

Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) producida con estiércol y riego suplementario ^a

Yield and nitrogen accumulation in quinoa (Chenopodium quinoa Willd) produced with manure and supplementary irrigation

Roberto Miranda¹, Reimar Carlesso², Maria Huanca¹, Pablo Mamani¹, Alex Borda¹

¹ Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Proyecto QuinAgua. Edificio Lizímaco Gutiérrez, Héroes del Acre N° 1850 Capilla. La Paz-Bolivia.

²Universidade Federal de Santa Maria-RS. Brasil.

robertomicasa@gmail.com, reimar.carlesso@gmail.com, maria-huanca@hotmail.com, pablo_osak@hotmail.com, loouking@hotmail.com

RESUMEN

El rendimiento de un cultivo es una función de varios factores como el clima, manejo y adecuada oferta de nutrientes, entre ellos el Nitrógeno, que determina el contenido de proteína en el grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). El objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento de la quinua y la extracción de nitrógeno por el grano y la planta, sometido a diferentes niveles de abono orgánico. El estudio fue llevado a cabo en las comunidades de Irpani y Callapa del Altiplano Sur y Central de Bolivia, durante la gestión 2007-2008 y 2008-2009. Se realizaron dos experimentos: en Irpani, el diseño experimental utilizado fue el de bloques aleatorizados con niveles de 0, 4, 8 y 12 Mg. ha⁻¹ de estiércol y en condición de riego suplementario durante la floración y grano lechoso. En Callapa se utilizó un diseño de bloques aleatorizados con dosis de 0, 15 y 30 Mg. ha⁻¹ de estiércol aplicado. La quinua mostró adecuada respuesta a la dosis de estiércol y a la aplicación de agua, pese a ello, factores climáticos, como la ocurrencia de heladas determinaron su productividad. El contenido de nitrógeno en el grano tuvo una alta correlación con el rendimiento de grano, tanto para el Altiplano Sur y Central.

Palabras clave: Nitrógeno total; *Chenopodium quinoa* Willd; rendimiento; abonamiento orgánico; riego suplementario; Bolivia.

ABSTRACT

The crop yield is a function of several factors such as climate, management and adequate supply of nutrients, including nitrogen, which determines the protein content in the grain of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). The aim of this study was to determine the yield of quinoa and nitrogen concentration in grain and plant, under different levels of organic fertilizer. The study was done in the communities of Callapa and Irpani located in South and Central Altiplano of Bolivia, respectively, during the periods 2007-2008 and 2008-2009. Two experiments were conducted: in Irpani, the experimental design was a randomized block with 0, 4, 8 and 12 Mg ha⁻¹ of manure and supplementary irrigation conditions during flowering and tender grain. In Callapa, we used a randomized block design with doses of 0, 15 and 30 Mg ha⁻¹ of manure. Quinoa showed adequate response to the dose of manure and water application, nevertheless, climatic factors, such as frosts determined the yield. The nitrogen concentration in grain was highly correlated with grain yield for both the South and Central Altiplano.

Key words: Total Nitrogen; *Chenopodium quinoa* Willd; yield; organic fertilization, supplementary irrigation; Bolivia.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un grano originario de la zona del Altiplano de la Cordillera de los Andes. Actualmente tiene una amplia cobertura geográfica en el territorio boliviano y es cultivada en suelos próximos al Salar de Uyuni. Este cultivo es la principal fuente de alimento para los agricultores del lugar, y a la fecha representa un importante ingreso económico motivado a la demanda por los mercados internacionales, debido al contenido de proteína que llega hasta 17% y aminoácidos en su composición (Galwey, 1992; Geerts et al., 2008).

^a Recibido:22-05-12 Aceptado: 18-02-13

El grano puede ser consumido como harina, jugos, biscochos y galletas y las hojas en ensaladas por su alto contenido de proteína (Calderón *et al.*, 2010). Según la FAO (2011), este grano sería el único alimento vegetal que proporcionaría los diez aminoácidos esenciales para la alimentación humana (*leucina, arginina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, tirosina, triptófano, treonina, valina e histidina*). Esto hace que su proteína sea equivalente a la de la leche (PROINPA, 2004).

Actualmente, para producir quinua los agricultores en el Altiplano Sur de Bolivia, aplican al suelo entre 2 a 4 Mg. ha⁻¹ de estiércol en el momento de la siembra o al momento de roturar en el mes de febrero y marzo (7 meses antes de la siembra) y en otros casos se realiza al momento de la siembra. De esta manera, la incorporación de este abono orgánico no coincide con las etapas de mayor demanda de nutrientes por parte del cultivo, lo que podría estar afectando el contenido de nitrógeno en los granos del cultivo y el rendimiento.

La calidad del estiércol de oveja y llama, utilizado en la producción de quinua, varía conforme la zona, alimentación, edad entre otros, variando el contenido de nitrógeno total entre 1,4 a 0,94% (FAUTAPO, 2008). Por otro lado, los suelos de estas regiones también presentan bajos contenidos de nitrógeno, llegando a valores de 0,8 y 0,04% (Orsag *et al.*, 2011; Inda, 2010). En estudios realizados por Huanca (2008) en el Altiplano Central de Bolivia, al aplicar estiércol fresco en proporciones de 0, 5 y 10 Mg. ha⁻¹, al momento de la siembra en el cultivo de la quinua, se encontró que los rendimientos no fueron estadísticamente diferentes entre sí. Asimismo, Condori (2007) en condiciones del Altiplano Sur, en la comunidad de Mejillones, encontró rendimientos de quinua que no superaron los 210 kg ha⁻¹ de grano, al aplicar estiércol de llama en proporciones de 2 y 4 Mg. ha⁻¹. Otras investigaciones realizadas en el Altiplano Sur, mencionan que la quinua necesita 283 kg ha⁻¹ de nitrógeno para obtener un rendimiento de 2566 kg ha⁻¹ de grano de quinua (FAUTAPO, 2008). Según Schulte *et al.*, (2005) el rendimiento de la quinua llegaría hasta 3500 kg ha⁻¹ cuando se aplican 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno. Murillo (2006) aplicó 80 kg ha⁻¹ de nitrógeno en la siembra, en condiciones del Altiplano Norte, para obtener rendimientos por encima de los 1500 kg ha⁻¹, pero además señala que es necesario aplicar riego cuando las precipitaciones son bajas. En Chile, a nivel del mar, se aplicaron hasta 225 kg ha⁻¹ de nitrógeno para obtener rendimientos de 3550 kg ha⁻¹ (Geerts, 2008). Estos resultados, muestran que la quinua responde a niveles de nitrógeno por encima de los 80 kg ha⁻¹, por lo que el suelo debería tener la capacidad de proporcionar esta cantidad del nutriente, además de suministrar adecuada humedad. El objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento de la quinua y la extracción de nitrógeno en el grano y la planta, sometido a diferentes niveles de abono orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Dos experimentos fueron realizados en las comunidades de Irpani y Callapa durante la gestión 2007-2008 y 2008-2009, respectivamente. La comunidad de Irpani, se encuentra situada en el Altiplano Sur de Bolivia. Geográficamente se encuentra a 19° 38' de Latitud Sur y 67° 40' de Longitud Oeste y una altitud de 3672 metros sobre el nivel del mar, mientras que la comunidad de Callapa, está ubicada en el Municipio de Santiago de Callapa, Altiplano Central, a 17° 10' de Latitud Sur y 68° 26' de Longitud Oeste, y a una altura de 3820 msnm. Las precipitaciones pluviales en estas regiones, se limitan a los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, llegando a 250 mm en las comunidades del Sur y 400 mm anuales en el Altiplano Central. La evapotranspiración, aumenta hacia el sur de 3,4 a 5,8 mm día⁻¹. Las temperaturas en estos ecosistemas varían en forma extrema, presentando la mayor variación térmica en los meses de mayo, junio, julio y agosto, registrándose valores que oscilan entre los 10 °C bajo cero en las noches, hasta 15 °C durante el día (García *et al.*, 2006).

Los suelos donde se cultiva la quinua, son en general de textura arenosa, franco arenosa a arena franca, correspondiendo a Xerorthents, según la clasificación de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006). Las muestras de suelos fueron enviadas a los laboratorios del Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear (IBTEN) en la ciudad de La Paz (Cuadro 1). La textura fue determinada por el método de Bouyucos, el fósforo (P) con el método de Olsen modificado, calcio, magnesio, potasio y sodio por extracción en acetato de amonio, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por sumatoria, materia orgánica (MO) por combustión húmeda y nitrógeno total con Kjeldahl.

Ambos suelos presentan textura gruesa, con valores de pH dentro del rango de neutralidad, bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno total. El suelo de Irpani presenta una baja Capacidad de

Intercambio de Cationes con bajos contenidos de bases cambiables y alto contenido de fósforo en la capa superficial; mientras que el suelo de Callapa presenta bajo contenido de fósforo, moderada Capacidad de Intercambio Catiónico y moderadas Bases Cambiables.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos

Comunidad	Horizonte	Prof. cm	Arena	Arcilla	Limo	Clase textural	pH: Agua 1:5	Fósforo
			%					mg kg ⁻¹
Irpani	Ap	0-20	90	5	6	Arenoso	7,51	21
	C1	20-38	82	7	11	Areno francoso	7,45	12
Callapa	Ap	0-20	60	17	23	Franco arenoso	6,75	15

Comunidad	Horizonte	Prof. cm	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio	CIC	MO	Nt
			cmol (+) kg suelo ⁻¹					%	
Irpani	Ap	0-20	2,20	0,66	0,28	0,37	3,52	0,78	0,03
	C1	20-38	2,22	1,40	0,32	0,38	4,32	0,50	0,03
Callapa	Ap	0-20	6,75	4,32	0,86	0,19	11,60	0,90	0,04

CIC: capacidad de intercambio catiónico; MO: materia orgánica; Nt: nitrógeno total. Prof: profundidad

El estiércol utilizado en estos ensayos provino de las mismas comunidades donde se realizó el trabajo de investigación. Las muestras de estiércol fueron enviadas a los laboratorios del Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), en la cual se hicieron las determinaciones de carbono total con el método de Walkley Black), Nitrógeno (kjeldahl), Fósforo (espectrofotometría UV-Visible), Potasio y Sodio (Emisión atómica), Calcio y Magnesio (Absorción atómica), Conductividad Eléctrica (Conductímetro). El estiércol de la comunidad de Irpani presentó mayor contenido de carbono, nitrógeno total, fósforo, calcio y magnesio en relación al estiércol de la comunidad de Callapa (Cuadro 2). Cabe destacar que el estiércol de Callapa presenta alta Conductividad Eléctrica (Piwa, 1992).

Cuadro 2. Características químicas del estiércol ovino en las comunidades de Irpani y Callapa

Comunidad	COT	Nt	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	C/N	CE
									%
Irpani	15,85	1,17	1,14	0,55	2,3	0,44	0,11	13,5	
Callapa	8,14	0,84	0,2	0,69	0,77	0,12	1,53	9,7	4,87

COT: carbono orgánico total; Nt: nitrógeno total; P: fosforo total; Ca: calcio; Mg: magnesio; Na: sodio; K: potasio C/N; relación carbono/nitrógeno; CE: conductividad eléctrica.

El primer experimento se realizó en la gestión 2007-2008 en la comunidad de Irpani, donde fue aplicado estiércol de oveja en condiciones de riego suplementario y sin riego. El diseño utilizado fue de bloques al azar con dos factores y cuatro repeticiones. El abonado fue realizado al momento de la siembra de quinua, en fecha 23 de noviembre 2007. El factor A, estuvo constituido por el manejo de riego (con y sin riego suplementario) y el factor B por diferentes niveles de abonamiento orgánico (0, 4, 8 y 12 Mg. ha⁻¹ de estiércol de oveja). Cada unidad experimental tuvo una superficie de 41 m². La distancia de siembra fue de 0,5 metros entre plantas y 0,8 metros entre surcos, haciendo un total aproximado de 25000 plantas por hectárea. Se debe señalar que, en las comunidades del sur, la densidad de siembra es de 10000 plantas ha⁻¹ y la dosis aplicada por los agricultores es de 2 a 9 Mg.ha⁻¹, dependiendo de la disponibilidad de los productores. En este experimento la densidad de plantas fue aumentada, debido a la

utilización de mayores dosis de estiércol y la condición de riego suplementario. Se realizó el riego suplementario en la etapa de floración y grano lechoso en una cantidad de 66 mm, en los tratamientos propuestos en el mes de febrero. La lámina utilizada, fue determinada por Geerts (2008). La variedad de quinua utilizada fue la denominada "Toledo", la cual es considerada de ciclo largo (180 días hasta alcanzar la madurez fisiológica).

El segundo experimento fue realizado en el Altiplano Central, en la comunidad de Callapa en la gestión agrícola 2008-2009. Se aplicaron tres niveles de estiércol como abono orgánico, al momento de la siembra en el mes de octubre. Los niveles de estiércol utilizados fueron de 0, 15 y 30 Mg. ha⁻¹. Las características del estiércol y suelo se encuentran en los cuadros 1 y 2. La siembra fue realizada el 31 de octubre de 2009 en surcos, la distancia entre plantas fue de 0,15 m y entre surcos de 0,25 m, el número de plantas por hectárea fue de 260000 plantas ha⁻¹, debido a que las dosis de estiércol fueron incrementadas. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones; las unidades experimentales poseían un tamaño de 148 m². Inicialmente estaba prevista la realización de un riego suplementario en la etapa de floración y grano lechoso, al igual que en la comunidad de Irpani; sin embargo, las lluvias en esta región fueron constantes a partir del mes de enero, por lo que no fue necesario realizar el riego suplementario.

El rendimiento de granos de quinua, en Irpani, fue evaluado cosechando 7 plantas que se encontraban en 2 m² y 7 plantas de 1 m² en el centro. La materia seca fue determinada a partir de las mismas plantas utilizadas para la determinación del rendimiento. Las diferentes partes de la planta fueron separadas (granos, tallos y hojas), colocadas en sobres de papel y llevadas a una estufa a 65 °C por 48 horas, (solo para el experimento realizado en el altiplano central). Luego del secado, fue realizado un nuevo pesaje siendo los resultados expresados en kg ha⁻¹.

El nitrógeno total en los granos de quinua, en la comunidad de Irpani, fue determinado a través del método Kjeldahl. Para la comunidad de Callapa, fueron tomadas muestras de grano, tallo, hoja y broza. La extracción de nitrógeno por el grano y la planta fue determinada multiplicando el rendimiento por el contenido de nitrógeno. La cantidad de nitrógeno en la planta, para el Altiplano Central, fue determinado sumando las cantidades de nitrógeno acumulado en los diferentes órganos de la planta (grano, hoja, tallo y broza). Los resultados fueron expresados en kg ha⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de la quinua, en la comunidad de Irpani – Altiplano sur- fue afectado por las condiciones climáticas además de la fertilidad del suelo. Se presentaron heladas desde finales del mes de marzo, las cuales produjeron daños considerables en el cultivo. La fecha de cosecha fue estimada para el 20 de mayo y debido a estas condiciones climáticas, la cosecha tuvo que ser realizada en fecha 25 de abril, incidiendo en los rendimientos. Pese a los rendimientos bajos, se presentaron diferencias significativas para el factor riego y niveles de abono utilizado (Cuadro 3). No se presentó interacción entre riego y nivel de abonamiento.

La máxima productividad de granos de quinua, fue obtenida con la aplicación de 12 Mg. ha⁻¹ de estiércol a la que se aplicó riego suplementario, llegando a 298 kg ha⁻¹ de grano. Estudios realizados por FAUTAPO (2008), señalan que para el año 1992 a 1998 los rendimientos en esta zona fueron de 450 a 560 kg ha⁻¹, los mismos van declinando. Asimismo, Condori (2007), trabajando con 2 Mg. ha⁻¹ de estiércol en otras comunidades del Altiplano Sur, y riego suplementario encontró rendimientos de 203 a 210 kg ha⁻¹, mientras que Osco (2007), en el Altiplano Norte de Bolivia encontró rendimientos de 1500 kg ha⁻¹ cuando aplicó 12 Mg. ha⁻¹ de estiércol. Estos valores altos de productividad, se explican por la mayor humedad presente en los suelos y las condiciones de lluvia propias del Altiplano Norte (800 mm anuales). Con base en estos resultados, es posible señalar que pese a las condiciones climáticas adversas, la quinua respondió a niveles de abonamiento orgánico y aplicaciones de agua en el momento de la floración y grano lechoso.

En la figura 1 se presenta el rendimiento relativo de los tratamientos en función del estiércol aplicado al suelo. Se observa que hubo un rendimiento similar entre aplicaciones de 12 Mg. ha⁻¹ en la condiciones sin riego, respecto a la aplicación de 4 Mg ha⁻¹ de estiércol bajo la condición de riego suplementario; sin embargo, de acuerdo al análisis estadístico, no hubo interacción entre los niveles de abonamiento y el riego suplementario, por lo que deberá realizarse más investigación respecto a este tema.

Cuadro 3. Rendimiento, producción de materia seca y nitrógeno en el grano de la quinua con diferentes niveles de abonamiento orgánico, en condiciones de riego suplementario en la comunidad de Irpani – Altiplano Sur de Bolivia.

Irpani (2007/2008) Riego	Rendimiento		Materia seca		N-grano	N-grano	
	----- (kg ha ⁻¹) -----				----% ----	----kg ha ⁻¹ ----	
Sin riego	149,45	b	902	a	1,65	2,46	b
Riego suplementario	258,16	a	1022	a	1,64	4,23	a
Nivel de abono (Mg. ha ⁻¹)							
0	90,58	c	646	b	1,67	1,51	c
4	211,96	b	1082	a	1,65	3,49	b
8	213,76	b	1235	a	1,63	3,48	b
12	298,91	a	883	ab	1,63	4,87	a
CV	26,6		27,6		----	23,9	

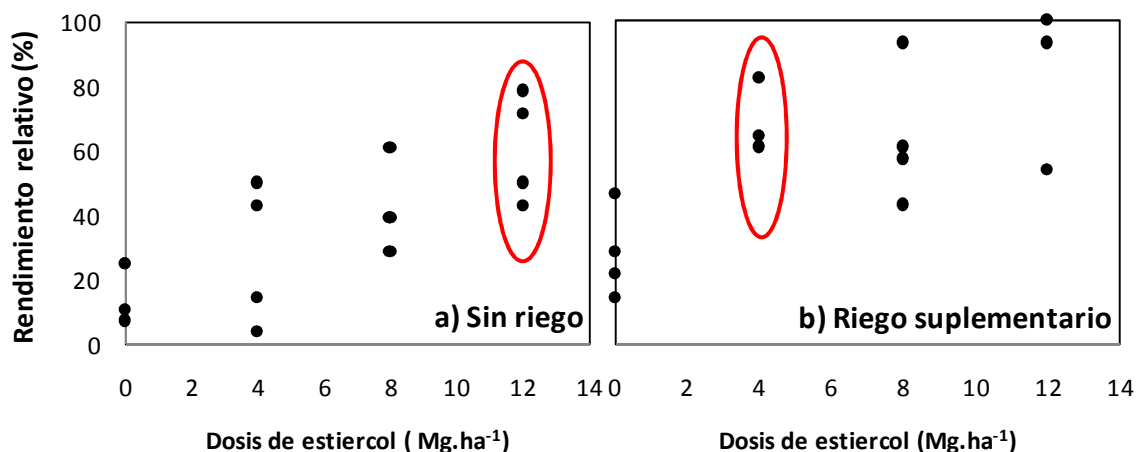


Figura 1: Rendimiento relativo del cultivo de la quinua y los niveles de abonamiento orgánico aplicados al suelo en el momento de la siembra: a) sin riego y b) con riego suplementario

Para la comunidad de Callapa (Altiplano Central), las condiciones de precipitación fueron constantes en el mes de febrero, siendo innecesario realizar el riego suplementario, asimismo las precipitaciones pluviales llegaron a 423 mm durante el ciclo del cultivo de la quinua. Hubo diferencias estadísticas para el factor niveles de abonamiento orgánico, siendo la dosis de 15 Mg. ha⁻¹ la que presentó 91% más rendimiento en relación al testigo (Cuadro 4). Asimismo, la producción de materia seca presentó diferencias significativas entre el testigo y las aplicaciones de estiércol por encima de 15 Mg. ha⁻¹. La investigación llevada a cabo en la comunidad de Callapa, mostró que la quinua tiene buena respuesta a los niveles de abonamiento orgánico; sin embargo, aun se desconoce la dinámica del nitrógeno en estas condiciones, ya que otros estudios demuestran que existe una inmovilización del nitrógeno en los primeros días luego de la aplicación del estiércol al suelo (Pezzarico, 2004).

Cuadro 4. Rendimiento de grano y producción de materia seca bajo diferentes niveles de abonamiento orgánico. Comunidad de Callapa - Altiplano Central de Bolivia.

Abono Mg. ha ⁻¹	Grano	Hoja	Tallo	Broza	Planta
	-----Materia seca (kg ha ⁻¹) -----				
0	622c	21c	655b	296b	1594b
15	1815a	135a	2196a	652a	4798a
30	1303b	89b	2143a	599a	4134a
CV	12,2	15,83	20,03	9,56	8,1

En el cuadro 5 se presentan los contenidos de nitrógeno en el grano, hoja, tallo, broza y la planta de quinua, (lamentablemente no se tuvieron datos de la masa de la raíz y el contenido de nitrógeno en la misma), y en el cuadro 6, el contenido de nitrógeno expresado en kg ha⁻¹. Shulte *et al.*, (2005) en un trabajo realizado en Alemania con variedades de quinua, encontraron diferencias significativas en los contenidos de nitrógeno en el grano, cuando aplicaron 0; 80 y 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno y también vieron diferencias entre variedades, encontrando valores de 2 a 2,06% de nitrógeno en los granos de quinua. De acuerdo al cuadro 6, los granos de quinua llegarían a almacenar aproximadamente un 60% del nitrógeno, las hojas entre 1 y 3%, el tallo entre 21 y 29% y finalmente la broza tendría un 10 a 15%. En este análisis no se tomó en cuenta la masa de la raíz ni su contenido de nitrógeno.

Cuadro 5. Contenido de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta de quinua

Abono Mg. ha ⁻¹	N-grano	N-Hojas	N-Tallo	Broza
	-----Porcentaje -----			
0	1,6 b	0,86 b	0,56 b	0,92
15	2,1 a	1,25 a	0,65 a	0,92
30	2,1 a	1,22 a	0,65 a	0,92
CV	2,88	0,33	3,61	---

Cuadro 6. Nitrógeno extraído por el cultivo de la quinua para niveles de abonamiento orgánico. Comunidad de Callapa - Altiplano Central de Bolivia

Abono Mg ha ⁻¹	Grano	Hoja	Broza	Planta
	-----Nitrógeno (kg ha ⁻¹) -----			
0	9,9 c	0,18 c	3,7 b	2,7 b
15	38,1 a	1,69 a	14,3 a	6,0 a
30	27,4 b	1,08 b	13,9 a	5,5 a
CV	12,29	16,63	20,5	9,53

Con base en el contenido de nitrógeno en los órganos de la planta, es posible ajustar los valores recomendados de nitrógeno para el abonamiento y atender las exigencias del cultivo; en este sentido, para producir 1815 kg de grano o 4798 kg de materia seca (grano, hoja, tallo y broza), se debe proporcionar al cultivo 60 kg de nitrógeno.

El rendimiento relativo versus el nivel de abonamiento utilizado (Figura 2) muestra claramente que se alcanzó la máxima productividad con el nivel de 15 Mg de estiércol ha⁻¹, en relación a la aplicación de

30 Mg. ha⁻¹. Este comportamiento pudo deberse al mayor aporte de carbono aplicado al suelo con la dosis de 30 Mg. ha⁻¹, lo que pudo derivar en una mayor actividad de los microorganismos y por tanto producir la inmovilización del nitrógeno (Pezzarico, 2004).

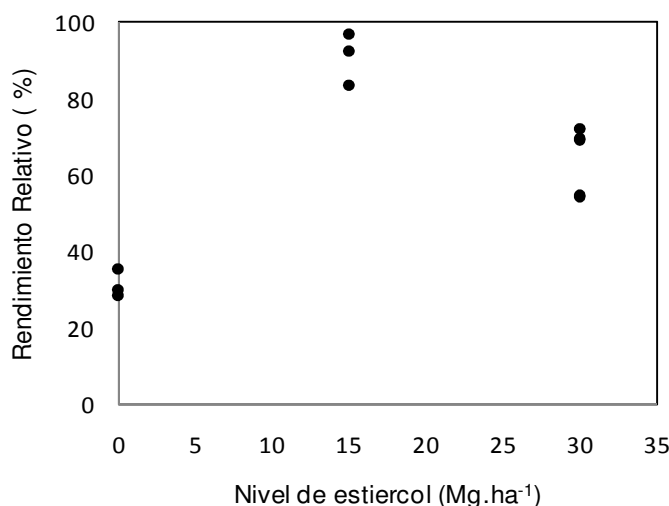


Figura 2. Relación del rendimiento relativo del cultivo de la quinua y los niveles de abonamiento orgánico aplicado. Comunidad de Callapa-Altiplano central

La productividad de la quinua, fue mayor en el Altiplano Central respecto al Altiplano Sur, debido a las condiciones climáticas como la ocurrencia de lluvias (423 mm en Callapa y 254 mm en Irpani); asimismo, las condiciones de suelo también tuvieron influencia, así los suelos de Irpani presentaron una capacidad de intercambio catiónico de 3,52 cmol kg⁻¹ de suelo, mientras que el suelo de Callapa tuvo un valor de 11,6 cmol kg⁻¹ de suelo y finalmente la densidad de plantas (260000 plantas ha⁻¹ en Callapa y 25000 plantas ha⁻¹ en Irpani), son las razones por la que la productividad fue mayor en suelos del Altiplano Central.

En la figura 3, se tiene la relación entre el rendimiento y el nitrógeno acumulado en los granos. Pese a que no se encontró interacción entre el abono aplicado y el agua aplicada, en el Altiplano sur parece existir influencia del agua y el estiércol en el rendimiento de grano de quinua.

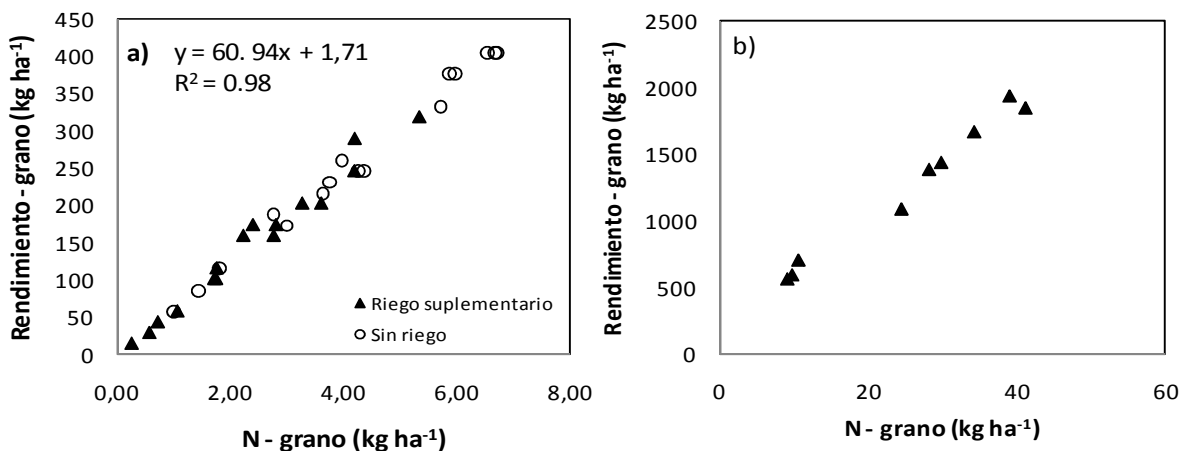


Figura 3. Relación entre el rendimiento y el nitrógeno total en grano (SR: Sin Riego; RS: Riego Suplementario), a) comunidad de Irpani y b) comunidad de Callapa.

CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo de la quinua respondió a niveles de abonamiento orgánico y aplicaciones de agua en el momento de la floración y grano lechoso en la comunidad de Irpani, sin embargo, las bajas temperaturas, son eventos que inciden en un normal desarrollo del cultivo y por tanto en su productividad. El rendimiento de la quinua fue mayor en condiciones del Altiplano Central, debido a mayores dosis de abono utilizado, mayor densidad del suelo y menor incidencia de las condiciones climáticas.

La extracción y acumulación de nitrógeno por el cultivo de la quinua se encuentran relacionadas con el rendimiento de grano y materia seca. En condiciones del Altiplano Central, para producir 1800 kg de grano y 4790 kg de materia seca, se debe proporcionar al cultivo 60 kg de nitrógeno.

AGRADECIMENTOS

A los proyectos QuinAgua y SUMAMAD de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, por el apoyo financiero y logístico para la realización de estos estudios.

LITERATURA CITADA

- Calderón, I., Huarachi, A., Reynaga, A., Marza, F. & J. L. Soto.** 2010. Relación de aminoácidos esenciales en 12 ecotipos de quinua real y tres variedades comerciales. In: Memoria III Congreso Mundial de la Quinua. Oruro, Bolivia. pp 42-43
- Condori, O.** 2007. Evaluación participativa del riego deficitario y de fertilización orgánica sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium Quínoa* Willd) en el Altiplano Sur. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia Universidad Mayor de San Andrés. 121 p.
- FAUTAPO.** 2008. Programa Quinua Altiplano Sur. Informe: Fertilidad, uso y manejo de suelos en la zona del Intersalar, Departamentos de: Oruro y Potosí. Oruro – Bolivia. 105 p.
- F.A.O.** 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. La quinua: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/quinua-cultivo-milenario-seguridad-alimentaria/>.
- Galwey, N. W.** 1992. The potential of quinoa as multipurpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial crops and products* 1:101-106.
- García, M., Taboada, C. y E. Yucra.** 2006. Evaluación de las tendencias del balance hídrico como indicador del cambio climático. Ministerio de Planificación del Desarrollo, Reino de los Países Bajos. La Paz, Bolivia. 42 p.
- Geerts, S.,** 2008. Deficit irrigation strategies via crop water productivity modeling: field research of quinoa in the Bolivian Altiplano. *Dissertationes de Agricultura* 814. Faculty of Bio-Science Engineering, K.U.Leuven, Belgium.
- Geerts, S.; Garcia, M.; Cusicanqui, J.; Taboada, C.; Miranda, R.; Yucra, E. y D. Raes.** 2008. Revisión Bibliográfica de los últimos avances en el conocimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Proyecto QUINAGUA. Consejo Interuniversitario Flamenco VLIR. La Paz – Bolivia. 29 p.
- Huanca, R.** 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. 147 p.
- Inda, R.** 2010. Evaluación del comportamiento del nitrógeno, en parcelas con cultivo de quinua bajo diferente manejo de suelos (Municipio salinas de Garci Mendoza), Oruro. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 138 p.

- Murillo, R.** 2006. Comportamiento del nitrógeno proveniente de fertilizantes minerales en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) bajo condiciones de riego y secano. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 132 p.
- Orsag, V.; Castro, E; Leon, M. L.; Pacosaca, O.; Mamani, F.** 2012. Evaluación de la fertilidad de los suelos en la zona intersalar. Producción sostenible de quinua. DANIDA, PIEB. La Paz Bolivia. 174p.
- Oscó, V.** 2007. Productividad de variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con la aplicación de diferentes niveles de fertilización orgánica en la localidad de Tiahuanacu. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 111 p.
- Pezzarico, A.** Eficiência fertilizante da cama Sobreposta de suíno. Tesis de Maestria. Passo Fundo, Brasil- Universidade de Passo Fundo. 114 p.
- PIWA.** 1992. Principios técnicos para la reconstrucción y producción agrícola en Waruwaru. Tomo II. Producción agrícola. Convenio: PELT/INADE – IC/COTESU. Puno Perú. 163 p.
- PROINPA.** 2004. Promoción e investigación de productos andinos. Conservación de recursos filogenéticos. Revista Regional Altiplano. La Paz – Bolivia 10 p.
- Schulte G.; Kaul H.; Kruse, M. y W. Aufhammer.** 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudo cereals amaranth, quinoa, and buckwheat under different nitrogen utilization. *European Journal of Agronomy*. 22: 95-100.
- Soil Survey Staff** 2006. Keys to soil taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Tenth edition. 341p.