

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) CON LA APLICACIÓN DE NIVELES DE ESTIÉRCOL CAMÉLIDO

Agronomic behavior of the quinoa crop (*Chenopodium quinoa* willd.) with the application of levels of camelid manure

Elizabeth Chino Nicolas¹; Roberto Miranda Casas²; Carmen R. Del Castillo Gutiérrez²

RESUMEN

Para el altiplano Boliviano, el cultivo de quinua se ha convertido en uno de los alimentos de mayor interés socioeconómico en el mercado nacional, además de ser un cultivo de alto valor nutricional. Se han desarrollado investigaciones aplicando niveles de abonos orgánicos, sin embargo, existe la duda que para la producción intensiva de este grano se puedan obtener mayores rendimientos aplicando mayores dosificaciones, o de ser así que estas no sean recomendables. El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de quinua con la aplicación de dos niveles de estiércol de llama. La investigación fue en la Estación Experimental Patacamaya, del departamento de La Paz, la metodología consistió en el establecimiento de 6 tratamientos compuestos por dos factores que fueron 0, 20 y 30 t ha⁻¹ de estiércol y la variedad Jacha Grano y accesión 1474 de quinua dispuestos en un diseño experimental de bloques completos al azar, se efectuaron análisis de varianza y comparación de medias por Tukey. Para las variables altura de la planta, número de ramificaciones, diámetro del tallo, longitud de la panoja, diámetro de la panoja y rendimiento, no se hallaron diferencias significativas considerando solamente los niveles de estiércol pero si hubo diferencias para la variedad y accesión de quinua. El rendimiento del grano limpio fue mayor de 2083.33 kg ha⁻¹ para la variedad Jacha Grano con la aplicación de 20 kg ha⁻¹ de estiércol, mientras que la accesión 1474 con la aplicación del mismo nivel de estiércol obtuvo el mínimo rendimiento de 1250.00 kg ha⁻¹. La aplicación del estiércol fue durante la siembra del cultivo, provocando la no significancia en muchas de las variables agronómicas, por lo cual se recomienda realizar su aplicación en los meses de enero a febrero antes de la siembra por efecto de la descomposición.

Palabras clave: *Chenopodium quinoa* Willd., Jacha Grano, accesión 1474, estiércol camélido, variables agronómicas.

ABSTRACT

For the Bolivian highlands, the cultivation of quinoa has become one of the foods of greater socioeconomic interest in the national market, besides being a crop of high nutritional value. Research has been carried out applying levels of organic fertilizers, however, there is doubt that for intensive production of this grain higher yields can be obtained by applying higher dosages, or if they are not recommendable. The objective of the research was to evaluate the agronomic behavior of the quinoa crop with the application of two levels of llama manure. The research was at the Patacamaya Experimental Station, department of La Paz, the methodology consisted in the establishment of 6 treatments composed of two factors that were 0, 20 and 30 t ha⁻¹ of manure and the variety Jacha Grain and accession 1474 of quinoa arranged in an experimental design of randomized complete blocks, analysis of variance and comparison of means were made by Tukey. For the variables height of the plant, number of branches, diameter of the stem, length of the panicle, panicle diameter, and yield, no significant differences were found considering only the manure levels but there were differences for the variety and accession of quinoa. The yield of clean grain was greater than 2083.33 kg ha⁻¹ for the variety Jacha Grain with the application of 20 kg ha⁻¹ of manure, while the accession 1474 with the application of the same level of manure obtained the minimum yield of 1250.00 kg ha⁻¹. The application of the manure was during the sowing of the crop, causing the non-significance in many of the agronomic variables, thus it is recommended to apply it in the months of January to February before planting due to the effect of decomposition.

Keywords: *Chenopodium quinoa* Willd., Jacha Grain, 1474 accession variety, camelid manure, agronomic variables.

¹ Profesional Independiente, Bolivia. elizabethchinonicolas@gmail.com

² Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

Para el altiplano Boliviano, con el pasar de los años el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) se ha convertido en uno de los alimentos de mayor interés socioeconómico en el mercado nacional, además de ser un cultivo de alto valor nutricional según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), su contenido de proteínas la convierte en excelente sustituto de la carne, lácteos y huevos e ideal para la alimentación de la población (MDRyT, 2009).

Gonzales (s.f.), señala que las exportaciones bolivianas del quinua, durante el año 2012 bordearon las 26 mil toneladas por un valor de 80 millones de dólares americanos, muy distantes de las 2 mil toneladas exportadas el 2002 por un monto de 2 millones de dólares americanos, habiendo crecido casi 40 veces más que hace 10 años, por lo mismo el año 2013 fue declarado el año internacional de la quinua, basado en la necesidad de aumentar la conciencia del público respecto de las propiedades nutritivas, económicas, ambientales y culturales, para su consumo y su producción.

Miranda et al. (2012), determinaron que la quinua necesita entre 15 a 30 kg de magnesio por hectárea y que para producir una tonelada de quinua, la planta requiere 19 kg de nitrógeno, siendo la eficiencia de uso del nitrógeno de 53 kg de grano por cada kilogramo de nitrógeno extraído por el grano, además señalan que la quinua extrae del suelo entre 45 a 50 kg de nitrógeno para la producción de aproximadamente 1800 kg de grano, es decir que para producir el grano con elevada calidad proteica, el cultivo requiere de 35 kg de nitrógeno por cada 1000 kg de grano.

Huanca (2008), demostró que con la aplicación de riego deficitario y abono orgánico ovino los rendimientos fueron buenos, llegando a obtener con dosis de 5 t ha⁻¹, un rendimiento mayor a 1320 kg ha⁻¹ en condiciones de riego deficitario. García et al. (s.f.), en Oruro, Bolivia, obtuvieron rendimientos de quinua de 2847 kg ha⁻¹ con aplicaciones de abonamiento químico de 120 kg de nitrógeno siendo el rendimiento de 407 kg ha⁻¹, cuando no se aplicó fertilizante alguno. Mamani y Bonifacio (2013), mencionan que la aplicación del estiércol de llama (*Lama glama*) tratado e incorporado al cultivo tiene efectos favorables en la altura de la planta y el rendimiento del grano,

diferenciándose estadísticamente en los tratamientos, obteniendo 3592.5 y 3447.5 kg ha⁻¹ con dosis de estiércol tratado y 2617.5 kg ha⁻¹ con el testigo que no ha tenido estiércol.

Mamani (2014), manifiesta que dentro de los abonos orgánicos los rendimientos más altos se atribuyen a los tratamientos con aplicación estiércol fresco de llama de 5 y 10 t ha⁻¹, llegando a obtener rendimientos del grano de quinua de 3592.5 y 3447.5 kg ha⁻¹ respectivamente.

Se han desarrollado diversas investigaciones para la quinua aplicando niveles de dosificación de abonos orgánicos, sin embargo, existe la duda que para la producción intensiva de este grano se puedan obtener mayores rendimientos aplicando mayores dosificaciones, o en caso contrario concluir que las dosificaciones con niveles de abonamiento mayores a los estudiados por algunos autores, no sean recomendables, es por estas razones que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el comportamiento agronómico del cultivo de quinua con la aplicación de dos niveles de estiércol de llama.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

La investigación fue desarrollada en el periodo agrícola comprendido entre octubre del año 2013 a mayo del 2014, en la Estación Experimental Patacamaya, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicada geográficamente entre las coordenadas 17° 15' 41.72" de latitud sur, 67° 56' 39.09" de longitud oeste, a una latitud de 3796 m s.n.m.

Metodología

Se utilizó estiércol de llama proveniente del municipio de Curahuara de Carangas, previamente descompuesto en la misma comunidad. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con tres bloques y seis repeticiones, utilizando tres niveles de estiércol camélido, en una variedad y accesión de quinua, en total fueron 18 unidades experimentales con un área de 20 m² cada una, los tratamientos se muestran en la Tabla 1. Se realizó comparación de medias por Tukey a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 1. Tratamientos evaluados para la evaluación del comportamiento agronómico de la quinua bajo la aplicación de estiércol camélido.

Tratamientos	Nivel de estiércol de llama (t ha ⁻¹)	Variedad/accesión de quinua
1	0	Accesión 1474
2	20	Accesión 1474
3	30	Accesión 1474
4	0	Variedad Jacha Grano
5	20	Variedad Jacha Grano
6	30	Variedad Jacha Grano

La siembra fue realizada el 5 de noviembre de 2013 por el método al voleo por surcos con una densidad de 8 kg ha⁻¹, la distancia entre surcos fue de 0.50 m, obteniendo por unidad experimental 50 plantas, donde se tomaron tres muestras al azar para ser evaluadas cada 15 días, las variables estudiadas en la etapa de emergencia, floración y panojamiento fueron: altura de la planta, número de ramas, diámetro del tallo, longitud de la panoja, diámetro de la panoja y rendimiento.

La altura de la planta fue medida después de la emergencia, 30 días después de la siembra, desde la base de la planta hasta el ápice del mismo, las mediciones se realizaron desde el 5 de diciembre de 2013 al 6 de marzo de 2014, el número de ramas fue evaluado cuando las plantas obtuvieron cinco hojas alternas, hasta la floración de la misma, registrándose desde el 5 de diciembre 2013 al 6 de marzo 2014. El diámetro del tallo fue medido, con un calibrador mecánico vernier, desde la fase de panojamiento hasta la fase de grano pastoso, registrado desde el 26 de diciembre de 2013 hasta el 3 de abril de 2014. La longitud de la panoja fue evaluada desde la fase de floración hasta la madurez fisiológica, desde el 19 de febrero de 2014 hasta el 3 de abril de 2014. El diámetro de la panoja fue evaluado desde la fase de floración hasta la madurez fisiológica, desde el 19 de febrero de 2014 al 3 de abril de 2014. Para el rendimiento del grano limpio se cosechó la parcela útil constituida por los surcos centrales, eliminando todo efecto de bordura, la cosecha fue por planta y por unidad experimental, el corte fue en el cuello de la planta, la trilla fue utilizando sacos malla milimétrica.

Cuando las plántulas alcanzaron el vigor necesario y presentaron de 6 a 8 hojas verdaderas, se eliminaron las plántulas más pequeñas y débiles, a fin de evitar la competencia entre plantas y la asimilación de nutrientes del suelo, asimismo se realizó el deshierbe las veces necesarias, eliminando toda la maleza comprendida por *Brassica campestris*, *Hordeum*

muticum y *Erodium cicutarium*.

Se presentaron dos plagas desde la fase de floración hasta la fase de grano pastoso que fueron *Copitarsia incommoda* y *Eurysacca quinoae*, ambas plagas fueron controladas con el insecticida Karate y Gomax Plus que son humectante y adherente. El control de la humedad del suelo fue dos veces por semana, dependiendo de la precipitación, utilizando un TDR (Reflectometría en el Dominio del Tiempo por sus siglas en inglés), la lectura fue hasta los 50 cm de profundidad, por unidad experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones climáticas

Según el SENAMHI (2014) mediante datos registrados en la estación meteorológica de Patacamaya, la precipitación total registrada durante la evaluación fue 393.6 mm, los mayores eventos de precipitación fueron entre enero y febrero (Figura 1), superiores a las gestiones anteriores, con lo cual se corrobora que fue un año húmedo. Al inicio del mes de enero, las parcelas de fueron inundadas afectando al cultivo. García, Miranda y Fajardo (s.f.), señala que después de la fase de grano lechoso, la fase de floración es la más sensible a la falta de agua, que incluso un déficit de agua reduce fuertemente los rendimientos en forma desproporcionada, por lo que se puede señalar que la precipitación fue favorable para el cultivo.

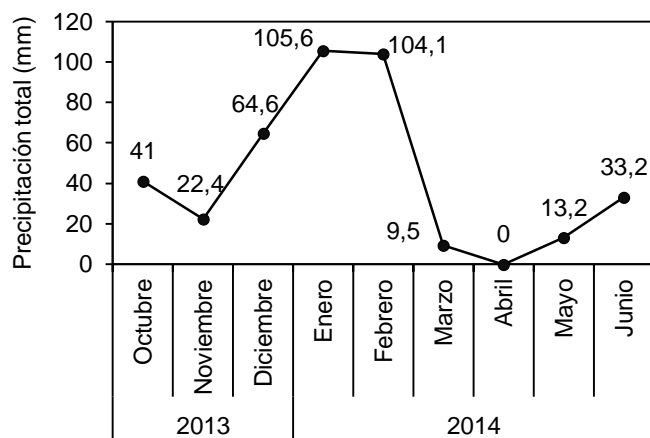


Figura 1. Precipitación mensual durante la gestión agrícola 2013-2014.

Durante el periodo de la investigación se tuvo mayor humedad relativa en los meses de diciembre (71.3%), enero (64.2%) y febrero (65.8%) (Figura 2) en las fases de emergencia, panojamiento y floración, evitando que las plantas requieran de precipitaciones elevadas.

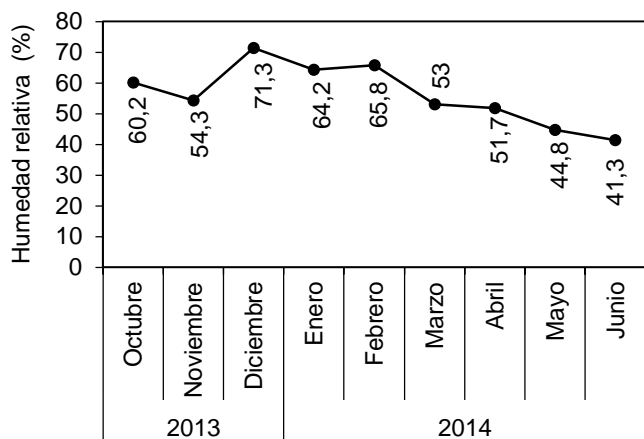


Figura 2. Humedad relativa media durante la gestión agrícola 2013-2014.

Se registró las temperaturas máximas, mínimas y media mensual como se muestra en la Figura 3, la máxima fue 19.7°C en el mes de noviembre, seguido del mes de marzo con 19°C. La temperatura mínima registrada fue en mayo y junio con -3.9°C y -5.1°C respectivamente.

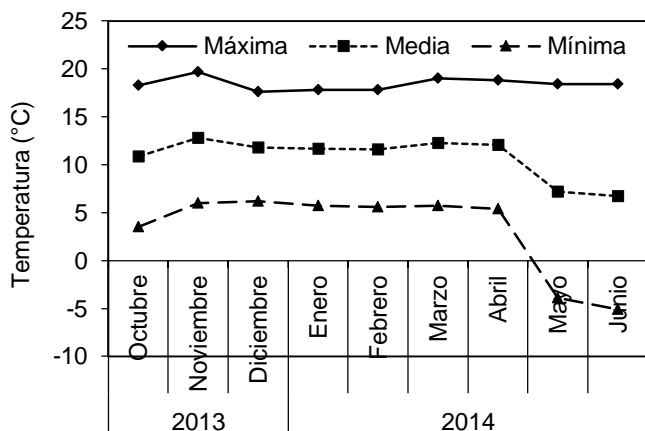


Figura 3. Temperaturas máximas, mínimas y medias durante la gestión agrícola 2013-2014.

En la zona de estudio se tuvieron tres eventos de granizadas en abril, el primer evento fue el de mayor riesgo que provocó la pérdida de grano e incluso la caída de algunas plantas, los siguientes eventos fueron de menor magnitud pero de consideración.

Altura de la planta

El análisis de varianza para la variable altura de la planta, mostró que para la fase después de la emergencia (a los 30 días, cuando se obtuvo 4 hojas verdaderas) estadísticamente resultó significativo en

los niveles de abonamiento a las cuales fueron sometidas la variedad Jacha grano y la Accesoión 1474. La fase de panojamiento demostró una diferencia significativa en la variedad y accesoión. En la fase de floración se observó que ninguna de las variables en estudio fueron significativas en los niveles de abonamiento aplicados en la variedad y accesoión de quinua. Huanca (2008) reportó que no existen diferencias significativas para la variable altura de planta por la aplicación de estiércol ovino en cantidades de 0.5 y 10 t ha⁻¹ asegurando que se debe al periodo de incorporación del abono. Condori (2008) no encontró diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento de la altura de la planta con la incorporación del estiércol camélido, atribuido al bajo contenido de nitrógeno en el suelo con y sin la aplicación de estiércol. Analizando los resultados de la prueba de Tukey en comparación a las pruebas de medias por efecto de los niveles de estiércol aplicados (Tabla 2), se tiene que los niveles de estiércol fueron estadísticamente iguales, sin embargo, para las tres fases fenológicas se observó un leve incremento en la altura de planta en los tratamientos que se aplicaron 0 y 20 t ha⁻¹ de estiércol.

Tabla 2. Prueba Tukey para la altura de planta en tres fases fenológicas por efecto de los niveles de estiércol.

Nivel de estiércol (t ha ⁻¹)	Altura (cm)		
	Emergencia	Panojamiento	Floración
0	39.98	79.12	114.67
20	37.22	75.87	109.97
30	39.38	78.55	110.77

La Tabla 3 muestra la prueba de comparación Tukey, para el efecto de la variedad en la altura de la planta, que resultó estadísticamente significativo en la fase después de la emergencia y panojamiento favoreciendo a la variedad Jacha Grano en comparación a la accesoión 1474, en la fase de floración no tuvo efecto alguno en los distintos niveles de estiércol aplicados en la variedad Jacha Grano y la accesoión 1474, por lo tanto para los niveles de estiércol como para la variedad y accesoión de quinua como también en su interacción no tuvieron diferencias algunas estadísticamente.

Tabla 3. Prueba Tukey para la altura de planta en tres fases fenológicas por efecto de la variedad y accesoión de quinua.

Variedad/ accesoión de quinua	Altura (cm)		
	Emergencia	Panojamiento	Floración
Variedad Jacha Grano	44.73	A 84.70	A 111.04
Accesoión 474	32.99	B 70.99	B 112.56

Número de ramas

Los datos del número de ramas fue tomado 30 días después de la siembra, el análisis de varianza no mostró diferencia estadística en los niveles de estiércol y en la interacción de ambas variables, en la fase de panojamiento el efecto fue significativo en la variedad y accesión como en la interacción de ambos factores, en la fase de floración se observó que las plantas desarrollaron mayor cantidad de ramas, pero no fue así ante el efecto en los niveles de estiércol aplicados en la variedad y accesión.

La comparación de medias por Tukey (Tabla 4) para el número de ramas por efecto de los niveles de estiércol fueron estadísticamente iguales en las tres fases de evaluación, pese a ello en la fase de emergencia el número de ramas fue mayor con la aplicación de 0 t ha⁻¹ de estiércol, diferente de las restantes dos cantidades que fueron muy similares, la fase de floración tampoco mostró diferencia en el número de ramificaciones. Osco (2009) señala que el número de ramificaciones está estrechamente relacionado con la incorporación de estiércol ovino, donde los niveles de abonamiento de 12 a 8 t ha⁻¹ alcanzaron mayor número de ramas de 30 a 32 que se diferencian del nivel de 4 t ha⁻¹ con el testigo que obtuvieron menor número de ramas. En la presente investigación se registraron sucesos importantes como el ataque de "Mildiu" que según Bonifacio et al. (2012) es una enfermedad provocada por un hongo (*Peronospora farinosa*), causada por las elevadas precipitaciones y periodos de sequía, que provocó la caída de las hojas. Esta declaración prueba una de las causas al tener menor número de ramas en las plantas.

Tabla 4. Prueba Tukey para el número de ramas en tres fases fenológicas por efecto de los niveles de estiércol.

Nivel de estiércol (t ha ⁻¹)	Número de ramas		
	Emergencia	Panojamient o	Floración
0	16.57	29.17	27.90
20	15.00	30.78	28.53
30	15.12	29.55	27.40

La prueba de Tukey para el número de ramas por efecto de la variedad (Tabla 5) mostró diferencias significativas en las fases de emergencia y panojamiento, obteniendo mayor número de ramas la variedad Jacha Grano, en la fase de floración no hubo diferencia significativa, sin embargo, la variedad Jacha Grano obtuvo mayor número de ramas en comparación con la accesión.

Tabla 5. Prueba Tukey para el número de ramas en tres fases fenológicas por efecto de la variedad y accesión de quinua.

Variedad/ accesión de quinua	Número de ramas					
	Emergencia	Panojamiento	Floración	Grano	Accesión	474
Variedad Jacha Grano	17.27	A	31.81	A	29.14	A
Accesión 474	13.86	B	27.86	B	26.74	A

Diámetro del tallo

El análisis de varianza mostró que en la fase después de la emergencia, panojamiento, floración y grano los tratamientos aplicados fueron no significativos. Meneses et al. (2000) citado por Patti (2010), confirman que el diámetro del tallo es importante por la relación en la producción de grano, indican que a mayor diámetro se tiene mayor producción de grano. La comparación de medias por Tukey para el diámetro del tallo por efecto de los niveles de estiércol (Tabla 6) para todas las fases fenológicas, no mostró diferencias infiriendo en que los niveles de estiércol no incidieron en el diámetro del tallo. Huanca (2010) confirma que no existen diferencias significativas en el diámetro de tallo con la aplicación de niveles de abonamiento orgánico, para tal objetivo realizó evaluaciones para determinar el diámetro del tallo con distintos niveles de abonamiento ovino, de los cuales aplicando 8 t ha⁻¹ de estiércol, la planta alcanzó un diámetro de tallo de 0.56 cm.

Tabla 6. Prueba Tukey para el diámetro del tallo en cuatro fases fenológicas por efecto de los niveles de estiércol.

Nivel de estiércol (t ha ⁻¹)	Diámetro del tallo (mm)			
	Emergencia	Panojamiento	Floración	Grano
0	7.75	10.49	14.25	13.86
20	7.36	9.93	14.74	14.04
30	7.52	10.43	14.83	14.51

La comparación de medias por Tukey para el diámetro del tallo por efecto de la variedad y accesión (Tabla 7) resultó no significativa para todas las fases fenológicas. Mamani (2009) registró para la variedad Jacha Grano un diámetro del tallo de 7.63 mm indicando que se debe a las características genéticas de esta variedad.

Tabla 7. Prueba Tukey para el diámetro del tallo para cuatro fases fenológicas por efecto de la variedad y accesión de quinua.

Variedad/ accesión de quinua	Diámetro del tallo (mm)			
	Emergencia	Panojamiento	Floración	Grano
Variedad Jacha Grano	7.66	10.28	14.25	14.22
Accesión 474	7.41	10.28	14.96	14.05

Longitud de la panoja

El análisis de varianza mostró que estadísticamente los tratamientos aplicados no fueron significativos en la fase de floración y formación de grano en los niveles de estiércol, la variedad y accesión de quinua, como en la interacción de estos dos factores. Huanca (2008) resalta que la panoja no se diferencia esencialmente en su longitud a causa de los niveles de fertilización aplicados en estudios realizados con 0.5 y 10.0 t ha⁻¹ de abono ovino. La comparación de medias por Tukey (Tabla 8) muestra que por efecto de los niveles de estiércol no hubo diferencias en la longitud de la panoja, hallando solamente un grupo. Condori (2008) comprobó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos con 0 y 2 t ha⁻¹ de abono camélido. Por lo tanto se puede señalar que las aplicaciones de 0, 20 y 30 t ha⁻¹ de estiércol de llama no afectan estadísticamente en el desarrollo de la longitud de la panoja. Pese a ello se denota un ligero incremento con la aplicación de 20 t ha⁻¹ de estiércol.

Tabla 8. Prueba Tukey para la longitud de la panoja en la fase de floración y formación del grano por efecto de los niveles de estiércol.

Nivel de estiércol (t ha ⁻¹)	Longitud de la panoja (cm)	
	Floración	Grano
0	32.03	30.95
20	35.20	31.94
30	32.05	30.17

Mediante la prueba de Tukey se determinó que no se tuvieron diferencias en la longitud de la panoja por efecto de la variedad (Tabla 9). Tambo (2014) manifiesta que la aplicación de abono orgánico influye en el desarrollo de la longitud de panoja y por tanto en la obtención de mejores rendimientos en grano, resultando que la variedad Jacha Grano registró un valor de 82.66 cm y el testigo un valor de 63.5 cm ambos con la aplicación de 10 t ha⁻¹ de estiércol de llama. Si bien no hubo diferencias estadísticas se puede observar un ligero incremento en la longitud de la panoja para la accesión 1474.

Tabla 9. Prueba Tukey para la longitud de la panoja en la fase de floración y formación del grano por efecto de la variedad y accesión de quinua.

Variedad/ accesión de quinua	Longitud de la panoja (cm)	
	Floración	Grano
Variedad Jacha Grano	31.89	29.52
Accesión 474	34.30	32.52

Diámetro de la panoja

Los resultados del análisis de varianza para diámetro de la panoja en la fase de floración y formación del grano no resultaron estadísticamente significativos, por lo tanto los tratamientos aplicados no influyeron sobre el diámetro de la panoja. La prueba de Tukey para el efecto de los niveles de estiércol fueron similares como se muestra en la Tabla 10. A pesar de no existir diferencias estadísticas, la aplicación de 20 t ha⁻¹ de estiércol de llama obtuvo un diámetro superior a los demás niveles.

Tabla 10. Prueba Tukey para el diámetro de la panoja en la fase de floración y formación del grano por efecto de los niveles de estiércol.

Nivel de estiércol (t ha ⁻¹)	Diámetro de la panoja (mm)	
	Floración	Grano
0	53.28	44.57
20	57.25	49.12
30	53.17	46.12

Huanca (2010) identificó que no se tiene diferencias significativas en el diámetro de panoja bajo niveles de abonamiento, obteniendo 2.72 cm para un abonamiento de 12 t ha⁻¹, 2.67 cm para 8 t ha⁻¹, 2.34 cm para 4 t ha⁻¹ y 2.32 cm para 0 t ha⁻¹ aseverando que estos valores se deben al poco tiempo de asimilación del abono por parte de las plantas. La prueba Tukey para el diámetro de la panoja por efecto de la variedad apunta que no hubo diferencias estadísticas (Tabla 11), sin embargo aunque no se diferencian estadísticamente se puede observar que la accesión 1474 logro un desarrollo favorable frente a la variedad Jacha Grano.

Tabla 11. Prueba Tukey para el diámetro de la panoja en la fase de floración y formación del grano por efecto de la variedad y accesión de quinua.

Variedad/ accesión de quinua	Diámetro de la panoja (mm)	
	Floración	Grano
Variedad Jacha Grano	52.05	46.25
Accesión 474	57.08	46.95

Rendimiento

El análisis de varianza mostró que se tuvo diferencia significativa en la variedad y accesión de quinua y no así en los niveles de estiércol. La prueba de Tukey para el rendimiento bajo el efecto de los niveles de estiércol no mostró diferencias estadísticas, sin embargo, refleja que sin la aplicación de estiércol la quinua produjo 1891.67 kg ha⁻¹ de grano limpio, con la aplicación de 20 t ha⁻¹ de estiércol se tuvo 1666.67 t ha⁻¹ de grano,

mientras que con 30 t ha⁻¹ de estiércol se obtuvo 1708.33 kg ha⁻¹ como rendimiento del grano de quinua. La comparación de medias mediante la prueba de Tukey, para el rendimiento por efecto de la variedad y accesión de quinua mostró dos grupos, el primero compuesto por la variedad Jacha Grano con 2000.00 kg ha⁻¹ y el segundo grupo correspondiente a la accesión 1474 que obtuvo 1511.11 kg ha⁻¹. Aplicando la prueba de Tukey para la interacción de los niveles de estiércol con la variedad y accesión de quinua (Tabla 12), se tubo diferencias estadísticas entre los seis tratamientos evaluados, el tratamiento 5 obtuvo el mayor rendimiento con 2083.33 kg ha⁻¹, mientras que el tratamiento 2 tuvo el mínimo rendimiento con 1250.00 kg ha⁻¹. Los demás tratamientos presentaron rendimientos similares.

Tabla 12. Prueba Tukey para el rendimiento de grano por tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Tukey (p=0.05)
5	2083.33	A
4	2000.00	A B
6	1916.67	A B
1	1783.33	A B
3	1500.00	A B
2	1250.00	B

PROINPA (2003) define que la variedad Jacha Grano produce rendimientos de 1100 a 1400 kg ha⁻¹ de grano limpio en rendimientos comerciales. García, Miranda y Fajardo (s.f.) en trabajos realizados en Oruro obtuvieron rendimientos de 2847 kg ha⁻¹ con aplicaciones de abonamiento químico de 120 kg de nitrógeno, rendimiento superior a 407 kg ha⁻¹ que no tuvo aplicación alguna. Para niveles de abono camélido, Tambo (2014) obtuvo 4862 kg ha⁻¹ de grano limpio con la aplicación 0 t ha⁻¹ de estiércol camélido en la variedad Jacha Grano, datos que se deben al manejo de las unidades experimentales y las condiciones climáticas favorables del lugar, además del proceso de preparación del estiércol optando por un acelerador de la descomposición del mismo.

Resultados que no fueron encontrados en la presente investigación para la misma variedad de quinua, debido a las condiciones climáticas establecidas en la gestión agrícola, pese a ello el análisis de suelo mostró que los nutrientes disponibles para el cultivo fueron aceptables con 81.6 kgN ha⁻¹, 70.4 kgP₂O₅ ha⁻¹ y 506 kgk₂O ha⁻¹, estos datos son atribuibles a que el suelo tuvo más de 10 años de descanso, por lo que los rendimientos encontrados en la investigación son superiores en comparación con los anteriores autores.



Figura 1. Vista del cultivo de quinua de la variedad Jacha Grano.



Figura 2. Vista del cultivo de quinua de la accesión 1474.

CONCLUSIONES

La altura de la planta en la fase de emergencia, panojamiento y floración fue menor en la variedad y accesión de quinua con la aplicación de 20 t ha⁻¹ de estiércol de llama. Pero hubo diferencia entre la variedad y accesión, siendo mayor la altura para la variedad Jacha Grano con 44.73, 84.70 y 111.04 cm por cada fase respectivamente. El rendimiento del grano limpio fue mayor de 2083.33 kg ha⁻¹ para la variedad Jacha Grano con la aplicación de 20 kg ha⁻¹ de estiércol, mientras que la accesión 1474 con la aplicación del mismo nivel de estiércol obtuvo el mínimo rendimiento de 1250.00 kg ha⁻¹. Los demás tratamientos presentaron rendimientos similares. El alto rendimiento se atribuye a que la parcela tuvo un descanso de 10 años cuyo suelo presentó altos los contenidos de nutrientes de 81.6 kgN ha⁻¹, 70.4 kgP₂O₅ ha⁻¹ y 506 kgk₂O ha⁻¹ que son superiores a los recomendados por bibliografía.

Se realizó la aplicación del estiércol durante la siembra del cultivo de quinua, por lo cual en muchas de las variables agronómicas los niveles de aplicación efectuados resulta como no significativos, se recomienda realizar la aplicación del abono en los meses de enero a febrero antes de la siembra por efecto de la descomposición. Sin embargo, con la aplicación de 20 t ha⁻¹ se halló leve superioridad en comparación con los demás niveles de estiércol, como también la variedad Jacha Grano muestra mejor comportamiento que la accesión 1474.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo económico para realizar el trabajo de investigación al proyecto ANDESCROP (Uso Competente de Cultivos Andinos de Alto Valor) que fue una iniciativa conjunta entre la Facultad de Ciencias de la Universidad de Copenhague (Dinamarca), la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés y la Fundación Para la Promoción e Investigación de Productos Andinos-PROINPA (Bolivia), financiado por el gobierno Danés a través de DANIDA.

BIBLIOGRAFÍA

- Bonifacio, A., Vargas, A., Alcón, M., Apaza, R. 2012. Resistencia de la quinua frente a la enfermedad del Mildiu. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. Disponible en: <http://www.proinpa.org>. Consultado el 21 enero de 2015.
- Condori, C. 2008. Evaluación participativa del riego deficitario y de fertilización orgánica sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano Sur. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 151 p.
- García M., Miranda R. y Fajardo H. s.f. Manual de manejo de la fertilidad de suelo bajo riego deficitario para el cultivo de la quinua en el altiplano Boliviano. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 123 p.
- Gonzales, A. (s.f.). La quinua: "el grano dorado de los andes" y su importancia socioeconómica en Bolivia. Disponible en: [http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimento s/Cultivos%20Andinos/Quinua/Bibliografia%20Quinua /3%20COMERCIALIZACION/PROMOCION%20del%](http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimento s/Cultivos%20Andinos/Quinua/Bibliografia%20Quinua /3%20COMERCIALIZACION/PROMOCION%20del%20CULTIVO/Importancia%20Socio%20economica%20de%20la%20Quinua.pdf)
- 20CULTIVO/Importancia%20Socio%20economica%20de%20la%20Quinua.pdf. Consultado el 13 mayo 2019.
- Huanca, A. 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano central. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 159 p.
- Huanca, C. 2010. Evaluación del comportamiento del nitrógeno bajo diferentes niveles de abonamiento orgánico y riego deficitario en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en el altiplano sur. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 136 p.
- Mamani, I., Bonifacio, A. 2013. Efecto del estiércol de llama (*Lama glama*) mejorado en la calidad de grano de quinua (*Chenopodium quinoa* 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.
- Mamani, Y. 2014. Efecto de dos niveles de humus de lombriz, estiércol tratado y estiércol fresco en la producción de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el centro experimental de Quipaquipani, Viacha. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 94p.
- MAMANI, C. 2009. Aptitud productiva de doce variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en dos agroecosistemas del Municipio de Corocoro. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 106 p.
- MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). (2009). Política nacional de la quinua. La Paz, Bolivia. 13 p.
- Miranda, R., Mendoza, H., Yucra, E. 2012. Abonamiento orgánico y riego suplementario en el cultivo de quinua. Revista Suelos Ecuatoriales 42, 173-180.
- Oscó, L. 2009. Productividad de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con la aplicación de diferentes niveles de fertilización orgánica en la localidad de Tiwanacu. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 124 p.

Patti, C. 2010. Comportamiento agronómico y evaluación del periodo de maduración de granos en diez variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en la Estación Experimental de Choquenaira. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 152 p.

PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos). 2003. Catálogo Quinua Real. La Paz, Bolivia. 51 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrológica). 2014. Información de datos meteorológicos. Disponible en:

<http://www.senamhi.gob.bo/sismet/index.php>. Consultado el 11 noviembre de 2014.

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

Artículo recibido en: 11 de enero 2019

Aceptado en: 15 de junio 2019