

Adaptación del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) al cambio climático en los Andes del Perú

Adaptation of the cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) to climate change in the Andes of Peru

Edgar Amador Espinoza Montesinos¹

RECIBIDO: 10/11/2015 - APROBADO: 30/06/2016

RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata sobre la adaptación del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa willd*) al cambio climático en los Andes del Perú. El estudio de investigación se realizó en la región Áncash (Ocos) y en la región Huancavelica (Angaraes), entre setiembre del 2011 y setiembre del 2014, bajo condiciones de campo.

El terreno fue instalado y conducido bajo el modelo estadístico de bloques completos al azar, con 25 repeticiones y cinco variedades de quinua. Fueron evaluados el rendimiento, la altura de planta, la altura de panoja, las enfermedades como mildiu, el índice de cosecha (IC) y las fases fenológicas (en días y unidades de calor para alcanzar cada fase de desarrollo vegetativo). De las cinco variedades, tres mostraron mejor comportamiento agronómico y alcanzaron los mayores rendimientos.

Los tratamientos de las variedades de quinua fueron distribuidos aleatoriamente en cada parcela dentro de cada bloque y las densidades fueron asignadas aleatoriamente en las subparcelas dentro de cada parcela.

Finalmente, el análisis económico indica que las variedades INIA Salcedo y Blanca Junin mostraron el más alto rendimiento en producción en los años de estudio, mostrando un mejor comportamiento en la adaptación al cambio climático en los Andes del Perú.

Palabras clave: Cambio climático, variedades, fases fenológicas, análisis económico.

ABSTRACT

This research deals about the adaptation of the cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) to climate change in the Andes of Peru. The research study was conducted in the Ancash region (Ocos, province and district) and Huancavelica region (Angaraes province, Lircay district) from september 2011 and september 2014 under field conditions.

At the field level it was installed and conducted under the statistical model of randomized complete block with 25 repetitions and five varieties of quinoa. The characters evaluated were yield, plant height, height of panicle, diseases such as mildew, harvest index (CI), percentage of protein, dry weight of a thousand grams of quinoa and phenological phases (days and heat units to achieve every phase of plant development). Of the five varieties, three showed better agronomic performance and reached the highest yields.

The treatments of quinoa varieties were randomly distributed in each plot within each block and densities were randomly assigned to subplots within each plot. Finally, the economic analysis indicates that varieties INIA Salcedo and Blanca Junin showed the highest production performance in the years of study, showing a better performance in adapting to climate change in the Andes of Peru.

Keywords: Climate change, varieties, phenological phases, economic analysis.

¹ Ingeniero agrónomo, Mg.Sc. egresado de la UNALM. Lima, Perú. Egresado del Doctorado de Ciencias Ambientales de la UNMSM. Lima, Perú. Correo electrónico: edge.peru@yahoo.es

I. INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es una planta de la familia Quenopodiácea, que se siembra principalmente en la región de la sierra del Perú. Es un alimento importante por sus características nutricionales; sin embargo, el rendimiento de producción, cosecha y la calidad de grano se encuentra limitado por los factores abióticos y bióticos originados por el cambio climático en los Andes del Perú.

MINAGRI (2014) señala que la quinua prospera bien en zonas cuya altitud se encuentra entre los 2,000 y 3,500 msnm. Si es sembrada al nivel del mar, disminuye su período vegetativo en parangón con las sembradas en la zona andina. No obstante, se observa que el mayor potencial productivo se obtiene al nivel del mar, habiendo obtenido hasta 5,000 kg/ha, con riego tecnificado localizado y buen manejo en la fertilización de NPK.

Houghton (1992) dice que el Perú está entre los países más vulnerables a los efectos del cambio climático por su ubicación en la región tropical y porque está expuesto a mayor radiación solar; la zona andina es la más vulnerable por su variación altitudinal, de mayor gradiente térmico y de mayor exposición a los eventos climáticos extremos.

Benites (2014) señala que el Perú fue el primer productor mundial de quinua en el 2014, al lograr 104 mil toneladas, superando a Bolivia, y que las ventas pasaron los US\$ 187 millones, mientras el vecino país llegó a US\$ 153 millones.

Espinoza (2009) refiere que se ha descuidado el estudio del cultivo de la quinua en el área andina, siendo relegado por algunos investigadores, como consecuencia de ello, son pocos los avances obtenidos en el aspecto agronómico, hecho que ha provocado que los rendimientos de granos sean bajos.

Uno de los métodos de adaptación de la quinua al cambio climático consistirá en ubicar variedades tolerantes a la sequía, helada y granizada de los Andes; así, se elevarán los rendimientos de producción y productividad, y se generarán alternativas de desarrollo a las necesidades alimentarias de la comunidad, favoreciendo el crecimiento económico de los pobladores de la provincia de Ocros (región Áncash) y la provincia de Angaraes (región Huancavelica).

El objetivo principal de este estudio es evaluar la adaptación del cultivo de quinua al cambio climático en los Andes del Perú. Por ello, esta investigación pretende encontrar la selección de grano —dentro del germoplasma variedades— que esté más adaptada a la región andina y no disminuya en su rendimiento ni en su calidad, ambos influenciados por suelos erosionados y aguas contaminadas; asimismo, se analizará cómo la rusticidad de este cultivo puede hacer frente a la referida problemática.

I.1. Cambio climático

National Geographic (2010) menciona que la causa de las recientes altas temperaturas y el aumento global de los desastres naturales, consecuencias del inusual cambio climático, puede ser la actividad humana moderna. Asimismo, muchos factores naturales ayudan a explicar, en particular, la tendencia actual del calentamiento global, un ciclo climático natural que procede durante miles de años.

Sin embargo, la velocidad a la que se producen los cambios recientes es desconcertante; los científicos creen que la actividad humana podría ser una de las causas, así el principal origen del cambio climático es el proceso de industrialización iniciado hace siglo y medio, en particular, la combustión de cantidades cada vez mayores de petróleo, gasolina, carbón, la tala de bosques y algunos métodos de explotación agrícola.

Intergovernmental Panel Climate Change (2007) manifiesta que la disponibilidad del agua en las plantas cumple las funciones fisiológicas críticas que están asociadas entre los patrones de precipitación de las plantas y la capacidad de almacenamiento del agua del suelo, que está gobernado por las respuestas potenciales ante el cambio climático.

Uno de los más grandes cambios relacionados con la producción de cultivos es la variable de precipitación durante la estación de crecimiento, que está asociada con la degradación del suelo y con una capacidad limitada de almacenamiento del agua.

Los cambios de precipitación y la cantidad de precipitación son las principales características del cambio climático en la infiltración, el almacenamiento y la liberación del agua hacia las plantas que generalmente resultan inundadas.

I.2. Beneficio nutricional de la quinua y aminoácidos

MINAGRI (2014) señala que la quinua fue domesticada antes de los 5,000 años a. C., deducción basada en los hallazgos arqueológicos hechos en Ayacucho (Ciudad, Perú). Su cultivo se extendió en casi toda la región andina incluyendo el Perú, Bolivia, Colombia, Ecuador, Argentina y Chile; es considerada como un alimento sagrado, denominado *grano de los incas*, siendo empleada además para usos medicinales.

Además, se cree que hay indicios de que los conquistadores descubrieron el alto contenido nutritivo de la quinua y prohibieron su cultivo para debilitar la resistencia de los incas; a raíz de la conquista española, se introdujo en América, entre otros alimentos, el trigo, por lo que la quinua fue desplazada hacia tierras más altas, disminuyendo su producción al igual que otros cultivos tradicionalmente consumidos por los nativos andinos.

Según se aprecia en la avena, el arroz y la cebada, el contenido de la fibra cruda es de 2 a 5 veces mayor que el trigo, el centeno, el sorgo y el arroz.

Los granos andinos como quinua, kañiwa y kiwicha tienen un alto contenido de proteína en comparación con los cereales. El almidón es el carbohidrato más importante en todos los cereales (Tabla N.º 1).

I.3. Factores desfavorables de heladas y granizadas en el rendimiento de quinua

SENAMHI (2014) manifiesta que continuará el descenso de la temperatura durante horas de la noche y la madrugada en la sierra sur del país, durante este periodo predominará el cielo despejado, y se intensificará las heladas meteorológicas, registrando hasta -8 °C en localidades por encima de los 4,000 msnm.

MINAGRI (2014) indica que el crecimiento vegetativo y floración de cultivos es muy vulnerable a factores que podrían agudizarse ante un cambio climático como los rangos mínimos y máximos de temperatura, escasez o abundancia de agua en periodos de sequía o lluvias intensas, respectivamente; entre otros cultivos sensibles a las consecuencias de lluvias intensas (enfermedades, plagas, anegamiento) se encuentran el maíz y el algodón, teniendo este último también una muy alta probabilidad de sufrir estrés por calor junto a la maca. También son cultivos con un nivel alto de estrés por sequía el algodón, el arroz, el maíz, el limón y el plátano.

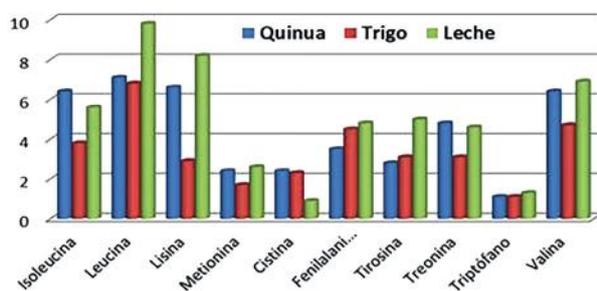


Figura N.º 1. Composición de aminoácidos de quinua, trigo y leche.

Fuente: INIA, Lima (2013)

Tabla N.º 1. Composición química y valor nutricional de los cereales y granos andinos (g/100 g b.s)

Cultivo	Proteína	Carbohidratos	Fibra cruda	Geniza	Grasas
Trigo	10.5	78.6	2.5	1.8	2.6
Cebada	11.8	78.1	5.3	3.1	1.8
Avena	11.6	69.8	10.4	2.9	5.2
Centeno	13.4	80.1	2.6	2.1	1.8
Arroz	9.1	71.2	10.2	7.2	2.2
Maíz	11.1	80.2	2.1	1.7	4.9
Sorgo	12.4	79.7	2.7	1.7	3.6
Quinua	14.4	72.6	4.0	2.9	6.0
Kañiwa	18.8	63.4	6.1	4.1	7.6
Kiwicha	14.5	71.5	5.0	2.6	6.4

Fuente: Kent (1993).

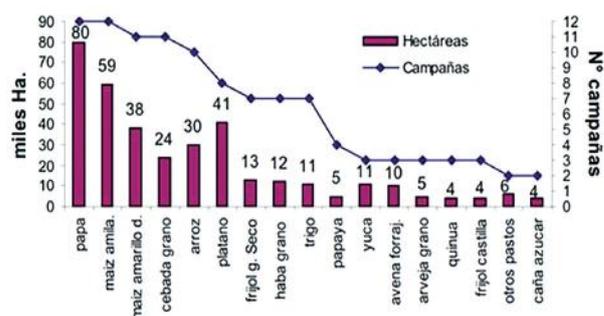


Figura N.º 2. Sensibilidad de cultivos ante la variabilidad climática (hectáreas perdidas y número de campaña agrícola con pérdidas)

Fuente: MINAGRI (2014).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales de investigación

Para el presente estudio de investigación se empezó con diez variedades de quinua, quedando como material genético solo cinco variedades seleccionadas de quinua provenientes de la región de Puno y el testigo procedente nativo de la ciudad de Lircay (Huancavelica).

Otros materiales

a) **De campo:** Wincha, etiquetas, letreros, cuaderno de campo, lampa, pico, cordel, bolsa de papel *kraft*, fertilizantes, entre otros.

b) **De laboratorio:** Balanza de precisión (0.1g) y estufa (65 °C -105 °C).

2.1.1. Características del suelo

El suelo donde se realizó el presente trabajo de investigación tiene como característica común ser de textura media y tener buen drenaje. El análisis de suelos se realizó con una muestra de suelo del área experimental antes de la siembra.

2.2. Análisis e interpretación de la evaluación

Las evaluaciones realizadas se ajustaron a las recomendaciones encontradas en el campo experimental Ocros (Áncash) y Angaraes (Huancavelica), Perú.

En la investigación se evaluaron componentes primarios (altura de planta, altura de panoja) y componentes de rendimiento de grano de quinua (peso de 1,000 semillas grano seco).

2.3. Variables biométricas y morfológicas

Fueron evaluadas en las cuatro etapas más importantes del ciclo del cultivo de quinua:

2.3.1. Crecimiento (30 días a la siembra)

2.3.2. Floración (60 días a la siembra)

2.3.3. Fructificación (120 días a la siembra)

2.3.4. Madurez (150 días a la siembra) dependiendo de la variedad:

- Altura de planta (cm): Se tomó la altura de 10 plantas por parcela en centímetros (cm).
- Altura de panoja (cm): Se tomó al azar 10 plantas por parcela y se registró la longitud de panojas en cm, la cual fue luego promediada.

2.4. Metodología

2.4.1. Conducción de la investigación

A. Fase del laboratorio

Se realizó de la siguiente manera:

- Selección de la semilla sana de cada variedad de quinua.
- Identificación y preparación de cada sobre de semilla de acuerdo al diseño estadístico de los tratamientos.
- Desinfección de las semillas, con Homai WP (a dosis 2 g/kilo semilla), para evitar las enfermedades radiculares que se presentan en los primeros estadios de la planta de quinua.

A. Fase de campo

Identificado el campo en la provincia de Ocos (Áncash) y provincia de Angaraes (Huancavelica), se procedió de la siguiente manera: 1. Preparación de terreno y marcado. 2. Siembra. 3. Riegos. 4. Deshierbos. 5. Fertilización. 6. Control fitosanitario. 7. Cosecha y trilla.

2.5. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada y experimental, reforzada por los análisis estadísticos empleados en un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 5 tratamientos y 5 repeticiones, haciendo un total de 25 unidades experimentales.

Para probar las diferencias entre los promedios de los tratamientos se utilizará la prueba de Duncan al nivel de significación de 0,05.

2.5.1. Análisis de varianza individual

Los tratamientos de 5 variedades seleccionadas fueron distribuidos aleatoriamente en cada parcela, dentro de cada block, y las D1 y D2 serán asignadas aleatoriamente en las subparcelas dentro de cada parcela. Calzada (1982) recomienda este diseño al tener un factor en estudio de mayor importancia y a la gran dificultad en el manejo del cultivo.

2.5.2. Análisis de varianza combinado

El análisis combinado para las comparaciones entre variedades se realizará a partir de los análisis de las variables individuales. Este análisis involucra el concepto de interacción densidad x variedad (DxV).

La interacción densidad x variedad puede ser interpretada, en parte, como resultado de una respuesta diferencial a diversos estreses ambientales, sequía y enfermedades.

2.6. Unidad de análisis

Se eligió como una unidad de análisis los experimentos del cultivo de quinua en la región Áncash (provincia de Ocos) y la región Huancavelica (provincia de Angaraes):

Investigación N.º 1. Áncash: A nivel de campo se probarán 5 variedades seleccionadas de quinua con 5 repeticiones con densidad D1: 25 cm. y D2: 20 cm, con 5 repeticiones y un testigo.

Investigación N.º 2. Huancavelica: A nivel de campo se probarán 5 variedades seleccionadas de quinua con 5 repeticiones con densidad D1: 25 cm y D2: 20 cm, con 5 repeticiones y 1 testigo.

La investigación será manejada mediante labores culturales (control de malezas y preparación del terreno); se realizará la siembra, depositando semillas en hilera, y luego hacer un desahije para su normal crecimiento.

Tabla N.º 2. Aleatorización de las cinco variedades de quinua.

		28m					
BLOQUE	→	T4	T2	T1	T5	T3	15m
BLOQUE	→	T2	T4	T3	T1	T5	
BLOQUE	→	T5	T1	T2	T3	T4	
BLOQUE	→	T3	T5	T4	T2	T1	
BLOQUE	→	T1	T3	T5	T4	T2	

Fuente: Elaboración propia. Ocos, Ancash (2011).

2.7 Población de estudio

A. Niveles de 5 variedades seleccionadas de quinua

Se evaluarán los efectos de las 5 variedades seleccionadas de quinua con 5 repeticiones en dos densidades de siembra en la región Áncash y región Huancavelica.

B. Densidad de plantas (D1 y D2)

Para cada selección en estudio se evaluarán los efectos de dos densidades de planta; cada densidad será diferenciada según el distanciamiento entre plantas individuales.

Tabla N.º 3. Características de la investigación N.º 1 y N.º 2

Características	Investigación N.º 1	Investigación N.º 2
N.º de tratamiento	5	5
N.º de repeticiones	3	3
N.º de surcos por parcela	5	5
Longitud de surcos	3 m	3 m
Distancia entre surcos	80 cm	80 cm
N.º de semilla/golpe	4	4
Fecha de siembra	15/set/2011	15/set/2011
Origen de la semilla	Puno	Puno
Área Total	(28x15) 420m ²	(28x15): 420m ²

Fuente: Elaboración propia (E. Espinoza M.).

2.8. Técnicas de recolección de datos

2.8.1. Variedades de quinua en investigación

A) Variedad Pasankalla (INIA 415)

Procedente de la EEA Illpa (Puno-Perú).



Planta de quinua (precoz)

Grano comestible

Figuras N.º 3 y N.º 4. Variedad de quinua roja (Pasankalla) y grano con alto contenido de proteína.

Fuente: Elaboración propia. Ocos, Áncash (2013).

B) Variedad Negra Collana (INIA 420)

Procedente del ensayo de validación en la Comunidad Campesina Collana (distrito de Cabana - Provincia de San Román. Puno, Perú)



Planta de quinua (precoz)

Grano comestible

Figuras N.º 5 y N.º 6. Variedad de quinua negra (N. Collana) y grano con alto de contenido proteínico.

Fuente: Elaboración propia. Ocos, Áncash (2013).

C) Variedad Salcedo (INIA)

Procedente de la Estación Experimental Salcedo (Puno-Perú).

Del cruce de Real Boliviana x Sajama



Planta de quinua

Grano comestible

Figuras N.º 7 y N.º 8. Variedad de quinua blanca de buen rendimiento de producción.

Fuente: Elaboración propia. Ocos, Áncash (2013).

D) Variedad Blanca de Junín

Esta variedad es propia de la región central del Perú.



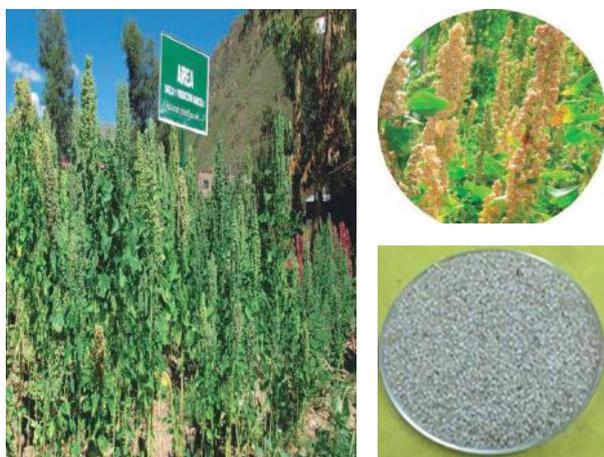
Planta de Quinua

Grano comestible

Figuras N.º 9 y N.º 10. Variedad de quinua blanca de buen rendimiento de producción.

Fuente: Elaboración propia. Ocos, Áncash (2013).

E) San Juan (testigo). Esta variedad es propia de la región Huancavelica (Angaraes), Perú.



Planta de quinua

Grano comestible

Figuras N.º 11 y N.º 12. Variedad de quinua blanca de buen rendimiento de producción

Fuente: Elaboración propia. Angaraes, Huancavelica (2014).

2.9. Características del campo de investigación

- Ubicación (Figura 13)

El presente trabajo de investigación se realizó desde setiembre del 2011 hasta setiembre del 2014, con 5 variedades de quinua en el terreno llamado Molle en la Región Áncash, cuyas coordenadas geográficas son: Latitud: 12°05'06" S. Longitud: 76°75'00" W. Altitud: 3,250 msnm. Con precipitación anual de 600 mm.

En Huancavelica (Angaraes), se realizó desde setiembre del 2011 hasta setiembre del 2014, con 5 variedades de quinua en el terreno llamado La Esperanza, con altitud de 3,250 msnm, con precipitación anual de 670 mm.



Fuente: Elaboración propia (2014).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Tablas N.º 4 y N.º 5 muestran los valores promedio de las variables evaluadas del rendimiento de quinua y de sus componentes. Además, se presenta el resumen del análisis de variancia de los factores en estudio y el coeficiente de variabilidad, correspondiente a la investigación N.º 1 y N.º 2, respectivamente.

Tabla N.º 4. Resultados de la Investigación N.º 1. Características morfológicas y componentes de rendimiento evaluados de quinua. (D1: 25 cm), Región Áncash.

N.º de entrada	Variedad	Rdto. grano seco		Inicio a floración (días)	Altura de planta (cm)	Altura de panoja (cm)	N.º de ramas	Peso de 1000 semillas (g)
		(g/par-cela)	(kg/ha)					
1	T1 Pasankalla	2.10	2,336.86	75	1.42	35.44	10.57	2.94
2	T2 Salcedo	2.34	2,613.94	83	1.74	41.42	12.31	3.31

3	T3 Negra C.	1.92	2,087.88	72	1.34	34.87	10.08	2.47
4	T4 Blanca J.	2.17	2,408.10	85	1.62	37.98	11.59	3.22
5	T5 San Juan	1.74	1,988.84	87	1.20	29.99	8.87	2.43
PROMEDIO		2.05	2,276.22	80.4	1.47	35.94	10.644	2.87
CV%		7.6%	7.7%	7.6%	8.5%	10.4%	6.1%	5.7%

Tabla N.º 5. Resultados de la Investigación N.º 2. Características morfológicas y componentes de rendimiento evaluadas de quinua. (D2: 20 cm), Región Áncash.

N.º de entrada	Variedad	Rdto. grano seco		Inicio a floración (días)	Altura de planta (cm)	Altura de panoja (cm)	N.º de ramas	Peso de 1000 semillas (g)
		(g/parcela)	(kg/Ha)					
1	T1 Pasankalla	2.372	2,636.87	75	1.44	36.82	10.362	2.93
2	T2 Salcedo	2.61	2,900.31	86	1.76	48.36	11.882	3.29
3	T3 Negra C.	2.22	2,467.88	72	1.35	35.63	10.072	2.45
4	T4 Blanca J.	2.528	2,717.70	86	1.66	45.58	11.228	3.19
5	T5 San Juan	2.13	2,368.31	87	1.32	32.42	8.078	2.39
PROMEDIO		2.372	2,618.21	81.2	1.51	39.762	10.3244	2.85
CV%:		9.2%	8.6%	6.2%	6.2%	6.6%	7.7%	5.9%

Fuente: Elaboración propia (2014).

3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

3.1.1. Análisis del componente de rendimiento de grano seco (kg/ha)

A. Investigación N.º 1 (Tabla N.º 6)

A)TRAT/BLOQ.	BLOQUES					Totales	Promedio
	I	II	III	IV	V		
T1 - Pasankalla	2,214.60	2,120.50	2,520.40	2,614.40	2,214.40	11,684.30	2,336.86
T2 - Salcedo INIA	2,480.30	2,713.50	2,721.30	2,344.30	2,810.30	13,069.70	2,613.94
T3 - N.Collana	2,113.30	2,213.30	1,935.20	2,264.30	1,913.30	10,439.40	2,087.88
T4 - Blanca Junín	2,416.40	2,444.10	2,412.30	2,351.30	2,416.40	12,040.50	2,408.10
T5 - San Juan(t)	1,925.24	2,035.30	1,727.34	2,121.32	1,862.34	7,944.20	1,988.84
							2,276.22

Fuente: Elaboración propia (2014).

De acuerdo a la Tabla N.º 6, se puede apreciar, en general, que los rendimientos obtenidos han sido bastante altos, indicándonos que las condiciones en que se ha llevado el cultivo han sido bastante favorables. Los rendimientos promedios fluctúan entre 1,988.84kg y 2,613.94 kg/ha,

correspondiente a los tratamientos T5 (testigo) y al T2 respectivamente, equivalente a un incremento del 31.4 %.

Como:

$$[1,988.84 \text{ es } 100\% \text{ y } 625.10 \text{ ser } \acute{x}] \rightarrow 625.10 \times 100 / 1,988.84 = 31.4\% \\ [2,613.94 - 1,988.84 = 625.10]$$

En la Tabla N.º 7, del análisis de variancia, se indica que, a un nivel de significación de 0.05, existen diferencias altamente significativas para variedades entre tratamientos para rendimiento; y, no se hallaron diferencias significativas entre bloques experimentales, de donde se desprende que las condiciones de estos fueron homogéneas.

El coeficiente de variabilidad obtenido fue de 7.7 %, el cual es considerado muy bueno, y por lo mismo, según Calzada (1982), los resultados son confiables. Ello indica un buen manejo del campo experimental y una leve variación de la diferencia entre los tratamientos, señalando una buena homogeneidad en la adquisición de datos.

Todos los tratamientos superan en rendimiento al testigo, destacándose en primer lugar T2 con 2,613.94 kg/ha para los tratamientos en orden decreciente y, el rendimiento promedio para este experimento fue de 2,276.22 kg/ha. Esto nos confirma que el peso de granos secos está asociado significativamente y en forma positiva con los días de floración, altura de planta y población de plantas a la cosecha, como lo señala Robles (1982).

Tabla N.º 7. Análisis de variancia: Resultados de la Densidad 1.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL.	SC.	CM.	Signif. Est.	Fcal.	Pr > F
Trat/Variedad (V)	4	1437500.569	359375.142	n.s	11.59	0.0001
BLOQUES (B)	4	40957.116	10239.279	n.s	0.33	0.88537
ERROR	16	496312.503	31019.531			
TOTAL	24	1974770.187				
CV(%)	7.7%					

Fuente: Elaboración propia (2014).

B. Investigación N.º 2 (Tabla N.º 8)

B)TRAT/BLOQ	BLOQUES					Totales	Promedio
	I	II	III	IV	V		
T1 - Pasankalla	2,614.62	2,720.52	2,520.52	2,714.42	2,614.45	13,184.34	2,636.87
T2 - Salcedo INIA	2,580.30	2,774.50	3,123.14	3,213.33	2,810.30	14,501.57	2,900.31
T3 - N.Collana	2,513.30	2,713.30	2,435.20	2,264.30	2,413.30	12,339.40	2,467.88
T4 - Blanca Junín	2,616.40	2,544.10	2,712.30	2,751.30	2,964.40	13,588.50	2,717.70
T5 - San Juan(t)	2,125.24	2,335.30	1,927.34	2,621.32	2,832.34	11,841.54	2,368.31
							2,618.21

De acuerdo a la Tabla N.º 8, se aprecia que los rendimientos han sido bastante altos, los rendimientos promedios fluctúan entre 2,368.31 kg/ha y 2,900.31kg/ha, correspon-

diente a los tratamientos T5 (testigo) y T2, equivalente a un incremento del 22.4 %. Como:

$$[2,368.31 \text{ es } 100\% \text{ y } 532 \text{ será } x] \rightarrow 532 \times 100 / 2,368.31 = 22.46\% \\ [2,900.31 - 2,368.31 = 532]$$

El rendimiento de grano promedio fue de 2,618.21 kg/ha.

En el Análisis de Variancia, existen diferencias no significativas para variedades entre tratamientos para la característica de rendimiento de grano seco y no se hallaron diferencias significativas entre bloques experimentales, de donde se desprende que las condiciones de estos fueron homogéneas.

El Coeficiente de Variabilidad obtenido fue de 8.6 %, el cual es considerado muy bueno y por lo mismo, los resultados, según Calzada (1982), son confiables, indicando un buen manejo del campo experimental entre los tratamientos, señalando una homogeneidad en la adquisición de datos.

Todos los tratamientos superan en rendimiento al testigo, destacándose en primer lugar T2 con 2,900.31 kg/ha para los tratamientos en orden decreciente y el rendimiento promedio para este experimento fue de 2,618.21 kg/ha, encontrándose este rendimiento por encima del promedio anual, según datos del Ministerio de Agricultura, MINAGRI (2014).

Esto nos confirma que, las altas densidades de siembra en el cultivo de quinua producen menor número de ramas y granos más pequeños, pero dan los más altos rendimientos hasta cierto límite, como lo señala Appadurri (1976).

Tabla N.º 9. Análisis de Variancia del resultado de la densidad 2.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Signif. Est.	Fcal.	Pr > F
Trat/Variedad (V)	4	830708.7515	207677.1879	n.s	4.07	0.0183
BLOQUES (B)	4	192220.4205	48055.1051	n.s	0.94	0.4651
ERROR	16	0816237.555	51014.847			
TOTAL	24	1839166.727				
CV(%)	8.6%					

Fuente: Elaboración propia con SAS, Software de Estadística (2014)

Tabla N.º 10. Prueba de Duncan

Densidad	Promedios	Duncan
D1	2,276.22	A
D2	2,618.21	B

Fuente: Elaboración propia (2014).

C. Del Anva combinado (DDxVV) de la Investigación N.º 1 y N.º 2.

De acuerdo a la Tabla N.º 11, los rendimientos fluctúan entre 2,178.575 kg/ha y 2,757.125 kg/ha, correspondiente a los tratamientos T5 y T2 respectivamente, equivalente a un incremento de 26.5 %.

Como:

$$[2,178.575 \text{ es } 100\% \text{ y } 578.55 \text{ será } x] \rightarrow 578.55 \times 100 / 2,178.575 = 26.56\% \\ [2,757.125 - 2,178.575 = 578.55]$$

El ANVA Combinado de la investigación N.º 1 y N.º 2 (Tabla N.º 11), se encontró en su fuente de variación altamente significativa para densidad y variedad, y no significativa para interacción (D xV) y bloque entre los tratamientos de rendimiento de grano seco.

Al realizar la prueba de Duncan, con un nivel de significación de 0.05, se corrobora lo hallado en el ANVA Combinado; se observa que T2 ocupa el primer lugar con 2,757.125 kg/ha, siendo diferente de los demás tratamientos estadísticos, y se observa que los tratamientos superan al testigo (T5).

El Coeficiente de Variabilidad obtenido fue de 8 %, el cual es considerado bueno y los resultados según Calzada (1982) son confiables, indicando un buen manejo del campo experimental.

Finalmente, según los resultados obtenidos podemos afirmar que a una alta densidad por el número de plantas podemos obtener mayor rendimiento. La explicación de este comportamiento podría hallarse en los resultados, lo cual corrobora lo dicho por Saray y Ugaz (1989), que el uso de la densidad óptima de siembra es aquella que permite obtener el más alto rendimiento por unidad de área y que produzca mayor ingreso económico neto.

Tabla N.º 11. Análisis de variancia combinado (DD x VV)

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	Signif. Est.	Fcal.	Pr > F
DENSIDAD (D)	1 (2-1)	1462084.200	1462084.200	**	37.35	<.0001
Trat/Variedad (V)	4 (5-1)	2272373.120	568093.280	**	14.51	<.0001
BLOQUES	4 (5-1)	173756.874	43439.219	n.s	1.11	0.3670
Interacción (DXV)	4 (4x1)	39530.375	9882.594	n.s	0.25	0.9063
Error experimental	36 (49-13)	1409198.705	39144.408			
Total Combinado	49	5356943.274				

CV(%) 8% * Significativo al nivel de 0.05

**Altamente significativo al nivel de 0.01

Tabla N.º 12. Prueba de Duncan

Orden de Mérito	Trat / Variedad	Promedios	Duncan
1º	T2 (Salcedo INIA)	2,757.125	A
2º	T4 (Blanca Junín)	2,562.90	A
3º	T1 (Pasankalla)	2,486.865	B
4º	T3 (Negra Colana)	2,277.88	B
5º	T5 (t) San Juan.	2,178.575	C

En la Prueba de Duncan: Los tratamientos por la misma letra no presentan diferencias significativas.

Fuente: Elaboración propia con SAS, Estadística (2014)

IV. CONCLUSIONES

- Las variedades que mejor se comportaron en todos los parámetros evaluados y que sobresalieron fueron las variedades de quinua: Salcedo INIA con 2,613.94 kg/ha, Blanca Junín con 2,408.10 kg/ha y Pasankalla con 2,336.86 kg/ha de rendimiento, las cuales demuestran un rendimiento altamente significativo y muestran buena calidad para la zona.

- La altura de planta y altura de panoja fue el componente de rendimiento más afectado por los factores en estudio, aunque no se detectaron diferencias de significación para la interacción de ambos factores (DxV). Se hallaron diferencias altamente significativas estadísticamente para genotipo y para la densidad de siembra.
- Con el aumento de densidad de plantas por hectárea hay un aumento en el promedio de la rentabilidad, siendo la mayor rentabilidad promedio de 76 % a la densidad mayor D2 (20cm), mientras que para la D1 (25cm) la rentabilidad disminuye a 72 %.
- El cambio climático implicará necesariamente en la remodelación y redefinición de nuevas políticas como la científico-tecnológica en hidrología, fundamentos de riego, producción agrícola de cultivos alimenticios andinos en la zona andina, medioambiente, y ordenamiento territorial del país.
- Finalmente, se encontró el más alto índice de rentabilidad con Salcedo INIA y Blanca Junín.

V. AGRADECIMIENTOS

El autor expresa gratitud especial a los docentes del doctorado de Ciencias Ambientales de la UNMSM. Gracias a las revisiones de la Dra. Betty Gaby Millan Salazar (CC. BB.) y Dra. Juaquina Albán Castillo (CC.BB.), quienes colaboraron como jurados informantes. A las autoridades del Instituto de Investigación de la FIGMMG de la UNMSM para la publicación de este artículo. Al Dr. Carlos Portales Cevallos (UNALM) por el apoyo en la parte estadística (Minitab y SAS).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Benites, R. (2014). Riego-MINAGRI. Lima, Perú.
2. Calzada, B. (1992). *Métodos Estadísticos*, UNALM. Lima, Perú.
3. Espinoza, E. (2009). *Cultivos Andinos*. Editorial Ramírez. Lima, Perú. 250 p.
4. Intergovernmental Panel Climate Change.(2007). Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.

