods (*Chenopodium*). Genetics 78: 503-505.
- HOSTETTMAN K.A. & A. Marston, 1995. in the Chemistry and Pharmacology of Natural Products. Saponin, Cambridge University Press, Cambridge.
- HUANCAHUARI, E. 1996. Caracterización y evaluación del rendimiento de 14 cultivares de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán, 2750 msnm, Tesis Ing. Agrónomo – UNSCH, Ayacucho, Perú.
- KOZIOL M.J., 1992. Chemical Composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinua* Willd). J. Food Comp. Anal., 5, 35-68 p.
- LESCANO. J., 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos. quinua, kañiwa, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Puno, Perú.
- MEZA V. E. 2010. Efecto del abonamiento orgánico y sintético en tres cultivares de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2735 msnm, Tesis Ing. Agrónomo – UNSCH, Ayacucho, Perú.
- MUJICA, A. 1993. Selección de variedades de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd., Tesis M.Sc., UAC, Chapingo, México.
- MUJICA, A. 1997. Cultivo de Quinoa. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Manual N° 1-97. Lima, Perú.

- MUJICA, A. et al. 1998. Libro de campo. Prueba americana y europea de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Puno, Perú.
- MUJICA, A. 1999. La Quinoa. UNA. Puno, Perú. 19 p.
- NUÑEZ CH. W. 2012. Fenología de cuatro variedades de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. Canaán 2735 msnm, Tesis Ing. Agrónomo – UNSCH Ayacucho, Perú.
- POEHLMAN, J. y ALLEN, D. 2005. Mejoramiento de las cosechas. Editorial Limusa. 2da edición. México.
- PULGAR, J. 1954. La quinua en Colombia. Ministerio de Agricultura. Publicación N° 08.
- QUISPE T., J. A.; VILLANTOY P. A.; YZARRA T. W. y NUÑEZ CH. W. 2013. Crecimiento y desarrollo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). I Encuentro regional de Quinoa. UNSCH, Ayacucho, Perú.
- REA, J. 1969. Biología floral de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). UNA. Puno, Perú. 112 p.
- ROBLES, R. 1995. Diccionario genético y fitogenético. Editorial Trillas- México D.F.
- SALIS, A. 1985. Cultivos andinos ¿Alternativa alimentaria popular? Centro de Estudios Rurales Andinos - Bartolomé de las Casas. Cusco, Perú.
- SARAVIA, R. 1990. La androesterilidad en quinua y forma de herencia. Tesis Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón. 139 p.
- TAPIA, M. et al. 1979. La Quinoa y la Kañiwa. Cultivos andinos. Editorial IICA. Bogotá, Colombia.
- TRUCIOS, A. 2007. Comparativo de 25 cultivares de quinua, *Chenopodium quinoa* Willd. Yauli-Huancavelica 3800 m.s.n.m. Tesis Ing. Agrónomo – UNSCH Ayacucho, Perú.
- ZEVALLOS, D. 1984. Manual de horticultura para el Perú. Ediciones Manfer. S.A. Barcelona, España.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA VIRTUAL

- DE BRUIN 1964, citado por J. LEÓN. 2003 Descriptores de quinua (en línea, sitio web) Consultado el: 12 feb. 2015. Disponible en:
<http://laquinua.blogspot.com/2007/08/descriptores-de-quinua-2003.html>
- MUJICA, A.; JACOBSEN, S.E.; IZQUIERDO, J.; y MARATHEE, J. P. 2001. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.); Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro FAO (en línea, sitio web) Consultado 27 nov. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/origin-and-history/es/>
- JACOBSEN et al.; 1998; QUISPE & JACOBSEN, 1999. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa* (en línea, sitio web). Consultado 28 nov. 2016. Disponible en:
<http://laquinua.blogspot.com/2007/06/requerimien-tos-del-cultivo-ph-y-clima.html>.
- MINAGRI, 2013 Producción de quinua (en línea, sitio web). Consultado 23 oct. 2015. Disponible en
<http://minagri.gob.pe/portal/459-f-innovaquinua/9605-produccion-de-quinua>
- QUINUA.PE, Perú S.F Quinua - Historia (en línea, sitio web). Consultado 15 may. 2015. Disponible en: <http://quinua.pe/quinua-historia/>

ANEXOS

Anexo 1. Caracteres morfológicas de 14 selecciones quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm

CÓDIGO	Días a emergencia	Existencia de pigmento cotiledonal	Intensidad de color	Longitud de cotiledón (mm)	Existencia de pigmento en el hipocotilo	Intensidad de pigmento del hipocotilo	Longitud de hipocotilo (mm)	Color de grano	PLANTA		TALLO			
									Tipo de crecimiento	Porte de planta	Forma de tallo	Ángulo de tallo principal	Presencia De axilas pigmentadas	Presencia de estrías
CQA-015-2-3	4	pigmentado	oscuro	18.3	pigmentado	claro	39.9	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-015-2-6	4	pigmentado	oscuro	22.7	pigmentado	claro	40.4	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-042-2-4	4	pigmentado	oscuro	23.7	pigmentado	claro	48	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-042-2-1	4	pigmentado	oscuro	22.8	pigmentado	claro	28.8	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-022-2-5	4	pigmentado	oscuro	24.9	pigmentado	claro	48.2	crema	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	ausente	presente
CQA-022-2-3	4	pigmentado	oscuro	23.8	pigmentado	claro	40.3	crema	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-038-2-10-2-1	4	pigmentado	oscuro	21.9	pigmentado	claro	36.3	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente intenso	presente
CQA-038-2-10-10-10	4	pigmentado	oscuro	20.4	pigmentado	claro	35.7	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente intenso	presente
CQA-002-2-4	4	pigmentado	oscuro	22.3	pigmentado	claro	40.1	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-002-2-2	4	pigmentado	oscuro	22.3	pigmentado	claro	40.4	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-016-2-3-2-5	4	pigmentado	oscuro	22.1	pigmentado	claro	30.3	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente intenso	presente
CQA-016-2-3-3-10	4	pigmentado	oscuro	22.1	pigmentado	claro	32.4	amarillo	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-036-1-6-5	4	pigmentado	oscuro	20.3	pigmentado	claro	32.2	crema	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente
CQA-016-1-6-3	4	pigmentado	oscuro	24.1	pigmentado	claro	36.4	crema	herbáceo	erecto	prominente	cilíndrico	presente tenue	presente

Fuente: Elaboración propia

Anexo 1. Continuación

CÓDIGO	TALLO			RAMIFICACIÓN			HOJA							
	Color de estrias	Color de tallo	Intensidad de color de tallo	Presencia de ramificaciones	Rama primaria	Posición de rama primaria	Forma de hoja inferior	Forma de hoja superior	Borde de hoja inferior	Diente de hoja basal	Longitud máxima de hoja (mm)	Color de hoja basal	Color de peciolo de hoja	Presencia de gránulo laminar
CQA-015-2-3	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	92.5	verde	verde	presente
CQA-015-2-6	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	87.8	verde	verde	presente
CQA-042-2-4	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	98.3	verde	verde	presente
CQA-042-2-1	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	96.5	verde	verde	presente
CQA-022-2-5	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	103.3	verde	verde	presente
CQA-022-2-3	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	107.4	verde	verde	presente
CQA-038-2-10-2-1	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	88	verde	verde	presente
CQA-038-2-10-10-10	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	78.9	verde	verde	presente
CQA-002-2-4	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	83.1	verde	verde	presente
CQA-002-2-2	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	76.5	verde	verde	presente
CQA-016-2-3-2-5	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	85.1	verde	verde	presente
CQA-016-2-3-3-10	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	83.1	verde	verde	presente
CQA-036-1-6-5	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	79.8	verde	verde	presente
CQA-016-1-6-3	verde claro	verde	medio	ausente	ausente	ausente	triangular	triangular	dentado	más de doce	84.8	verde	verde	presente

Fuente: Elaboración propia

Anexo 1. Continuación

CÓDIGO	HOJA	INFLORESCENCIA O PANOJA							FRUTO					
	Color de gránulo de hoja	Color antes de la madurez fisiológica	Intensidad de color antes de madurez fisiológica	Color a cosecha	Intensidad de color a cosecha	Tipo	Forma	Densidad	Color de perigonio	Color de pericarpio	Color de episperma	Aspecto de episperma	Forma de borde de fruto	Forma de fruto
CQA-015-2-3	blanco-rojo	purpura	medio	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-015-2-6	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-042-2-4	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-042-2-1	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	intermedia	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-022-2-5	blanco-rojo	purpura	medio	anaranjada	oscuro	diferenciada	amarantiforme	laxa	crema	crema	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-022-2-3	blanco-rojo	purpura	medio	anaranjada	oscuro	diferenciada	amarantiforme	laxa	crema	crema	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-038-2-10-2-1	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-038-2-10-10-10	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-002-2-4	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-002-2-2	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-016-2-3-2-5	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-016-2-3-3-10	blanco-rojo	purpura	oscuro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	amarillo	amarillo	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-036-1-6-5	blanco-rojo	purpura	claro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	crema	crema	blanco	opaco	afilado	cilíndrico
CQA-016-1-6-3	blanco-rojo	purpura	claro	anaranjada	claro	diferenciada	amarantiforme	compacta	crema	crema	blanco	opaco	afilado	cilíndrico

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Caracteres de productividad de 14 selecciones de quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

Código	Selección	Altura de planta	Diámetro de tallo principal	Longitud de panoja	Diámetro de panoja	Peso de panoja	Peso de 1000 semillas	Tamaño de grano	Rendimiento por panoja
Unidades		cm	mm	mm	mm	g	g	mm	t.ha ⁻¹
CQA015-2-3	s01	170.50	16.00	335.00	96.00	127.87	3.44	2.35	10.995
	s01	152.00	13.00	250.00	90.00	80.25	3.70	2.20	8.363
	s01	166.00	10.00	240.00	65.00	72.54	3.43	2.15	5.010
	s01	172.00	18.00	330.00	97.00	104.73	3.84	2.40	10.860
	s01	151.00	15.00	230.00	90.00	93.78	3.93	2.00	9.345
	s01	154.00	14.00	250.00	92.00	67.39	3.81	2.30	6.484
	s01	156.00	10.00	240.00	65.00	65.52	3.49	2.05	4.802
	s01	158.00	14.00	260.00	98.00	76.71	3.78	2.05	8.516
	s01	148.00	7.00	250.00	70.00	66.24	3.66	1.85	6.476
CQA015-2-6	s02	173.00	17.00	300.00	100.00	84.44	3.66	2.35	8.394
	s02	160.00	15.00	270.00	90.00	71.01	3.84	2.00	6.949
	s02	168.00	16.00	330.00	88.00	102.15	3.79	2.10	7.802
	s02	158.00	14.00	310.00	73.00	96.06	3.76	2.15	9.645
	s02	149.00	11.00	180.00	70.00	70.40	3.86	2.35	6.176
	s02	175.00	16.00	340.00	110.00	105.76	4.02	2.35	9.450
	s02	155.00	14.00	240.00	95.00	69.48	3.79	2.15	6.538
	s02	160.00	17.00	320.00	106.00	113.57	3.95	2.00	11.316
	s02	164.00	15.00	300.00	90.00	96.62	3.64	2.20	8.993
CQA042-2-4	s03	172.00	15.00	310.00	88.00	110.38	3.75	2.30	8.520
	s03	172.00	15.00	270.00	100.00	71.34	3.84	2.25	6.504
	s03	166.00	12.00	350.00	85.00	93.95	3.83	2.15	10.367
	s03	175.00	14.00	320.00	80.00	101.82	3.72	1.80	7.965
	s03	170.00	21.00	400.00	120.00	162.51	3.78	2.10	6.921
	s03	175.00	15.00	320.00	90.00	172.48	3.75	2.00	14.914
	s03	177.00	17.00	140.00	96.00	119.03	3.98	2.20	10.247
	s03	169.00	14.00	240.00	90.00	84.03	3.96	2.10	6.788
	s03	177.50	14.00	300.00	100.00	101.79	3.74	2.25	9.739

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Continuación

Código	Selección	Altura de planta	Diámetro de tallo principal	Longitud de panoja	Diámetro de panoja	Peso de panoja	Peso de 1000 semillas	Tamaño de grano	Rendimiento por panoja
Unidades		cm	mm	mm	mm	g	g	mm	t.ha ⁻¹
CQA042-2-1	s04	166.00	13.00	250.00	70.00	68.77	4.29	2.25	6.795
	s04	167.00	12.00	230.00	80.00	79.98	4.11	2.35	7.954
	s04	169.00	17.00	330.00	110.00	132.73	3.91	1.90	11.108
	s04	211.00	18.00	400.00	130.00	225.03	4.08	2.25	14.955
	s04	160.00	16.00	330.00	120.00	163.36	4.38	2.40	17.196
	s04	164.00	16.00	290.00	100.00	104.35	3.94	1.90	9.891
	s04	167.00	15.00	280.00	85.00	80.93	4.09	2.25	9.298
	s04	153.00	11.00	280.00	85.00	75.70	3.88	2.40	6.615
	s04	157.00	13.00	220.00	80.00	87.19	3.96	2.30	7.729
CQA022-2-5	s05	190.00	15.00	320.00	108.00	94.68	4.41	2.45	10.515
	s05	191.00	14.00	270.00	85.00	82.41	4.23	2.15	8.001
	s05	193.00	16.00	350.00	130.00	103.42	4.43	2.40	9.219
	s05	167.00	9.00	290.00	80.00	67.95	4.14	2.30	6.330
	s05	177.00	10.00	280.00	70.00	72.78	3.93	2.20	6.409
	s05	192.00	12.00	400.00	125.00	112.67	4.43	2.35	10.635
	s05	179.00	9.00	290.00	80.00	60.54	4.12	2.35	5.831
	s05	185.00	12.00	270.00	105.00	67.20	4.45	2.10	6.377
	s05	182.00	10.00	240.00	85.00	51.53	4.37	2.10	4.907
CQA022-2-3	s06	194.00	17.00	420.00	145.00	114.62	4.36	2.35	11.760
	s06	182.50	11.00	320.00	80.00	77.54	4.14	1.85	7.635
	s06	192.50	13.00	360.00	110.00	83.02	4.19	2.30	7.719
	s06	181.00	9.00	290.00	85.00	73.90	3.96	2.15	7.817
	s06	187.00	12.00	250.00	85.00	75.39	4.13	2.00	6.377
	s06	187.00	13.00	360.00	105.00	88.80	4.37	2.35	8.736
	s06	178.00	13.00	300.00	80.00	67.47	4.00	2.00	6.058
	s06	194.00	16.00	310.00	125.00	114.55	4.23	1.80	10.320
	s06	171.00	9.00	280.00	70.00	49.05	4.26	2.05	5.582

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Continuación

Código	Selección	Altura de planta	Diámetro de tallo principal	Longitud de panoja	Diámetro de panoja	Peso de panoja	Peso de 1000 semillas	Tamaño de grano	Rendimiento por panoja
Unidades		cm	mm	mm	mm	g	g	mm	t.ha ⁻¹
CQA038-2-10-2-1	s07	148.00	11.00	290.00	80.00	67.16	3.97	2.20	7.410
	s07	137.00	10.00	240.00	70.00	35.37	3.67	1.95	3.846
	s07	157.50	12.00	300.00	90.00	79.32	4.04	2.45	8.355
	s07	143.00	11.00	240.00	75.00	58.60	3.90	2.25	5.668
	s07	134.00	10.00	230.00	70.00	39.41	3.94	1.85	4.050
	s07	162.00	16.00	340.00	95.00	82.30	4.08	2.30	9.444
	s07	147.00	11.00	300.00	85.00	62.79	3.95	2.15	6.606
	s07	147.00	11.00	300.00	64.00	50.63	4.01	2.15	7.959
	s07	141.00	10.00	250.00	75.00	45.20	3.85	2.15	4.757
CQA038-2-10-10-10	s08	144.00	11.00	260.00	60.00	44.75	3.82	2.20	4.500
	s08	139.00	13.00	230.00	60.00	60.98	3.81	2.20	6.943
	s08	151.00	13.00	310.00	72.00	70.41	3.92	2.00	7.217
	s08	142.00	11.00	260.00	66.00	51.35	3.74	2.20	5.310
	s08	151.00	12.00	250.00	90.00	49.23	3.73	2.30	4.834
	s08	157.00	11.00	240.00	70.00	62.41	3.87	1.90	6.092
	s08	135.00	11.00	260.00	67.00	49.21	3.62	2.05	5.548
	s08	139.00	12.00	240.00	80.00	47.55	3.70	2.05	4.873
	s08	139.00	11.00	250.00	74.00	54.16	3.89	2.25	6.131
CQA002-2-4	s09	133.00	10.00	240.00	60.00	52.24	3.76	1.90	5.715
	s09	145.00	11.00	270.00	72.00	57.72	3.64	2.20	5.963
	s09	165.50	16.00	350.00	80.00	81.52	3.88	1.80	8.702
	s09	147.90	11.00	270.00	74.00	56.22	3.75	2.30	5.419
	s09	146.00	11.00	290.00	90.00	73.19	3.84	2.15	7.581
	s09	146.40	11.00	300.00	80.00	74.23	3.87	2.15	7.607
	s09	155.00	13.00	320.00	74.00	95.53	3.78	2.15	9.833
	s09	146.00	9.00	250.00	68.00	52.74	3.75	2.20	5.929
	s09	156.00	12.00	250.00	85.00	67.66	3.91	2.30	7.594

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Continuación

Código	Selección	Altura de planta	Diámetro de tallo principal	Longitud de panoja	Diámetro de panoja	Peso de panoja	Peso de 1000 semillas	Tamaño de grano	Rendimiento por panoja
Unidades		cm	mm	mm	mm	g	g	mm	t.ha ⁻¹
CQA002-2-2	s10	144.00	12.00	250.00	80.00	67.73	3.88	1.90	7.311
	s10	149.00	12.00	320.00	70.00	70.57	3.95	2.20	7.913
	s10	144.00	11.00	270.00	75.00	42.76	3.87	2.40	5.063
	s10	138.00	10.00	250.00	54.00	46.99	3.86	1.90	4.864
	s10	133.50	9.00	200.00	80.00	41.47	3.72	2.00	3.975
	s10	136.00	9.00	250.00	62.00	38.77	3.63	2.20	4.333
	s10	136.00	10.00	235.00	76.00	49.09	3.87	2.10	5.231
	s10	141.00	9.00	260.00	60.00	42.17	3.84	2.15	4.824
	s10	129.00	11.00	255.00	85.00	50.74	3.88	2.35	5.919
CQA016-2-3-2-5	s11	137.00	13.00	260.00	88.00	73.96	3.99	2.50	9.204
	s11	137.00	12.00	230.00	70.00	50.45	3.90	2.15	5.649
	s11	151.00	14.00	280.00	72.00	62.36	3.93	1.80	10.121
	s11	133.50	13.00	270.00	95.00	87.45	4.03	2.50	10.170
	s11	131.20	12.00	250.00	78.00	43.48	3.75	2.10	5.316
	s11	148.00	15.00	310.00	88.00	89.06	3.87	1.80	6.369
	s11	134.50	10.00	230.00	78.00	48.92	3.95	2.40	5.833
	s11	134.00	8.00	230.00	67.00	38.86	3.71	2.05	4.721
	s11	146.00	14.00	270.00	78.00	63.33	3.83	1.75	7.766
CQA016-2-3-3-10	s12	129.90	9.00	215.00	60.00	33.95	3.73	2.00	3.739
	s12	128.00	9.00	210.00	68.00	45.23	3.70	2.10	5.199
	s12	153.00	12.00	230.00	80.00	83.80	3.89	2.40	8.196
	s12	128.00	10.00	240.00	55.00	37.99	3.81	2.00	4.376
	s12	129.00	9.00	260.00	65.00	49.87	3.71	2.00	6.047
	s12	144.00	12.00	260.00	82.00	65.40	3.85	2.20	7.324
	s12	121.00	9.00	200.00	57.00	33.84	3.75	1.90	3.866
	s12	143.00	11.00	215.00	70.00	69.62	3.88	2.25	6.242
	s12	129.00	8.00	175.00	70.00	34.06	3.73	2.15	3.801

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Continuación

Código	Selección	Altura de planta	Diámetro de tallo principal	Longitud de panoja	Diámetro de panoja	Peso de panoja	Peso de 1000 semillas	Tamaño de grano	Rendimiento por panoja
Unidades		cm	mm	mm	mm	g	g	mm	t.ha ⁻¹
CQA016-1-6-3	s13	131.00	8.00	205.00	50.00	30.52	3.91	2.35	3.566
	s13	152.20	11.00	295.00	70.00	58.45	4.12	2.35	6.801
	s13	149.00	10.00	340.00	65.00	73.65	4.35	2.20	8.374
	s13	140.40	10.00	260.00	50.00	35.15	3.81	1.85	4.448
	s13	150.50	9.00	260.00	60.00	43.96	3.96	2.25	5.310
	s13	145.50	9.00	250.00	56.00	48.54	4.25	2.10	6.064
	s13	145.00	9.00	260.00	52.00	42.57	4.14	1.90	5.160
	s13	144.00	10.00	250.00	60.00	51.94	4.15	2.15	6.246
	s13	141.00	10.00	245.00	60.00	43.55	3.96	2.35	5.406
CQA036-1-6-5	s14	137.00	8.00	29.00	70.00	38.31	3.86	2.00	4.853
	s14	145.20	9.00	26.00	60.00	46.49	3.80	2.35	5.828
	s14	157.50	10.00	31.00	62.00	43.25	3.79	2.40	5.451
	s14	135.00	9.00	31.00	70.00	46.26	3.77	2.05	5.769
	s14	153.00	10.00	30.00	68.00	45.86	3.84	2.40	6.084
	s14	137.50	9.00	27.50	75.00	33.86	3.64	2.35	3.971
	s14	138.50	9.00	30.50	70.00	36.82	3.90	2.15	4.590
	s14	137.50	9.00	28.50	80.00	35.11	3.64	1.80	4.335
	s14	138.20	9.00	29.00	60.00	29.95	3.66	2.25	3.915

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Contenido de saponina de 14 selecciones de quinua de grano amarillo (*Chenopodium quinoa* Willd.) Canaán 2735 msnm, Ayacucho.

N° Parcela	Código	Contenido de saponina					
		Altura de espuma (cm)			Promedio (cm)	(mg-sap) / (mg-grano)	Porcentaje
1	CQA-015-2-3	0.50	0.60	0.50	0.53	0.48	0.05
2	CQA-015-2-6	0.70	0.60	0.60	0.63	0.61	0.06
3	CQA-042-2-4	0.60	0.40	0.50	0.50	0.44	0.04
4	CQA-042-2-1	0.70	0.60	0.70	0.67	0.65	0.07
5	CQA-022-2-5	0.50	0.60	0.50	0.53	0.48	0.05
6	CQA-022-2-3	1.30	1.40	1.20	1.30	1.47	0.15
7	CQA-038-2-10-2-1	0.60	0.50	0.80	0.63	0.61	0.06
8	CQA-038-2-10-10-10	0.50	0.40	0.80	0.57	0.52	0.05
9	CQA-002-2-4	0.30	0.50	0.60	0.47	0.39	0.04
10	CQA-002-2-2	0.50	0.90	0.80	0.73	0.74	0.07
11	CQA-016-2-3-2-5	0.40	0.60	0.60	0.53	0.48	0.05
12	CQA-016-2-3-3-10	0.70	0.90	0.90	0.83	0.87	0.09
13	CQA-036-1-6-5	1.40	1.50	1.40	1.43	1.64	0.16
14	CQA-016-1-6-3	1.40	1.20	1.50	1.37	1.56	0.16

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Panel fotográfico



Fotografía 01. Trazo y demarcación del campo experimental para la siembra de quinua de grano amarillo.



Fotografía 02. Control fitosanitario preventivo contra Chupadera del cultivo de quinuas emergidas.



Fotografía 03. Deshierbo y primer aporque del campo de cultivo de quinua de grano amarillo.



Fotografía 04. Evaluación del campo de cultivo de quinua de grano amarillo control fitosanitario e inicio de panojamiento.



Fotografía 05. Evaluación de características fenotípicas en panojamiento de quinua de grano amarillo.



Fotografía 06. Pleno panojamiento de quinua de grano amarillo



Fotografía 07. Corte de panojas seleccionadas de los cultivares de quinua de grano amarillo.



Fotografía 08. Trilla y venteado de los cultivares seleccionados de quinua de grano amarillo



Fotografía 09. Evaluación de los granos de quinua de grano amarillo



Fotografía 10. Evaluación del contenido de saponina de quinua de grano amarillo