

## EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) Y CALIDAD DE GRANO CON APLICACIÓN DE NIVELES DE ESTIÉRCOL OVINO Y UREA

### Evaluation of the agronomic variables of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and grain quality with application of levels of sheep manure and urea

Gabriela Verónica Alcón Chigua<sup>1</sup>; Alejandro Bonifacio Flores<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Ante la escasa información sobre la aplicación de insumos como el estiércol y urea para mejorar el rendimiento y calidad del grano de quinua, se ha realizado la investigación a fin de evaluar las variables agronómicas de este cultivo con la aplicación de niveles de estiércol ovino y urea. El objetivo fue evaluar el crecimiento, días transcurridos a las fases fenológicas, rendimiento y la calidad de grano comercial para la variedad Jacha Grano. El ensayo fue establecido bajo el diseño de parcelas divididas en Bloques Completos al Azar, asignándose dosis de estiércol a la parcela principal (0, 2 y 4 t ha<sup>-1</sup>) y dosis de urea a la subparcela (0-0-0, 20-0-0 y 40-0-0) conformando nueve tratamientos en cuatro bloques, las variables fueron sometidas al análisis de varianza y pruebas de media Duncan. Los resultados muestran que las diferencias en altura de planta y longitud de panoja con aplicación de niveles de estiércol no fueron significativas, los niveles de urea presentaron diferencias significativas con 40 kgN ha<sup>-1</sup> obteniendo mayor altura de planta (100.96 cm) y longitud de panoja (22.26 cm). No se presentaron diferencias significativas para los días a la madurez fisiológica y severidad de mildiu, para el rendimiento, no hubo significancias con los niveles de estiércol, mientras que para los niveles de urea las diferencias fueron significativas de 4961.67 kg ha<sup>-1</sup> con 40 kgN ha<sup>-1</sup>. Para la calidad de grano comercial influyeron los niveles de estiércol y los niveles de urea, es posible obtener mayor cantidad de grano grande y menor peso de grano mediano y pequeño, aplicando fertilizantes. Los insumos aplicados mostraron tener efectos favorables en el crecimiento de la planta y en la calidad del grano, sin embargo no se evidenció diferencias sobre la severidad de la enfermedad del mildiu.

**Palabras clave:** Calidad de grano, Jacha Grano, estiércol, urea, rendimiento.

#### ABSTRACT

Given the limited information on the application of inputs such as manure and urea to improve the yield and quality of the quinoa grain, research has been carried out in order to evaluate the agronomic variables of this crop with the application of levels of sheep manure and urea. The objective was to evaluate the growth, days passed to the phenological phases, yield and commercial grain quality for the "Jacha" Grain variety. The trial was established under the design of plots divided into Random Complete Blocks, assigning doses of manure to the main plot (0.2 and 4 t ha<sup>-1</sup>) and dose of urea to the subplot (0-0-0, 20-0-0 and 40-0-0) conforming nine treatments in four blocks, the variables were subjected to the analysis of variance and Duncan tests. The results show that differences in plant height and panicle length with application of manure levels were not significant, urea levels showed significant differences with 40 kgN ha<sup>-1</sup> obtaining higher plant height (100.96 cm) and length of panicle (22.26 cm). There were no significant differences for the days at the physiological maturity and severity of mildew, for the yield, there was no significance with the levels of manure, while for the urea levels the differences were significant of 4961.67 kg ha<sup>-1</sup> with 40 kgN ha<sup>-1</sup>. For the quality of commercial grain, the levels of manure and the levels of urea were influenced, it is possible to obtain greater quantity of large grain and smaller weight of medium and small grain, applying fertilizers. The inputs applied showed favorable effects on plant growth and grain quality, however no differences were observed on the severity of mildew disease.

**Keywords:** Grain quality, Grain jacha, manure, urea, yield.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. bonifloresflores@gmail.com

<sup>2</sup> Investigador en cultivos andinos, Proinpa; Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie originaria de Los Andes, su domesticación y desarrollo se dieron gracias a la participación de grandes culturas como la Tiahuanacota e Incaica. Por ello, la quinua es una riqueza heredada de nuestros antepasados y actualmente aprovechados en la seguridad alimentaria por su alto valor nutricional y generaciones de ingresos (Bonifacio et al., 2003).

Actualmente el cultivo de la quinua ha trascendido las fronteras continentales, existen países fuera de la zona andina que están produciendo una cantidad significativa de quinua, existen datos de países en Asia, África y Europa que están trabajando de forma experimental con el cultivo (Salcedo y Santivañez, 2014).

Bolivia se consolidó hasta el 2013 como el principal productor de quinua a nivel mundial con 46%, pero actualmente Perú llega a ser el principal exportador y productor con 52%, dejando a Bolivia como el segundo productor. Esta situación hace que Bolivia busque alternativas competitivas de producción de quinua (CONACOPROQ, 2009 y MINAGRI, 2015).

La principal zona de producción en el país es el Altiplano, particularmente el Altiplano Sur, donde se cultivan grandes extensiones destinadas a la exportación. En el Altiplano Sur, por sus condiciones agroecológicas no es posible desarrollar en forma extensiva otro cultivo, esta zona y el Altiplano Central tienen amplia expansión del cultivo, mientras que en el Altiplano Norte las superficies son de menor extensión con mayor diversidad de cultivos. Otras zonas importantes de expansión son los valles interandinos, donde los suelos son más fértiles y se obtienen mejores rendimientos, sin embargo, es muy difícil lograr cultivos orgánicos (Risi et al. 2015).

Uno de los factores que está encareciendo a la quinua es la paulatina reducción del rendimiento. Para producir la misma cantidad de quinua se requiere cada vez más hectáreas, lo que implica mayor costo, que sumada la creciente demanda, la consecuencia es la ampliación de la frontera agrícola, lo que conlleva otra serie de problemas, incluyendo los del ámbito social, relacionados a la tenencia de tierras (Blajos et al. 2014).

La aplicación de insumos como el estiércol o urea mejoran el rendimiento de quinua, sin embargo, se tiene poca información sobre su aplicación. Las condiciones anteriores establecen la investigación, por ser una alternativa para incrementar los rendimientos en un contexto donde los bajos precios de comercialización de quinua no son alentadores. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar las variables agronómicas de la quinua y calidad de grano comercial con aplicación de niveles de estiércol ovino y urea.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el año agrícola 2016 a 2017 en los predios de la Fundación PROINPA (Centro de facilidades para la investigación Kiphakiphani), que se ubica en las coordenadas geográficas 16° 40' 30" de latitud sur y 68° 17' 68" de longitud oeste, a una altitud de 3880 m s.n.m.

### Metodología

El material vegetal que se utilizó fue la variedad Jacha Grano y como insumo estiércol de ovino (*Ovis aries*) y urea. La investigación se estableció bajo el diseño de parcelas divididas en Bloques Completos al Azar, asignándose dosis de estiércol a la parcela principal de 0, 2 y 4 t ha<sup>-1</sup> y dosis de urea a la subparcela 0-0-0, 20-0-0 y 40-0-0 conformando nueve tratamientos, establecidos en cuatro bloques. Las variables registradas fueron sometidas al análisis de varianza y pruebas de medias Duncan.

La parcela experimental tuvo un área total de 243 m<sup>2</sup>, área de la parcela grande fue 18 m<sup>2</sup>, área de la parcela pequeña de 6 m<sup>2</sup>, 36 unidades experimentales, distancia entre surcos de 0.5 m, se evaluaron dos surcos por unidad experimental (parcela útil), se identificaron seis plantas en forma aleatoria para el registro de las variables. La siembra se realizó el 22 de octubre de 2016, empleando el método de siembra a chorro continuo con una sembradora a tracción humana, la densidad de siembra fue de 8 kg ha<sup>-1</sup>.

La aplicación de estiércol maduro de ovino se realizó el 7 de diciembre de 2016 en surcos, cuando el cultivo se encontraba en fase de ramificación seguido de una labor de aporque. La aplicación de urea se realizó

después de la ramificación el 18 de diciembre de 2016 distribuyéndose a chorro continuo en los surcos con los niveles ya establecidos. Inmediatamente después se procedió con aporque superficial y con la aplicación de riego por aspersión. Las labores culturales como raleo, desmalezado, aporque y control fitosanitario se efectuaron para que el cultivo tenga las condiciones óptimas para su desarrollo.

La cosecha se realizó cuando el cultivo alcanzó la madurez fisiológica, el trillado fue mediante pisoteo consecutivo de las panojas sobre una lona. La limpieza del grano fue mediante el venteo manual para separar el grano de la broza y por último se procedió con el embolsado de los granos por unidad experimental con sus registros de identificación.

Se evaluó el crecimiento de la altura de la planta cada 15 días hasta que alcanzó su madurez fisiológica. Asimismo, se midió el tamaño de la panoja cuando el cultivo llegó a la madurez fisiológica. En cuanto a la severidad del mildiu, este fue evaluado según la escala porcentual en las plantas marbeteadas por unidad experimental y cuando los síntomas de la enfermedad fueron visibles (fase de floración). Los datos fueron tomados hasta el 70% de severidad, luego fue controlada con la aplicación de un fungicida.

La determinaron de los días a la madurez fueron de los días transcurridos desde la siembra hasta la madurez fisiológica del cultivo evidenciada por observación visual, cuando las plantas mostraron el amarillamiento general y consistencia el grano. El rendimiento se registró de la parcela útil de cada unidad experimental

que corresponde a dos metros cuadrados conformados por los surcos centrales. A la conclusión de la cosecha, trilla, venteado y lavado de grano, este fue pesado en una balanza digital.

La evaluación de la calidad del grano fue mediante la determinación del calibre por cada tratamiento, tomándose 100 g de muestra. Dicha cantidad fue vaciada en tamices para grano que clasifica según el diámetro, los granos de tamaño extra grande son  $>2$  mm, tamaño grande de 2 a 1.70 mm, mediano de 1.70 a 1.40 mm y pequeño con granos  $< 1.4$  mm. Una vez separado el grano según calibre, se registró el peso por cada categoría y se determinó el porcentaje de categoría de grano.

Los granos clasificados según su calibre fueron llevados a una probeta de 10 ml para determinar el peso hectolítrico ( $\text{kg HI}^{-1}$ ), el procedimiento fue realizado por cada tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de precipitación mensual registrados durante el periodo de cultivo entre los meses de octubre y marzo, muestran un rango de variación muy amplia, siendo mayor en enero y marzo con 104.4 y 92.9 mm respectivamente, mientras que en los meses de noviembre, diciembre y febrero se registraron precipitaciones de 23.0, 8.4 y 24.8 mm. La temperatura mínima descendió hasta  $-10^{\circ}\text{C}$  en el mes de octubre y el máximo de  $20.9^{\circ}\text{C}$  para el mes de diciembre. La media del periodo fue de  $12.1^{\circ}\text{C}$  (Figura 1).

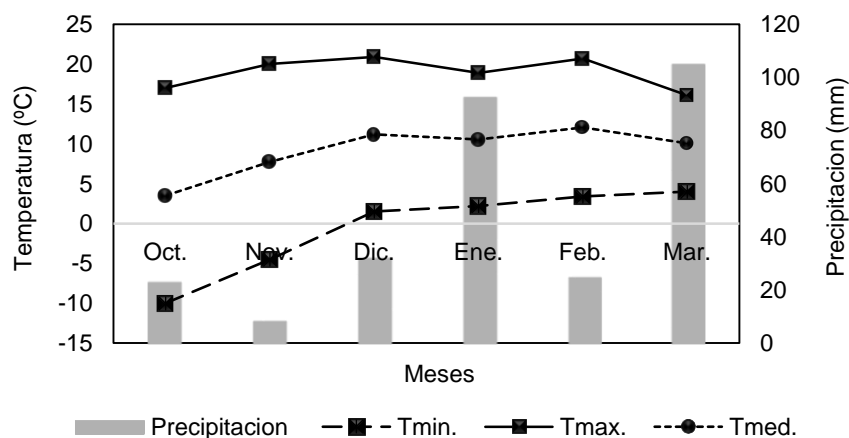


Figura 1. Precipitación, temperatura máxima, mínima y media mensual registrada en el Centro de K'iphak'iphani (2016 a 2017).

El análisis químico del suelo de la parcela experimental (Tabla 1), muestra un pH neutro, sin problemas de sales, determinados por la conductividad eléctrica. Tapia y Fries (2007) indican que el cultivo de la quinua prefiere pH del suelo neutro o ligeramente alcalino, aunque algunas variedades procedentes de los salares en Bolivia pueden soportar hasta un pH de 8, demostrando adecuación a suelos salinos.

El suelo tiene textura franco arenoso, Chilon (1997) reporta que, los suelos con textura franco arenosa, moderadamente gruesa contienen menos reserva de materia orgánica y nitrógeno, debido a que los materiales orgánicos se oxidan con mayor rapidez. El análisis químico de la parcela experimental antes de la siembra muestra que el contenido de nitrógeno total es de 0.05% que corresponde al rango bajo, por lo tanto contiene bajo contenido de materia orgánica. El contenido de potasio y fósforo se encuentra en un alto rango.

Bonifacio et al. (2003) mencionan que los suelos aptos para la variedad Jacha Grano son francos, franco arcilloso y arenoso, que responden a la fertilización química y orgánica.

Tabla 1. Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo de la parcela experimental.

Análisis físico químico del suelo	Interpretación	
Ph	7.35	Neutro
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0.157	No tiene problema de sales
Potasio intercambiable meq 100g <sup>-1</sup>	1.17	Alto
Nitrógeno total (%)	0.05	Bajo
Fósforo asimilable ppm	41.38	Alto
Textura del suelo	19.6% Y, 9 % L y 71.4% A	Franco arenoso

Y = arcilla; L = limo; A = arena.

### Crecimiento en altura de la planta

En la Figura 2 muestra el tipo de curva sigmoidea propia del crecimiento de las plantas, durante las primeras semanas los tratamientos tienen un comportamiento similar, esto se debe durante este tiempo no se aplicaron los niveles de estiércol y urea, también se observa que tiene un crecimiento lento. Después de la aplicación de estiércol, existe un incremento en el crecimiento, después de la aplicación de urea, existe un incremento acelerado del crecimiento de la planta hasta 3 de febrero de 2017 con notables diferencias.

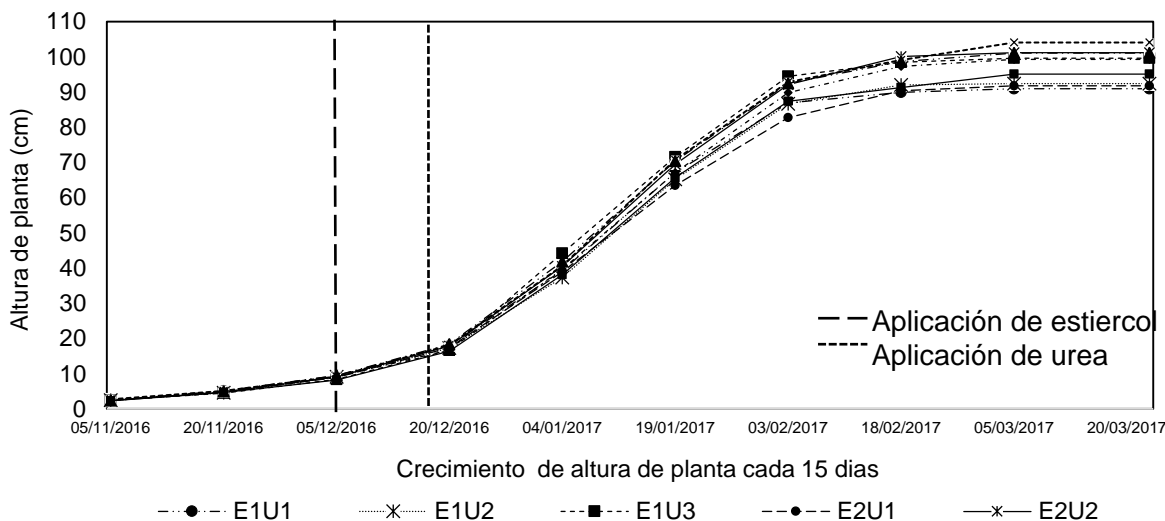


Figura 2. Curva de crecimiento en altura de la planta.

Según el resultado del análisis de varianza para altura de planta en fase de floración (Tabla 2), las diferencias observadas entre bloques para las dosis de estiércol y urea son significativas, lo cual indica que las condiciones del suelo tiene influencia en la variable. Los niveles de estiércol, niveles de urea y la interacción

de los niveles de estiércol con urea no presentan diferencias significativas. Esto se puede atribuir a la sequía y elevadas temperaturas, puesto que para la asimilación de nutrientes se necesita humedad adecuada en el suelo y la actividad microbiana en caso de la materia orgánica.

Tabla 2. Análisis de varianza para altura de planta en la fase de floración.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	1246.68	415.56	5.080	0.0437 *
Estiércol	2	0.33	0.17	0.003	0.9980 ns
Error de la parcela mayor	6	490.59	81.77		
Urea	2	119.91	59.95	2.220	0.1371 ns
Estiércol x urea	4	133.48	33.37	1.240	0.3306 ns
Error de la parcela menor	18	486.06	27.00		
Total	35	2477.05			

C.V. coeficiente de variación = 7.66%; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; p-valor = probabilidad; \* = significativo; ns = no significativo.

El análisis de varianza para altura de planta en fase de madurez muestra que las diferencias observadas entre bloques, estiércol y la interacción de estiércol por urea fueron no significativas, entendiéndose que sus efectos de dosis en el factor altura de planta actúan independientemente. En cuanto al factor urea, el resultado fue altamente significativo, esto muestra que utilizando diferentes niveles de urea permite lograr diferencias en altura de planta (Tabla 3).

La ausencia de diferencias significativas aplicando diferentes niveles de estiércol, se puede atribuir a que sus nutrientes son de disponibilidad lenta y también necesita que interactúen con la humedad del suelo, lo cual se dio por la sequía registrada en los meses de diciembre y febrero afectando negativamente en la asimilación de nutrientes por la planta.

Tabla 3. Análisis de varianza para altura de planta a la madurez.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	245.05	81.68	0.68	0.5947 ns
Estiércol	2	158.51	79.25	0.66	0.5500 ns
Error de la parcela mayor	6	718.77	119.79		
Urea	2	437.83	218.92	15.93	0.0001 **
Estiércol x urea	4	140.46	35.11	2.56	0.0743 ns
Error de la parcela menor	18	247.29	13.74		
Total	35	1947.91			

C.V. = 3.81%; \*\* = altamente significativo.

Los resultados de la prueba Duncan (Tabla 4), muestran que aplicando diferentes niveles de urea

existen dos grupos diferenciados. El primero formado por 40 kgN ha<sup>-1</sup> y 20 kgN ha<sup>-1</sup> que estadísticamente han demostrado ser similares alcanzando la mayor altura de planta. El tratamiento 0 kgN ha<sup>-1</sup> pertenece a otro grupo.

Estas diferencias radican en que la urea es rica en nitrógeno y de fácil solubilidad aun en condiciones de baja humedad, aplicando una mayor dosis se logró mayor altura de planta, ya que el nitrógeno que contiene es disponible inmediatamente para la planta y contribuye al crecimiento. Se ha constatado que a una mayor dosis corresponde una mayor altura de planta, mientras que sin la aplicación de urea se registró altura de planta más bajas.

Mamani y Bonifacio (2013) comprobaron que la variedad Jacha Grano con aplicación de estiércol tratado de 10 t ha<sup>-1</sup> lograron obtener altura de planta de 86.54 cm. Durante la investigación se determinó una mayor altura de planta de 100.96 cm aplicando 40-0-0, ya que la urea fue disponible inmediatamente.

En cuanto al estiércol tratado, Chilon (2010) indica que el compost es rico en nutrientes que son asimilados paulatinamente por la planta, lo que garantiza buenas cosechas.

Tabla 4. Prueba de medias Duncan, para altura de planta.

Urea	Medias (cm)	Significancia
40-0-0	100.96	A
20-0-0	98.19	A
0-0-0	92.58	B

### Tamaño de panoja a la madurez

Según los resultados del análisis de varianza para longitud de panoja que se presenta en la Tabla 5, las diferencias observadas entre bloques, estiércol y la interacción del estiércol con urea no fueron significativas. Pero las diferencias entre niveles de urea son significativas.

La ausencia de significancia estadística de las diferencias para las dosis de estiércol, se debe a los factores ambientales como la sequía (Figura 1), los nutrientes deben pasar por procesos de mineralización que requieren condiciones de humedad y temperatura adecuadas.

Tabla 5. Análisis de varianza para longitud de panoja a la madurez.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	6.44	2.15	0.11	0.9511 ns
Estiércol	2	22.72	11.36	0.58	0.5880 ns
Error de la parcela mayor	6	117.33	19.55		
Urea	2	39.05	19.52	3.80	0.0420 *
Estiércol x urea	4	22.11	5.53	1.08	0.3974 ns
Error de la parcela menor	18	92.47	5.14		
Total	35	300.11			

C.V. = 11.20%

Los resultados de la prueba Duncan (Tabla 6) evidencian que aplicando los niveles de urea se alcanzaron diferentes longitudes de panoja. El primero de ellos formado por la aplicación de 40-0-0 que fue el mejor por la obtención de mayor longitud de panoja, sin la aplicación de urea se alcanzó con una longitud de panoja más baja.

Los resultados demostraron que aplicando una mayor cantidad de nitrógeno se tiene mayor longitud de panoja, ya que el nitrógeno es uno de los elementos esenciales para el desarrollo de la planta y sin la aplicación de urea se determinó una menor longitud, esto se atribuye a la escases de nutrientes (urea) que no fue aplicado al suelo por tratarse del testigo.

Tabla 6. Prueba de Duncan para longitud de panoja a la madurez.

Urea	Medias (cm)	Significancia
40-0-0	22.26	A
20-0-0	21.63	A B
0-0-0	19.81	B

### Severidad del mildiu

Para los bloques las diferencias fueron altamente significativas (Tabla 7), indicando que existe diferencia en el terreno, debido a que al menos en uno de los bloques no tiene las mismas condiciones ambientales por lo cual se presentó variación en la severidad de mildiu, los demás factores resultaron ser no significativas. Bonifacio et al. (s.f.) señalan que el mildiu requiere de alta humedad relativa de ambiente y temperaturas frescas.

Dada la gran variabilidad de microclimas en las zonas de producción de quinua, las enfermedades se presentan con diferente intensidad.

Tabla 7. Análisis de varianza para severidad de mildiu.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	2147.57	715.86	10.55	0.0083 **
Estiercol	2	113.14	56.57	0.83	0.4789 ns
Error de la parcela mayor	6	406.99	67.83		
Urea	2	28.64	14.32	0.68	0.5174 ns
Estiércol x urea	4	47.03	11.76	0.56	0.6947 ns
Error de la parcela menor	18	377.93	21.00		
Total	35	3121.30			

C.V. = 15.59%

### Días a la madurez

Según los resultados del análisis de varianza (Tabla 8), las diferencias observadas entre bloques, dosis de estiércol, urea y la interacción de estiércol con urea, no presentan diferencias significativas. Esto indica que los insumos aplicados no influyeron en la precocidad de la quinua, puesto que ese carácter es de tipo genético y no ambiental.

Tabla 8. Análisis de varianza para días a la madurez.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	54.97	18.32	0.47	0.7123 ns
Estiércol	2	14.22	7.11	0.18	0.8368 ns
Error de la parcela mayor	6	232.44	38.74		
Urea	2	9.39	4.69	0.56	0.5797 ns
Estiércol x urea	4	4.94	1.24	0.15	0.9615 ns
Error de la parcela menor	18	150.33	8.35		
Total	35	466.31			

C.V. = 1.79%

### Rendimiento

La Tabla 9 de análisis de varianza, determina la no significancia entre bloques, estiércol y la interacción de estiércol con urea, mostrando que no se tuvo efecto directo en el rendimiento. Mientras para el factor urea las diferencias observadas son altamente significativas.

Tabla 9. Análisis de varianza para rendimiento de grano.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	3774318.75	1258106.25	1.50	0.3082 ns
Estiercol	2	3104029.17	1552014.58	1.84	0.2374 ns
Error de la parcela mayor	6	5047587.50	841264.58		
Urea	2	10097262.50	5048631.25	15.05	0.0001 **
Estiercol x urea	4	1513720.83	378430.21	1.13	0.3746 ns
Error de la parcela menor	18	6040000.00	335555.56		
Total	35	29576918.75			

C.V. = 13.36%

La Tabla 10 de prueba de medias para rendimiento de grano con dosis de urea, muestra que con la aplicación de 40 kgN ha<sup>-1</sup> se obtiene mayor rendimiento, para el nivel 20 kgN ha<sup>-1</sup> se tiene menor rendimiento, el más bajo rendimiento se tuvo con el nivel 0 kgN ha<sup>-1</sup>.

Con la aplicación de niveles de urea, las diferencias significativas en los rendimientos, se debió a los diferentes niveles de oferta de nitrógeno, por ser esencial para el desarrollo de la planta y síntesis de la clorofila, que está involucrada en el proceso de la fotosíntesis. Con una mayor oferta de nitrógeno se obtuvo mayor rendimiento y sin la aplicación de urea se determinó bajos rendimientos atribuibles a la deficiencia de nutrientes.

Tambo (2014) demostró que al incorporar estiércol tratado de llama, para la variedad Jacha Grano alcanzaron los mayores rendimientos. Aplicando 10 t ha<sup>-1</sup> de estiércol obtuvo un rendimiento de 4862 kg ha<sup>-1</sup>, con el nivel de 10 t ha<sup>-1</sup> de humus de lombriz logró obtener 3270 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el testigo reportó 3207 kg ha<sup>-1</sup>. Estos resultados son similares al presente trabajo de investigación, pero el estiércol tratado y humus de lombriz requieren mayor inversión de tiempo y trabajo.

Tabla 10. Prueba de Duncan para el rendimiento de grano.

Urea	Medias (kg ha <sup>-1</sup> )	Significancia
40-0-0	4961.67	A
20-0-0	4380.42	B
0-0-0	3666.67	C

### Calidad del grano

El análisis de varianza de la Tabla 11 para tamaño de grano grande, muestra diferencias no significativas

para los bloques y para la interacción de estiércol con urea. Para el factor estiércol se determinó que presenta significancia al 5% de probabilidad, esto indica que aplicando diferentes niveles de estiércol de ovino se logra obtener diferencias en grano grande, los niveles de urea alcanzaron diferencias altamente significativas, lo cual demuestra que al menos uno de los niveles influye en el contenido de granos de tamaño grande.

Tabla 11. Análisis de varianza del peso de grano grande por cada 100 g de muestra.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	101.65	33.88	1.99	0.2172 ns
Estiercol	2	240.68	120.34	7.06	0.0265 *
Error de la parcela mayor	6	102.23	17.04		
Urea	2	380.87	190.44	40.39	0.0001 **
Estiercol x urea	4	18.58	4.65	0.99	0.4404 ns
Error de la parcela menor	18	84.87	4.72		
Total	35	928.88			

C.V. = 13.76%

La Tabla 12 muestra los diferentes pesos obtenidos con la aplicación de los niveles de estiércol, determinados mediante pruebas Duncan para tamaño de grano grande. Se formaron tres grupos, aplicando 4 t ha<sup>-1</sup> de estiércol de ovino se logra obtener el mayor promedio de grano grande de los 100 g de quinua clasificados, siendo su promedio significativamente superior a los registrados por los otros niveles de estiércol, sin la aplicación de estiércol se tiene el promedio más bajo de grano grande por cada 100 g de muestra.

La connotación práctica de este resultado es que se puede incrementar la proporción de grano grande cuando se aplica estiércol, lo cual tiene relación directa con la calidad comercial del producto. Además se trata de un insumo orgánico.

Tabla 12. Prueba de Duncan para el tamaño de grano grande con niveles de estiércol.

Estiércol	Medias (g)	Significancia
4 t ha <sup>-1</sup>	18.93	A
2 t ha <sup>-1</sup>	15.80	A B
0 t ha <sup>-1</sup>	12.60	B

Mediante las comparaciones de Duncan (Tabla 13) para tamaño de grano grande con aplicación de niveles de urea, se determinaron tres grupos diferenciados. El primero de ellos formado por 40-0-0 que ha demostrado tener el mejor promedio de tamaño de grano grande

de los 100 g de grano clasificados, y 0-0-0 presenta promedio más bajo de grano grande.

La fertilización convencional tiene relación directa aplicando urea al cultivo, los nutrientes en su mayoría son disponibles para el cultivo, entonces se pudo observar un incremento en la proporción de grano grande.

Tabla 13. Prueba de Duncan para el peso de grano para tamaño de grano grande niveles de urea.

Urea	Medias (g)	Significancia
40-0-0	19.29	A
20-0-0	16.59	B
0-0-0	11.45	C

La Tabla 14 de análisis de varianza para tamaño de grano mediano, muestra la no significancia para bloques y la interacción de la aplicación de estiércol con urea. Mientas para el factor estiércol el resultado fue significativo, esto muestra que aplicando niveles de estiércol se logra obtener diferentes tamaños de grano mediano de los tratamientos. En cuanto al factor urea, las diferencias observadas son altamente significativas.

Tabla 14. Análisis de la varianza tamaño de grano mediano.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	81.45	27.15	2.33	0.1737 ns
Estiercol	2	254.38	127.19	10.92	0.0100 *
Error de la parcela mayor	6	69.87	11.64		
Urea	2	353.64	176.82	36.82	0.0001 **
Estiercol x urea	4	26.74	6.69	1.39	0.2764 ns
Error de la parcela menor	18	86.43	4.80		
Total	35	872.51			

C.V. = 2.72%

La prueba de Duncan realizada para el tamaño de grano mediano con aplicación de niveles de estiércol, muestra que sin la aplicación de estiércol se obtuvo 83.81 g, los niveles de estiércol de 2 y 4 t ha<sup>-1</sup>, que estadísticamente demostraron ser iguales, alcanzaron promedios bajos de peso de 80.38 g y 77.30 g respectivamente, para tamaño de grano mediano (Tabla 15).

Tabla 15. Prueba de Duncan para el tamaño de grano mediano con aplicación de niveles de estiércol.

Estiércol	Medias (g)	Significancia
0 t ha <sup>-1</sup>	83.81	A
2 t ha <sup>-1</sup>	80.38	B
4 t ha <sup>-1</sup>	77.30	B

En la Tabla 16 se observa los diferentes pesos de grano determinados mediante la prueba de media Duncan para tamaño de grano mediano con aplicación de niveles de urea; sin la aplicación de urea reportó mayor cantidad de grano mediano, con la aplicación de 20-0-0 se obtuvo un peso intermedio y con el nivel de 40-0-0 de urea se obtuvo el peso más bajo de grano mediano.

Tabla 16. Prueba de Duncan para el tamaño de grano mediano con aplicación de niveles de urea.

Urea	Medias (g)	Significancia
0-0-0	84.58	A
20-0-0	79.94	B
40-0-0	76.97	C

El análisis de varianza para tamaño de grano pequeño determinó la no significancia para todos los factores (Tabla 17).

Tabla 17. Análisis de varianza del tamaño de grano pequeño.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Bloque	3	6.37	2.12	2.45	0.1610 ns
Estiercol	2	0.57	0.29	0.33	0.7302 ns
Error de la parcela mayor	6	5.19	0.87		
Urea	2	1.59	0.80	1.09	0.3577 ns
Estiercol x urea	4	5.31	1.33	1.81	0.1701 ns
Error de la parcela menor	18	13.17	0.73		
Total	35	32.21			

C.V. = 20.79%

### Peso hectolítrico

En la Tabla 18 se muestra la no significancia para los factores estiércol, bloques y la interacción de estiércol con urea. Los niveles de urea aplicados a las unidades experimentales lograron obtener resultados significativos, por lo que se tiene diferentes proporciones de peso hectolítrico para grano grande.



Tabla 18. Análisis de la varianza de peso hectolítrico para grano grande.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	1.00	0.33	0.71	0.5626 ns
Estiercol	2	0.72	0.36	0.76	0.5060 ns
Error de la parcela mayor	6	2.83	0.47		
Urea	2	5.06	2.53	9.75	0.0014 *
Estiércol x urea	4	2.28	0.57	2.20	0.1104 ns
Error de la parcela menor	18	4.67	0.26		
Total	35	16.56			

C.V. = 20.79%

Como se observa en la Tabla 19, sin la aplicación de urea se halla mayor promedio de peso hectolítrico, con la aplicación de 20-0-0 y 40-0-0 se tienen promedios bajos de peso para grano mediano. De acuerdo a SAGARPA (2003), los granos de menor tamaño tienen mayor peso hectolítrico y producirán mayor cantidad de harina.

Tabla 19. Pruebas de media Duncan de peso hectolítrico para grano grande.

Urea	Medias (kg HI <sup>-1</sup> )	Significancia
0-0-0	74.92	A
20-0-0	74.17	B
40-0-0	74.08	B

De acuerdo a la Tabla 20 del análisis de varianza para peso hectolítrico para grano mediano, se observaron diferencias no significativas para todos los factores, lo cual señala que aplicando diferentes niveles de estiércol y de urea no se logra obtener peso hectolítrico diferentes.

Tabla 20. Análisis de varianza del peso hectolítrico para grano mediano.

FV	GL	SC	CM	Fc	p-valor
Bloque	3	0.33	0.11	0.14	0.9337 ns
Estiercol	2	0.72	0.36	0.45	0.6585 ns
Error de la parcela mayor	6	4.83	0.81		
Urea	2	2.06	1.03	1.34	0.2874 ns
Estiercol x urea	4	3.44	0.86	1.12	0.3778 ns
Error de la parcela menor	18	13.83	0.77		
Total	35	25.22			

C.V. = 1.14%

## CONCLUSIONES

Para el crecimiento de plantas, el factor estiércol no influyó y el factor urea si lo hizo en las alturas de planta y en la longitud de panoja a la madurez, aplicando 40 kgN ha<sup>-1</sup> se logró mayor altura de planta (100.96 cm) y de longitud de panoja (22.26 cm).

La aplicación de dosis de estiércol y urea, demostraron que no influyen en los días a la madurez fisiológica y también a la severidad de mildiu en la variedad Jacha Grano.

La fertilización orgánica y química permitió incrementar los rendimientos de quinua. Con la aplicación de niveles de estiércol se determinaron rendimientos similares, en tanto que con los niveles de urea se hallaron diferencias significativas, obteniendo un mayor rendimiento de 4961.67 kg ha<sup>-1</sup> con aplicación de 40 kgN ha<sup>-1</sup> de urea.

Aplicando estiércol y urea es posible obtener mayor cantidad de grano grande y menor peso de grano mediano y pequeño, con el nivel de estiércol de 4 t ha<sup>-1</sup> y urea de 40 kgN ha<sup>-1</sup> se determinaron mayor peso de grano grande.

Para el peso hectolítrico para el grano grande, con dosis de estiércol mostraron diferencias no significativas, pero con dosis de urea mostraron diferencias significativas, aplicando niveles de 40 kgN ha<sup>-1</sup> se determinó 74.08 kg HI<sup>-1</sup> y con el testigo fue 74.92 kg HI<sup>-1</sup>.

Los niveles de estiércol y los niveles de urea, tienen efectos de manera independiente en las variables agronómicas evaluadas.

## AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento al Centro de Investigación Kiphakiphani y a la Fundación PROINPA (Proyecto Quinua McKnight) por las facilidades proporcionadas para el trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

Blajos, J., Ojeda, N., Gandarillas, E., Gandarillas, A. 2014. Economía de la quinua: perspectivas y desafíos. Fundación PROINPA. Revista de agricultura, Nro. 54. pp. 3-10.

Bonifacio, A., Vargas, A., Aroni, G. 2003. Variedad "Quinua Jacha Grano" ficha técnica N°6, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 4 p.

Bonifacio, A., Vargas, A., Alcon, M., Apaza, R. s.f. Resistencia de la quinua frente a la enfermedad del mildiu. Disponible en: <http://www.proinpa.org.pdf>. Consultado el 23 marzo 2017.

Chilón, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas: prácticas de campo, invernadero y laboratorio. Edición, CIDAT. La Paz, Bolivia. 185 p.

Chilón, E. 2010. Compostaje alto Andino, suelo vivo y cambio climático. *CienciAgro*. v 2, n. 1. 221-227.

CONACOPROQ (Consejo Nacional de Comercializadores y Productores de Quinua). 2009. Política nacional de la quinua. MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). 45 p.

Mamani, I., Bonifacio, A. 2013. Efecto del estiércol de llama (*Lama glama*) mejorado en la calidad de grano de quinua (*Chenopodium quinua* Willd). In Vargas, M. Congresos Científico de la Quinua (Memoria). Facultad de agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. pp. 192-202.

MIRAGRI (Ministerio de agricultura y riego, Perú). 2015. Perú el principal productor de quinua del mundo según la FAO. Disponible en: <http://www.gestion.pe/economía/miragri-peru-principal-productor-quinua-mundo-según-organismos-internacionales-2121076>. Consultado el 15 septiembre 2017.

Risi, J., Rojas, W., Pacheco, M. (Eds.). 2015. Producción y mercado de la quinua en Bolivia. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). La Paz, Bolivia. 316 p.

Salcedo, S., Santibáñez, T. 2014. Recetario internacional de la quinua: tradición y vanguardia. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 191 p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2003. Programa de investigación en calidad de trigo. Instituto de Ciencias Agrícolas. México. 5 p.

Tambo, F. 2014. Evaluación del efecto de abonos orgánicos en variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro experimental de Kiphakiphani, Viacha. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 124 p.

Tapia, M., Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE. Lima. 109 p.

Artículo recibido en: 25 de abril 2018

Aceptado en: 5 de junio 2018