

RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd), EN CINCO FASES FENOLÓGICAS, BAJO CUATRO NIVELES DE INCORPORACIÓN DE ESTIÉRCOL

Yield and protein content of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd), in five phenological stages, under four levels of incorporation of manure

Aylin Caballero¹, William Maceda², Roberto Miranda³, Hugo Bosque⁴.

RESUMEN

La quinua se produce en el Altiplano Sur y Central de Bolivia y es considerada por la FAO como un cultivo que presenta buena calidad de aminoácidos comparable a la leche. El contenido de nitrógeno, base para las enzimas y proteínas, en el grano, varía según la variedad y del nivel de abonamiento (Schulte et al., 2005), pero además, la concentración de nitrógeno también se halla distribuida en los diferentes órganos de la planta. Es en este sentido, que el presente estudio se enfoca en determinar el contenido proteico de los diferentes órganos de la quinua en el cultivar "Jacha Grano", en cuatro fases fenológicas, bajo cuatro niveles de incorporación de estiércol. La investigación se condujo en la Comunidad de Villa Patarani, Altiplano Central de Bolivia. Los suelos son de textura franco arenosa, pH neutro, bajo contenido de materia orgánica (0,4%) y nitrógeno (0,05%). Los niveles de incorporación de estiércol fueron de 0, 15, 30 y 60 Mg ha⁻¹. Las parcelas fueron distribuidas en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. La evaluación consistió en sacar muestras de plantas de las diferentes parcelas en cuatro etapas del cultivo, (cuatro hojas verdaderas, ramificación, panojamiento y formación de grano pastoso). Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Química de la Facultad de Agronomía – UMSA, donde se procedió a la separación de los diferentes órganos de la planta, para luego ser sometidas a una temperatura de 65 °C por 48 horas. Una vez secas se determinó el contenido de nitrógeno, a través del método de

Kjeldahl. El contenido de proteína fue estimado, multiplicando el valor del nitrógeno total por la constante de 6,25. Los resultados muestran que existe mayor porcentaje de proteína en las hojas en la fase de hojas verdaderas, ramificación y panojamiento, sin embargo en la fase de formación de grano pastoso el contenido proteico se concentra en los granos de la planta, lo que demuestra una translocación del nitrógeno. Asimismo, el nivel de estiércol, aplicado al suelo, influye en el contenido de proteína de las hojas y granos de la planta.

Palabras claves: Quinua, Nitrógeno, Proteína, Nivel de estiércol, Bolivia.

ABSTRACT

Quinoa is produced in the Southern and Central Highlands of Bolivia and is considered by FAO as a crop that has good quality comparable to milk amino acids. Nitrogen content, basis for the enzymes and proteins in the grain varies with variety and composting level (Schulte et al., 2005), but in addition, the nitrogen concentration is also distributed in different organs of plant. In this sense, the present study focuses on determining the protein content of the different organs of quinoa in the cultivar "Jacha Grano" in five phenological phases under four levels of incorporation of manure. The research was conducted in the Community of Villa Patarani, Central Highlands of Bolivia. The soils are neutral pH sandy texture, low in organic matter (0.4%) and nitrogen (0.05%). Levels of incorporation of manure were 0, 15, 30 and 60 Mg ha⁻¹. The plots were distributed in a complete block design at random, with three replications. The evaluation consisted of taking samples of plants from different plots in four stages of culture (four true leaves, branching panicle

formation and dough stage). Samples were taken to the Laboratory of Chemistry, Faculty of Agriculture

1 Maestrante en Ingeniería de Riego, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz – Bolivia.

2 Tesista – Proyecto QUINAGUA, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz – Bolivia.

3 Docente investigador Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz – Bolivia.

4 Coordinador Nacional ANDESCROP, Facultad de Agronomía-UMSA, La Paz – Bolivia.

- UMSA, where he proceeded to the separation of the different organs of the plant, before being subjected to a temperature of 65 ° C for 48 hrs. After drying, the nitrogen content was determined by Kjeldahl method. Protein content was estimated by multiplying the total nitrogen value of 6.25 for the constant. The results show that there is a higher percentage of protein in the leaves at the phase of true leaves and panicle branch, but in the step of forming the dough stage concentrates the protein content in the grains of the plant, which shows a translocation nitrogen. Likewise, the level of manure, applied to the soil affects the protein content of the leaves and the ground beans.

Keywords: Quinoa, Nitrogen, Protein Level of manure, Bolivia.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) conocida como cereal madre, fue uno de los alimentos básicos de los incas durante miles de años unido a su religión y cultura. Es originario de América del Sur, actualmente cultivada en los Andes del Perú y en el Altiplano Sur y Central de Bolivia. Si bien hasta hace unas décadas la quinua únicamente era utilizada por los indígenas nativos de los altiplanos Andinos, hoy en día se ha convertido en un cereal demandado por muchos países que valoran el alto valor nutritivo de su grano y aún más de sus hojas (Recalde, 2007), es decir, la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, le otorga un alto valor biológico. El contenido proteico en los granos es mayor respecto a otros cereales como son el maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), arroz (*Oryza sativa*) con 9,4%, 8,9 y 8,6%, respectivamente (Ranhotra et al., 1993). 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 (leucina, arginina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, tirosina, triptófano, treonina, valina e histidina).

La quinua puede crecer y producir en suelos áridos con muy poco contenido en nutrientes y en una amplia gama de valores de pH del suelo (Mujica, 1979), sin embargo, en esas condiciones los rendimientos son bajos, alrededor 650 kg ha⁻¹ (Del Castillo et al., 2008). La calidad del estiércol utilizado en la producción de quinua, varía conforme la zona, alimentación y edad. Sin embargo, los contenidos de nitrógeno total, en el Altiplano Sur y Central, se encuentra entre 1,4

y 0,94% respectivamente (FAUTAPO, 2008). Por otro lado, los suelos de estas regiones también presentan bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno, llegando a valores de 0,8 y 0,04% (Inda, 2010). De acuerdo a Huanca (2008) al aplicar estiércol fresco en proporciones de 0, 5 y 10 ton ha⁻¹, al momento de la siembra en el cultivo de la quinua, los rendimientos no fueron estadísticamente diferentes entre sí. En tal sentido el nutriente que ha mostrado tener mayor influencia sobre los rendimientos de la quinua es el nitrógeno, estudios realizados por Jacobsen et al. (2005) muestran que el rendimiento de grano de la quinua se incrementa significativamente al aumentar la fertilización nitrogenada de 40 a 160 kg ha⁻¹, por otro lado en el Altiplano Sur, la quinua necesita 283 kg ha⁻¹ de nitrógeno para obtener un rendimiento de 2566 kg ha⁻¹ de grano de quinua (FAUTAPO, 2008), así mismo, Schulte et al. (2005) menciona que 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 este sentido, considerando la falta de antecedentes sobre respuesta a la fertilización nitrogenada de las hojas y tallos de la quinua en diferentes fases fenológicas se consideró importante desarrollar la presente investigación con el objetivo de determinar el contenido proteico en los diferentes órganos de la quinua en cinco fases fenológicas, la eficiencia de uso del nitrógeno en quinua, así como el requerimiento interno de nitrógeno, y la influencia de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de grano y proteico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue desarrollado en la comunidad de Villa Patarani del Altiplano Central Boliviano, ubicada a una altitud de 3.800 metros sobre el nivel del mar y a 6 km al Nor Oeste de Patacamaya. Geográficamente se encuentra a (68° Oeste y 17° 6' Sur) en una puna semiárida. La precipitación promedio anual es de 400 mm, con temperaturas medias anuales entre 8 -11 °C (Sivila et al., 2006). La evapotranspiración en estas regiones, aumenta hacia el sur de 3,4 a 5,8 mm día⁻¹. La figura 1, presenta las precipitaciones diarias desde marzo 2012 hasta marzo 2013, con valores máximos alcanzados en los meses de diciembre 2012, enero y febrero 2013 con valores de 132,6; 103,4 y 127,8 mm respectivamente.

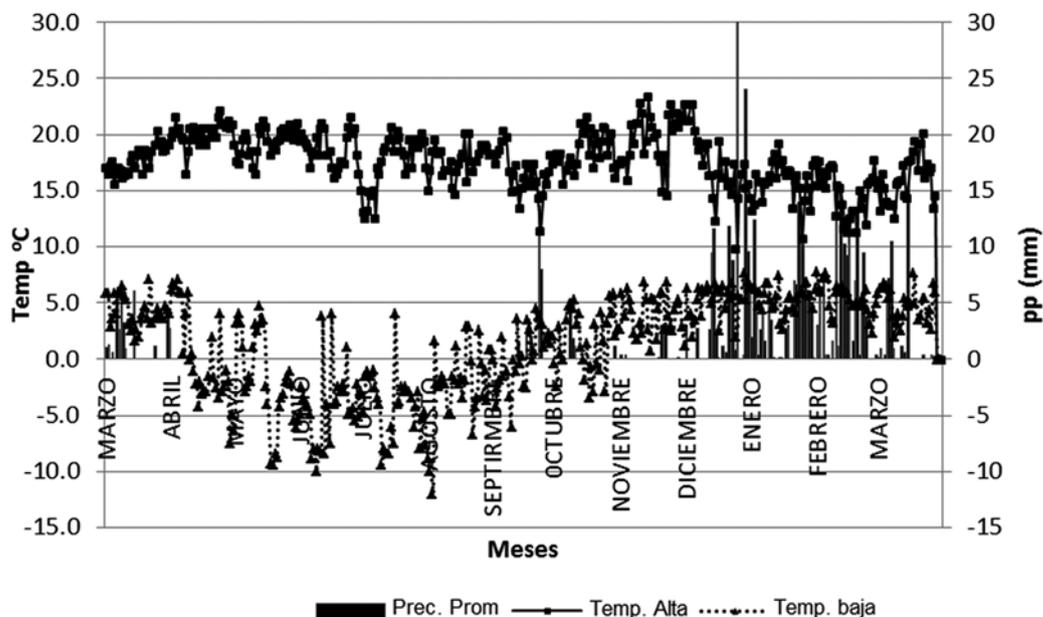


Figura 1. Distribución de la precipitación pluvial, temperatura máxima y mínima en la comunidad de Villa Patarani – Altiplano Central de Bolivia (2012/2013).

El suelo corresponde a un Xerorthents, según la clasificación de la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff,

2006), sus principales características al inicio del estudio (0-20cm) se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Características del suelo en el estudio.

Ho	a	A	L	pH: agua	Ca	Mg	K	Na	TBI	CIC	MO	Nt	P
				1:5	Cmol kg ⁻¹ suelo						%	mg kg ⁻¹	
Ap	68	17	15	7,15	7,24	4,82	0,93	0,21	13,2	13,20	0,76	0,05	14

a: arena, A: arcilla, L: limo; TBI: total de bases intercambiables; CIC: capacidad de intercambio catiónico; MO: materia orgánica; Nt: nitrógeno total.

La siembra de la quinua, se realizó el 5 de octubre del 2012. El área total de la investigación fue de 744 m², con 12 Unidades Experimentales. La dosis de siembra fue de 12 kg ha⁻¹ de semilla (Jacha Grano) a una profundidad de 1cm. Las parcelas se encontraban distribuidas en un diseño de bloques completos al azar con cuatro

repeticiones. Estas fueron divididas de acuerdo a los diferentes niveles de aplicación de estiércol, que correspondieron a 0, 15, 30 y 60 Mg ha⁻¹ lo que significa un aporte de 0, 125, 250 y 500 kg de nitrógeno total ha⁻¹ respectivamente. Las características de este insumo se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Características químicas del estiércol de ganado ovino utilizado en el estudio.

Parámetro	MO	CO	Nt	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	C/N	CE
%										
Estiércol ovino	14,1	8,14	0,84	0,20	0,69	0,77	0,12	1,53	9,7	4,87

Para la determinación del contenido proteico en las diferentes partes de la planta, se recolectaron muestras en las siguientes fases fenológicas: Ramificación (53 DDS), Inicio panojamiento (75 DDS), Inicio de floración (82 DDS), Grano Pastoso (138 DDS), Grano Maduro (167 DDS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 3, se detalla la altura de planta en diferentes fases fenológicas de la quinua. El

análisis de varianza muestra que las diferentes dosis de aplicación de nitrógeno no influyen en la altura de planta en las fases de ramificación, inicio de panojamiento, inicio de floración, sin embargo las diferencias de la altura fueron significativas (P≥0.05) en las fases de grano pastoso y cosecha, aparentemente el nitrógeno mostro un aumento en el desarrollo vegetativo en las últimas fases. En la fase de grano pastoso existen diferencias entre los tratamientos con 60 y 0 Mg ha⁻¹ de

estiércol, siendo los tratamientos con 15 y 30 Mg ha⁻¹ de estiércol iguales entre sí. Al momento de la cosecha, en los tratamientos donde se aplicó 0, 15 y 30 Mg ha⁻¹ de estiércol, el desarrollo de las plantas no tuvo diferencias alcanzando alturas promedio de 52, 56 y 58 centímetros. En todas las fases fenológicas estudiadas se puede observar que el tratamiento con 60 Mg ha⁻¹ de estiércol tiene mayor desarrollo en altura de planta a pesar de que en las tres primeras fases no fueron significativas.

Tudela (1999) y Rodríguez (1991), señalan que el nitrógeno en el cultivo de la quinua es esencial y que la deficiencia de este elemento influye en la reducción del crecimiento de la planta, así mismo

Millar (1975) encontró que la absorción de los nutrientes ocurre cerca de la punta de las nuevas raíces o pelos radiculares, en el presente trabajo la incorporación del abono se realizó en la parte superior del suelo lo cual dificultó la absorción de nutrientes a través de las raíces, por lo que no se llega a observar diferencias significativas en la altura, de igual forma, Huanca (2008) menciona que la aplicación de diferentes niveles de estiércol no influyó de manera significativa a la altura de la planta debido a que esta fue incorporada semanas antes de la siembra lo que significa que no hubo tiempo necesario para la mineralización del estiércol.

Tabla 3. Altura de planta en las diferentes fases fenológicas bajo cuatro niveles de estiércol.

Nivel Nt (Mg ha ⁻¹)	Ramificación (53 días)	I. Panojam. (75 días)	I. Floración (82 días)	Grano Pastoso (138 días)	Cosecha (167 días)
centímetros.....				
0	20,67 ± 10,1 a	31,23 ± 14,5 a	46,77 ± 18,0 a	53,37 ± 16,6 b	52,80 ± 16,1 b
15	18,03 ± 1,3 a	32,13 ± 3,7 a	50,97 ± 6,7 a	61,53 ± 13,3 ab	58,70 ± 11,2 b
30	18,07 ± 3,1 a	29,30 ± 6,6 a	47,17 ± 8,6 a	57,60 ± 12,5 ab	56,30 ± 13 b
60	31,77 ± 11,1 a	51,30 ± 15,4 a	74,87 ± 15,8 a	92,10 ± 17,4 a	91,60 ± 44,5 a
CV	35,88	34,33	26,53	26,04	25,01

La tabla 4, presenta el contenido de proteína en la hoja y tallo (no se obtuvieron datos del contenido de proteína en la raíz). El análisis de varianza detectó diferencias significativas en la fase de ramificación cuando se aplicaron 0, 125, 250 y 500 kg N ha⁻¹ en los cuales se alcanzaron promedios de 9,62 y 12,09% de proteína en tallos y hojas respectivamente, los máximos valores se encontraron en la dosis mayor (500

kg N ha⁻¹), en el inicio de panojamiento se obtuvo valores promedios de 10,90 y 19,97 % en tallos y hojas respectivamente, en la fase de inicio de floración no hubo diferencias en el contenido de proteína en tallos, por el contrario el contenido de proteína en las hojas presentó diferencias significativas (Tabla 4), donde el valor máximo 19,76 % se detectó en la dosis mayor (500 kg N ha⁻¹).

Tabla 4. Contenido de proteína en tallos y hojas de la quinua en las tres primeras fases.

Estiércol (Mg ha ⁻¹)	Nivel N (kg ha ⁻¹)	Ramificación (53 días)		I. Panojamiento (75 días)		I. Floración (82 días)	
		Tallo	Hoja	Tallo	Hoja	Tallo	Hoja
		-----Proteína %-----					
0	0	4,65 b	8,98 b	7,35 b	14,37 b	5,88 a	11,11 b
15	125	9,80 a	10,94 ab	8,98 b	17,31 b	5,23 a	11,27 b
30	250	10,78 a	11,92 ab	12,63 a	22,12 a	7,35 a	17,80 ab
60	500	13,23 a	16,50 a	14,63 a	26,08 a	8,98 a	19,76 a
CV		11,18	14,80	7,35	5,78	16,84	12,15

En la fase de grano pastoso el análisis de varianza no se encontró diferencias significativas del contenido de proteína en tallo, hoja y grano en los diferentes tratamientos. Al momento de la cosecha de igual forma no hubo diferencias significativas en los diferentes tratamientos del contenido de proteína en tallos y hojas (Tabla 5), sin embargo, hubo diferencias significativas en el grano, donde los valores altos (17,80 y

18,78 %) fueron en los tratamientos con aporte de 250 y 500 kg N ha⁻¹. Shulte et al., (2005) en un estudio realizado en Alemania, encontró diferencias significativas en los contenidos de proteína en el grano, cuando aplicaron 0; 75 y 150 kg ha⁻¹ de nitrógeno, encontrando valores con un promedio de 13,33% de proteína, alcanzando un valor de 15,01 % con la dosis mayor (225 kg ha⁻¹).

Tabla 5. Contenido de proteína en tallos y hojas de la quinua en las fases grano pastoso y cosecha.

Estiércol (Mg ha-1)	Nivel N (kg ha-1)	Grano Pastoso (138 días DDS)			Cosecha (167 días DDS)		
		Tallo	Hoja	Grano	Tallo	Hoja	Grano
0	0	2.61 a	4.66 a	8.66 a	3.10 a	4.66 a	11.11 b
15	125	3.76 a	4.90 a	8.97 a	3.43 a	4.41 a	11.27 b
30	250	2.53 a	5.88 a	9.96 a	3.59 a	3.92 a	17.80 a
60	500	4.44 a	7.35 a	10.38 a	3.76 a	3.92 a	18.78 a
CV		18.55	18.45	14.80	21.44	11.23	15.34

En la figura 2 se observa la fluctuación del contenido de proteína en la hoja y tallo en las diferentes fases fenológicas, el porcentaje de proteína en las hojas fue en ascenso hasta la fase inicio de panojamiento (20%) de ahí en adelante los valores de proteína van en descenso hasta el momento de la cosecha (4.2%). Romero (1976), obtuvo en materia seca, un contenido de 16,07%

de proteína en la fase de inflorescencia, el mismo escenario se observa en el tallo observando un alto valor de % de proteína (10.9%) en la fase de inicio de panojamiento. En muchas zonas del área andina se utilizan las hojas tiernas previas a la floración como hortaliza apta para la alimentación humana, recibiendo el nombre de "llipcha" o "lliccha".

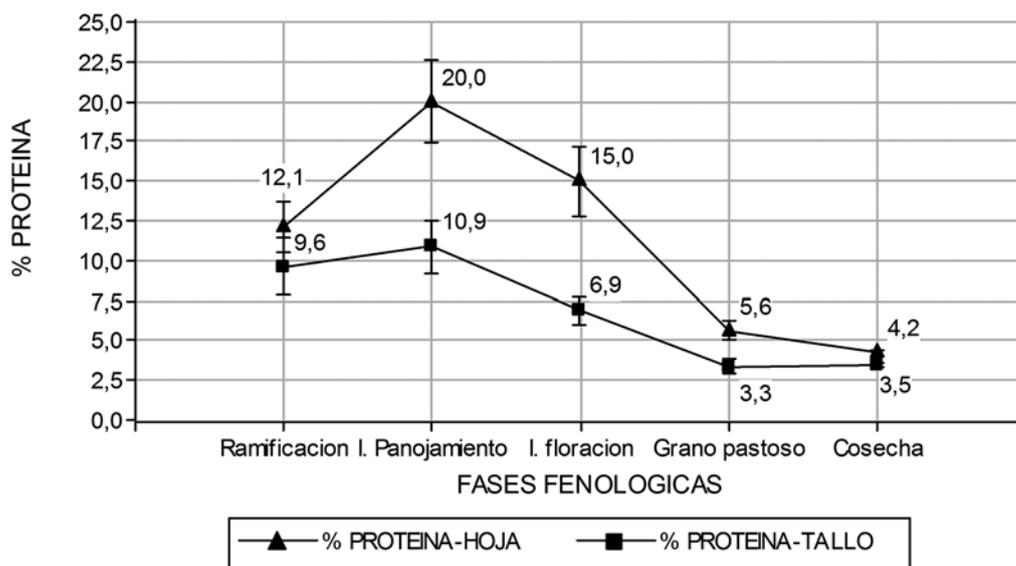


Figura 2. Fluctuación del % de proteína en las fases fenológicas de la quinua.

El rendimiento de la quinua fue influenciada significativamente ($P \leq 0,05$) con la aplicación de 0, 125, 250 y 500 kg N ha⁻¹, se observó que para las mayores dosis se presentaron los mayores rendimientos, alcanzando el máximo 4172,88 kg ha⁻¹ con la dosis de 500 kg N ha⁻¹ (Tabla 6), entre los tratamiento con 125 y 250 kg N ha⁻¹

no hubo diferencias significativas pero si con el tratamiento donde no hubo incorporación de nitrógeno alcanzando rendimientos de 1394, 4172 kg ha⁻¹ de grano. En un estudio realizado por Berti et al., (1998) no se reportan diferencias en el rendimiento, cuando se aplicaron 75, 150 y 225 kg N ha⁻¹.

Tabla 6. Rendimiento de grano bajo distintos niveles de aplicación de estiércol. Altiplano Central de Bolivia.

Estiércol (Mg ha-1)	Nivel N (kg ha-1)	Rendimiento grano	
		g planta -1	kg ha-1
0	0	4.48 ± 2.37 b	1394 ± 736.84 b
15	125	8.59 ± 2.11 ab	2674 ± 655.59 ab
30	250	10.68 ± 1.9 ab	3428 ± 569.13 ab
60	500	13.41 ± 2.31 a	4172 ± 718.46 a
CV		39.25	37.91

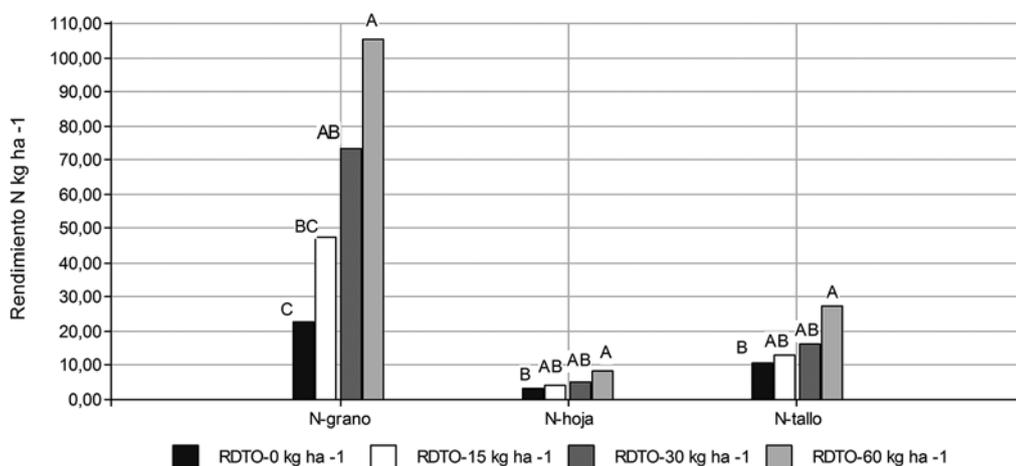


Figura 3. Nitrógeno extraído por el cultivo de la quinua bajo distintos niveles de aplicación de estiércol.

Con el análisis de varianza (Figura 3) se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$), en el nitrógeno extraído por las diferentes partes de la quinua con la aplicación de los distintos niveles de nitrógeno. Según la Figura 3, al aplicar 60 Mg ha^{-1} de estiércol (500 kg N ha^{-1}) el grano extrajo mayor cantidad de N ($105.5 \text{ kg N ha}^{-1}$) convirtiéndolo en proteína, el mismo escenario se observa en la hoja (8.4 kg N ha^{-1}) y tallo ($27.5 \text{ kg N ha}^{-1}$). Por otro lado la figura señala que se obtuvo mayor extracción de nitrógeno por el grano (73%) en comparación del tallo (19%) y hoja (6%). Miranda (2013), indica

que los granos de quinua llegarían a almacenar aproximadamente un 60% del nitrógeno, las hojas entre 1 y 3% y el tallo entre 21 y 29 por ciento.

La relación entre el rendimiento versus el nivel de aplicación de estiércol utilizado (Figura 4) muestra mayor productividad con el nivel de 60 Mg de estiércol ha^{-1} (500 kg N ha^{-1}), en relación a la aplicación de 30 y 15 Mg ha^{-1} . Por el contrario Miranda (2013) indica que la máxima productividad se obtuvo con el nivel de 15 Mg de estiércol ha^{-1} , en relación a la aplicación de 30 Mg ha^{-1} .

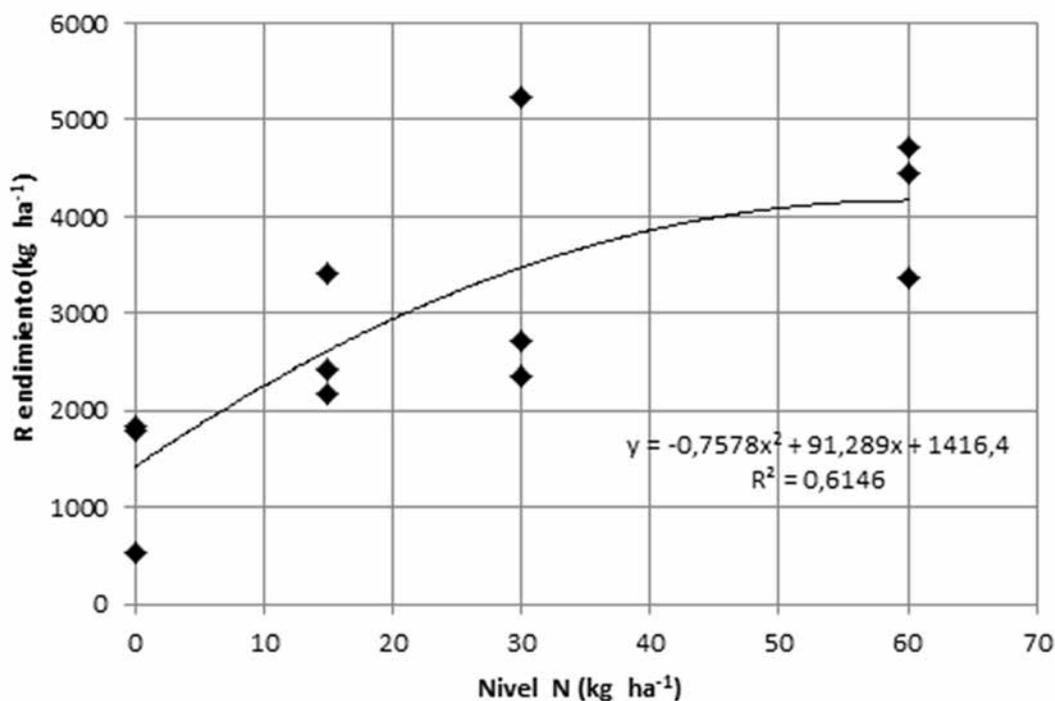


Figura 4. Relación del rendimiento relativo del cultivo de la quinua y los niveles de abonamiento orgánico.

CONCLUSIONES

El efecto de la aplicación de diferentes dosis de Nitrógeno es significativa en las últimas fases fenológicas y no así en las primeras (ramificación, inicio de panojamiento, inicio floración). El contenido de proteína en las hojas (20 %) y tallos (11%) va en ascenso hasta la fase de inicio de panojamiento y luego disminuye. El rendimiento de grano se vio influenciado significativamente por la aplicación de las diferentes dosis de nitrógeno alcanzando valores de 4172 kg ha⁻¹ cuando se aplicó hasta 500 kg de nitrógeno ha⁻¹ (60 Mg de estiércol ha⁻¹). Al momento de la cosecha el mayor porcentaje de nitrógeno se encuentra almacenada en los granos (73%).

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado gracias al apoyo logístico y financiero de los proyectos ANDESCROP y Quinagua – SUMAMAD de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, M.; Von Rütte, S.** 1990. Fertilización. *En*: Wahli, C. (ed.) Quinoa: Hacia su cultivo comercial. Ed. Latirencio S.A. Quito, Ecuador:107-114.
- Berti, M., Wilckens, R., Hevia, F., Serri, H., Vidal, I., Mendez, C.** 1998. Fertilización nitrogenada en quinua (*Chenopodium quinoa* WILLD). Universidad de Concepción. *Cien. Investig. Agr.* 27(2): 81-90.
- Calderón, I., Huarachi, A., Reynaga, A., Marza, F., Soto, J. L.** 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. 43 p.
- Del Castillo, C., Mahy, G., Winkel, T.** (2008) La quinua en Bolívia : une culture ancestrale devenue culture de rente “ bio-équitable “ *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 12(4): 421-435l.
- 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/](http://www.rlc.fao.org/es/publicaciones/quinua-cultivo-milenario-seguridad-alimentaria/).
- 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.
- 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.
- Jacobsen, S. E., Jorgensen, I., Stolen, O.** 2005. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *J. Agric. Sci.* 122: 47-52.
- Miller, C.E.** 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Centro regional de ayuda técnica. 96 p.
- Mujica A.** 1979. Prácticas agronómicas. *En*: Tapia M.E. et al., eds. La Quinoa y la Kañiwa cultivos andinos. Bogotá: CIID-IICA: 91-92.
- 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
- PROINPA.** 2004. Promoción e investigación de productos andinos. Conservación de recursos filogenéticos. *Revista Regional Altiplano.* La Paz – Bolivia. 10 p.
- Rodríguez, R. M.** 1991 Filosofía vegetal. Edit. Los amigos del libro. Cochabamba – Bolivia: 346, 360.
- Ranhotra, G. S., Gelroth, B. K., Glaser, K. J. Lorenz And D. J. Johnson.** 1993. Composition and protein nutritional quality of quinoa. *Cereal Chem.* 70(3): 303-305.
- Recalde, J.** 2007. Quínoa: posibilidades de su cultivo en las huertas familiares patagónicas. INTA E.E.A. Esquel. 4 p.
- Rodríguez, R. M.** 1991 Filosofía vegetal. Edit. Los amigos del libro. Cochabamba – Bolivia: 346- 360.
- Romero, A.** 1976. Plagas insectiles de la quinua, (*Chenopodium quinoa* W.), detectadas en el Departamento de Puno-Perú. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas II Convencion Internacional de Quenopodiaceas. 130 p.

Rouanet, J. 1994. Eficiencia fisiológica de uso de nitrógeno por cultivos anuales en futura agricultura sustentable. *Agric. Tec.* 54(2): 169-179.

Schulte, G., Kaul H., Kruse, M., Aufhammer, W. 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.

Sivila, R., Angulo, W. 2006. Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo (Patarani - Altiplano Central boliviano). *Ecología en Bolivia* 23: 33-47.

SOIL SURVEY STAFF 2006. Keys to soil taxonomy. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Tenth edition. 341 p.

Tudela, E. R. V. 1999. Fertilización nitrogenada en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo riego – seco y distancia entre surcos en el altiplano central. Tesis de grado. Oruro – Bolivia: 41 - 50.

Wahli, C. 1990. Quinoa: hacia su cultivo comercial. Latirenc S.A. Quito, Ecuador. Ed. Latirenc S.A. Quito, Ecuador. pp. 107-114.