

Evaluación del contenido mineral y extracción del nitrógeno y calcio en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*), durante el desarrollo vegetativo.

Evaluation of mineral nitrogen content and removal of calcium and two varieties of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) during vegetative growth

¹Emilio Basantes M.^a, ¹David Lazo A.^b y ¹David Obando R.^b

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el área experimental del IASA de cultivos a fin de determinar el contenido mineral y extracción de N y Ca en dos variedades de quinua (*Chenopodium quinoa*), diferenciadas en el contenido de saponina, bajo la aplicación de dos dosis de Ca y tres dosis de N, cuyos tratamientos fueron colocados en un diseño de parcela dividida completamente al azar, con 3 repeticiones. Las variables en estudio fueron: peso fresco en g/planta, peso seco (g/pl), contenido mineral y extracción de Ca y N. Los resultados indicaron uniformidad fenotípica para la variedad Tunkahuan frente a la diversidad de la var. Chimborazo. El contenido promedio de N fue similar en las dos variedades y sus contenidos fueron mayores a los 60 días después de la siembra (dds) con un promedio de 4.8% N y luego bajaron a 2.4% N. Referente a los testigos estos tuvieron mayor contenido de N. Con relación al crecimiento de la quinua, ésta presentó una fase de crecimiento inicial baja pero a partir de los 80 dds creció en forma lineal, indicando que es la fase de mayor absorción de nutrientes. En términos de extracción la var. Tunkahuan obtuvo mayor cantidad de N que la var. Chimborazo, con 247.7 y 146.2 kg N ha⁻¹, respectivamente. Con relación al calcio, la variedad Chimborazo alcanzó una cantidad de 93 kg N.ha⁻¹, en tanto que la variedad Tunkahuan obtuvo 147 kg N.ha⁻¹, debido a su mayor producción de masa seca. Por último, en lo que se refiere al contenido mineral de la quinua, la var Chimborazo obtuvo mayor contenido en macro y micronutrientes con relación a la var. Tunkahuan. Y de modo general la quinua se destaca por ser una buena fuente de N (3.5%), Ca (1.51%), alto en K (4.4%), y en microelementos como Fe y Mn, 76 y 262 mg.kg⁻¹.

Palabras clave: Dosis de calcio y nitrógeno, efecto de fuentes Ca, quinua y variedades de quinua.

ABSTRACT

This study was conducted at the experimental field of crop IASA to determine the mineral content and removing N and Ca in two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa*), differentiated saponin content under the two doses of Ca and three doses of N, whose treatments were arranged in a split plot design completely random, with 3 replications. The variables studied were: fresh weight in g/plant dry weight (g/pl), mineral content and extraction of Ca and N. The results showed phenotypic uniformity for variety Tunkahuan given the diversity of var. Chimborazo. The average N content was similar in the two varieties and their contents were higher at 60 days after sowing (das) with an average of 4.8 % N and then dropped to 2.4 % N. Regarding these witnesses had higher N content. As regards growth of quinoa, it presented a low initial growth phase but from 80 dds grew linearly, indicating that the phase is greater absorption of nutrients. Extraction in terms var. Tunkahuan scored higher amount of N that var. Chimborazo, with 247.7 and 146.2 kg N ha⁻¹, respectively. Relative to calcium, Chimborazo variety achieved N.ha amount of 93 kg⁻¹, while the variety Tunkahuan N.ha obtained 147 kg⁻¹, due to its higher dry matter production. Finally as regards the mineral content of quinoa, obtained higher content Chimborazo var macro and micronutrients in relation to the var. Tunkahuan. And generally quinoa is known for being a good source of N (3.5 %), Ca (1.51 %), high in K (4.4 %), and trace elements such as Fe and Mn, 76 and 262 mg.kg⁻¹.

Keywords: Dose of calcium and nitrogen, effect of Ca sources, quinoa y varieties of quinoa.

¹Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga-Ecuador.

^aIngeniero Agrónomo, ^bIngeniero Agropecuario.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con una gran biodiversidad y potencial agrícola, sin embargo, existen grandes sectores de la población rural y urbana que sufren hambre y presentan graves síntomas de desnutrición. La mala alimentación, y en consecuencia la desnutrición, son flagelos que azotan a la población adulta y escolar principalmente (Ministerio de Salud Pública, 2012). Existen plantas cuyo consumo de granos y hojas complementaría el acceso a proteínas, almidones, minerales y vitaminas, en cantidad y balance recomendada por la FAO u OMS (ver referencia), a diferencia de los que nos proporcionan actualmente muchos otros alimentos que forman parte de la despensa. La necesidad de fuentes alternativas de alimentación ha motivado al INIAP y al MAGAP organismos gubernamentales a impulsar la investigación de algunas plantas nativas, las cuales habían dejado de ser prioritarias, siendo una de ellas la quinua (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca, 2013).

La Quinua (*Chenopodium quinoa*) es una planta autóctona de los Andes y su origen se remonta alrededor del lago Titicaca (FAO et. al, 1990). Denominada como el "grano de los Incas", se asumen según vestigios de su existencia que fue cultivada y consumida miles de años antes de los Incas; aproximadamente desde la época prehispánica (hace 3000 a 5000 años) en los Andes y domesticada en los territorios que actualmente se conocen como Bolivia, Perú y Ecuador (Basantes, 2014). A raíz de la conquista española, se introdujo a América entre otros cultivos el trigo, por lo cual la quinua fue desplazada hacia tierras más altas

y disminuyó su producción al igual que otros cultivos que tradicionalmente habían venido manejando y consumiendo los nativos. Además, hay indicios de que los conquistadores al descubrir el alto contenido nutritivo de la quinua, prohibieron su cultivo para debilitar la resistencia física de los Incas (INIAP, 1995).

Según datos preliminares del Banco Central del Ecuador en el 2008 el país muestra niveles de exportación similares: 304 TM equivalentes a US\$ 557 mil. Siendo los mayores consumidores Norte América y Europa. En este sentido los nichos del mercado orgánico y del comercio justo ofrecen interesantes alternativas y mejores precios al productor, por lo que el precio de la quinua en el 2010 fue de US\$ 3,1/kg, muy por encima de la soya (US\$ 0,4/kg) (Banco Central del Ecuador, 2010).

El calcio parece actuar modulando la acción de todas las hormonas vegetales, regulando la germinación, el crecimiento y senescencia. Retarda la senescencia y abscisión de hojas y frutos. El ión calcio juega un papel importante en el desarrollo vegetal y regulación metabólica; un aumento en la concentración del calcio citoplasmático, activa la enzima 1,3 β -glucansintetasa, situada en la membrana plasmática, dando lugar a la formación de callosa (1,3 β -D-glucosa) (Boira y Costa, 1998, 33-54). El ión calcio libre, se reconoce actualmente como un regulador intracelular importante de numerosos procesos bioquímicos y fisiológicos. El calcio actúa como un segundo mensajero en bioregulación, vía calmodulina, que es regulada por el mismo calcio (Sillanpaa, 1992, 71).

En fin, la quinua ha sido conocida por ser un cultivo de alto valor nutritivo en cuanto a N y Ca pero no existe investigación que soporte cuanto extrae la quinua durante su ciclo vegetativo, de ahí que se ha llevado este estudio para determinar el efecto del calcio y nitrógeno en el rendimiento y contenido de proteína en dos variedades de quinua en la hacienda el Prado de la Facultad de Ciencias Agropecuarias como una alternativa para mejorar el rendimiento e incremento de proteína en las dos variedades de quinua.

Ramírez et.al, 2002, señala que el nitrógeno es el elemento integrante de proteínas, clorofila, aminoácidos, albuminas vegetales y fermentos. A medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos, se transforman en crecimiento de las hojas, aumentando la superficie fotosintética, por lo que se ha encontrado una correlación entre la cantidad de nitrógeno suministrado y el área foliar disponible para la fotosíntesis, este efecto se pudo evidenciar por el aumento de la síntesis proteica y del protoplasma.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue llevado a cabo en la Hacienda El Prado de la Universidad de las Fuerzas Armadas en el cantón Rumiñahui provincia de Pichincha, ubicado en las coordenadas DMS: Longitud: 78°24'44" W, Latitud: 0°23'20" S y Altitud: 2748 msnm., con una precipitación promedio anual de 1325 mm, humedad relativa del 68%, temperatura anual media 14°C y brillo solar de 2-3 horas diarias.

Las variedades utilizadas fueron: La var. Tunkahuan que se caracteriza por ser una quinua dulce, planta de color uniforme,

altura promedio 1,60 m a la madurez, muy ramifica de mayor área foliar y ciclo más precoz que la var. Chimborazo, la cual presento gran diversidad de color en planta y panoja. Esta variedad alcanzo un ciclo de 180 días y fue resistente al acame, y pertenece a las quinuas amargas por su elevado contenido de saponina (0.36%).

Se evaluó el efecto de 14 tratamientos que son resultantes de la combinación de dos dosis de calcio: 50 y 100 Kg · ha⁻¹, usando como fuente Ca CO₃ y Ca (NO₃)₂ y 150 Kg · ha⁻¹; y tres niveles de nitrógeno: 50, 100 y 150 Kg · ha⁻¹, y dos variedades más un testigo por variedad; dispuestos bajo un diseño de parcela dividida completamente al azar con tres repeticiones.

Las variables en estudio y sus respectivas evaluaciones fueron:

(a) *Producción de masa verde (g/pl)*, se tomó el peso fresco de tres plantas de quinua por unidad experimental de la parte aérea de la planta, sin raíces a los 40, 80, 120 y 160 ddp.

(b) *Producción de masa seca (g/pl)*, se tomaron tres plantas de quinua de la variable anterior y se las colocó en una funda de papel para introducirlo en la estufa a 60 °C durante 48 a 72 horas a los 40, 80, 120 y 160 dds para después tomar el peso seco.

(c) *Niveles de N en hojas*, A los 60 y 90 días después de la siembra se realizó el análisis bromatológico de las hojas. Para esto se colectó una muestra de 1 kg de hojas de cada unidad experimental. El análisis se realizó en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido y extracción de Nitrógeno

El contenido de nitrógeno en la planta según la Tabla 1 indica que a los 60 días después de la siembra tuvo un promedio de 4.8% N, siendo la var. Tunkahuan ligeramente mayor con 4.84, en tanto que, a los 90 días el promedio fue de 2.40% N, y donde la var. Tunkahuan continúa siendo ligeramente mayor de la var. Chimborazo. La diferencia del contenido de nitrógeno en la fase de crecimiento de la quinua indica que la quinua es un cultivo que requiere mayor cantidad de nitrógeno en las etapas tempranas para favorecer la mayor producción de masa vegetativa. Una vez que la planta ha alcanzado su desarrollo vegetativo disminuye el contenido de N, en el área foliar debido a que la planta orienta su producción al desarrollo del aparato reproductivo y apareamiento de las inflorescencias, siendo una etapa que no requiere mucho N, sino otros elementos como fósforo y calcio. Esto también indica que el N en el contenido foliar disminuye ya que se produce translocación de N de las hojas al desarrollo de la panoja y formación del grano.

Tabla 1. Contenido de nitrógeno total (%) en quinua.

VAR.	TRATAMIENTOS	60 dds	90 dds
CHIMBORAZO	T1(V1 Ca50 N50)	4,7	1,97
	T2(V1 Ca50 N100)	5,1	2,37
	T3(V1 Ca50 N150)	4,67	2,5
	T4 (V1 Ca100 N50)	4,07	2,03
	T5 (V1 Ca100N100)	5,1	2,43
	T6 (V1 Ca100 N150)	5,33	2,8
TUNKAHUAN		4.83	2.35
	T7 (V2 Ca50 N50)	4,27	2,13
	T8 (V2 Ca50 N100)	4,73	2,37
	T9 (V2 Ca50 N150)	r	2,73
	T10(V2 Ca100 N50)	4	1,97
	T11(V2 Ca100N100)	5,23	2,3
	T12(V2Ca100 N150)	5,47	3,43
		4.84	2.49
	T13 V1 Ca 0 N80	5,43	2,6
	T14 V2 Ca 0 N80	5,17	2
	media	4,9 ± 0.5	2,4 ± 0.4
	CV %	10,21	16,90

En cuanto a la extracción de N presentada en el Figura 1, se observa que las dos variedades de quinua presentaron una tendencia de crecimiento cuadrática con excelente correlación. En esta curva de absorción del nitrógeno se observa que la quinua a los 40 y 80 dds obtuvo valores promedios de nitrógeno absorbido comprendidos entre 12 y menores a 60 kg N.ha⁻¹, respectivamente, pero este contenido de nitrógeno se dispara en sentido ascendente llegando a extraer un promedio de 146 Kg N/ha para la var. Chimborazo y 247 kg N/ha para la var. Tunkahuan, en tanto que, los testigos de cada variedad alcanzaron alrededor de 170 kg N/ha de promedio.

Estos acontecimientos marcados en la curva de absorción del N por el cultivo indican que la quinua inicialmente presenta una fase de crecimiento baja, donde la absorción de N es menor de 60 kg N/ha, pero luego hay una fase de rápido crecimiento que ocurre partir de los 80 dds, llegando a absorber un promedio de 193 kg N/ha, siendo además la var. Tunkahuan la que mayor cantidad de N extrae.

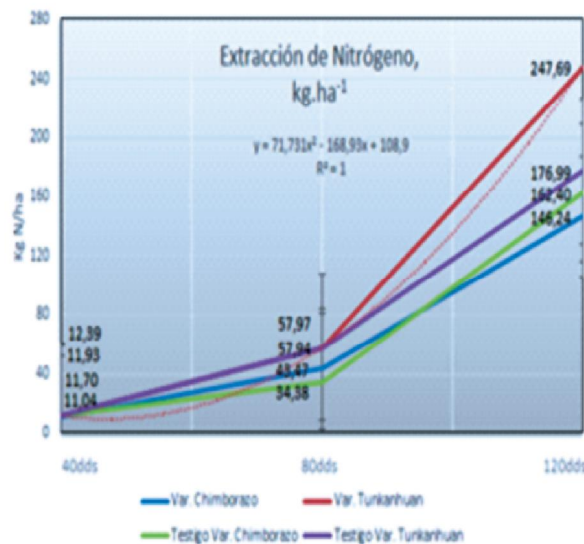


Figura 1. Extracción de nitrógeno, kg.ha⁻¹.

Estos datos sirven para conocer los requerimientos de la quinua, y de esa forma saber cuáles etapas de crecimiento son las de mayor absorción. Por lo que, conociendo estas necesidades podemos adoptar formas de recomendación de fertilizantes y reciclar el material residual para balancear el estado nutricional del suelo y no dejar que el suelo se perjudique. De esta forma, se puede recomendar que para obtener mayor aprovechamiento del N este se debe aplicar entre los 40 y 60 días después de la siembra, la misma que favorecerá obtener mayor crecimiento y ayudará inclusive a cortar el ciclo vegetativo.

En fin, los datos obtenidos de absorción de N ratifican que la quinua presenta una fase inicial de bajo crecimiento pero esta se dispara en forma lineal a partir de los 80 días por lo que la fertilización de la quinua debe orientarse a estos periodos.

Contenido mineral en la quinua

Según los contenidos nutricionales de macronutrientes presentados en la Tabla 2 y Figura 2 se puede apreciar que los contenidos son ligeramente mayores en la Chimborazo frente a la var. Tunkahuan, a excepción del P y Ca. Estos contenidos fueron evaluados a los 120 días después de la siembra, cuya etapa correspondía a floración para la var. Tunkahuan mientras que para la var. Chimborazo estaba en desarrollo vegetativo, por lo que deduce que la var. Chimborazo mantiene mayor contenido nutricional en el área vegetativa, ya que está aún en una fase de crecimiento y por lo tanto necesita de mayor absorción de elementos ya que su ciclo

vegetativo fue más largo que la var. Tunkahuan.

Sin embargo, para P y Ca la var. Tunkahuan ligeramente presentó los mayores valores, y en cuya fase la planta estaba en plena floración, que correlacionando con la presencia de esos elementos, se indica que el Ca y P funcionan como inductores de la floración, lo cual fue observado en otro cultivo diferente a la quinua, como es el caso de la piña (*Ananas comosus*), realizado en un suelo tropical para evaluar la inducción floral (Basantes et. al, 2012).

Los contenidos de micronutrientes observados en la Figura 3, correspondientes a las dos variedades de quinua, una la var. Tunkahuan que es una variedad dulce caracterizada por tener un mínimo contenido de saponina (0,06 %) y la variedad Chimborazo que es una quinua amarga que posee mayor contenido de saponina (0,36 %) y que para su consumo directo se necesita hacer un lavado de saponina, los valores de los oligoelementos en la planta fueron también ligeramente mayores en B, Cu, Fe y sobre todo en Mn para la var. Chimborazo, excepto el Zn que fue mayor en la Tunkahuan.

En general, los valores nutricionales obtenidos en la quinua indican que la Var. Chimborazo tuvo mayores contenidos en macro y micronutrientes que la Tunkahuan.

Tabla 2. Contenido de macronutrientes en la quinua.

Variedad	N	P	K	Ca	Mg	S
	%					
Chimborazo	4,1	0,33	4,7	1,4	0,99	0,32
Tunkahuan	3,2	0,39	4,2	1,6	0,94	0,28
media	3,65	0,36	4,4	1,5	0,96	0,30

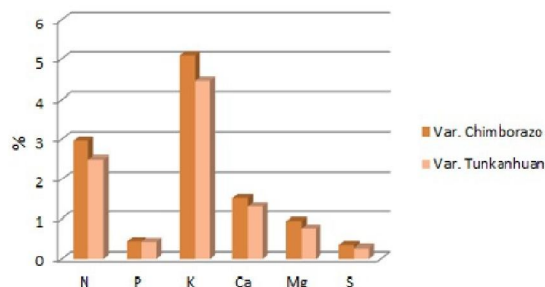


Figura 2. Contenido de macronutrientes en quinua (%)

En la Figura 2 y 3 se observa que la quinua posee alto contenido en N, Ca y K, mediano en Mg y bajo en P y S. En tanto que, en microelementos es apreciable en B, Zn, y Cu, mediano en Fe y alto en Mn.

Estos valores ratifican que la quinua es un excelente alimento que provee cantidades muy significativas de minerales, lo hace que pueda usarse como fuente de minerales en la alimentación animal, cuyas funciones contribuyen a incrementar el contenido proteico, mejoran el metabolismo mineral por su acción enzimática y oxidativa.

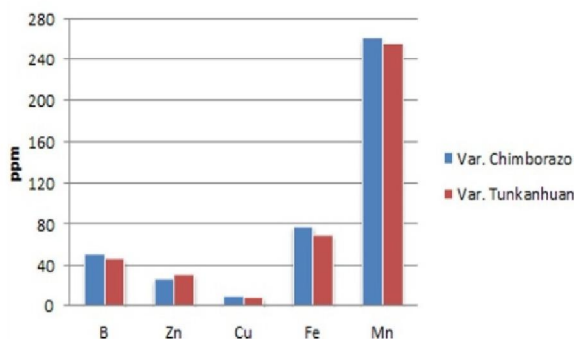


Figura 3. Contenido de micronutrientes en quinua (ppm)

Es necesario recalcar que la quinua se destaca por su elevado contenido de K, N, P, Mg y Mn. Mediano en Ca, S y Fe. Los otros elementos están como trazas y disponibles para favorecer su actividad enzimática y metabólica.

Requerimiento y contenido de calcio en quinua

Los resultados del contenido promedio de calcio en la var. Chimborazo fue de 1.53 % Ca y 1.31% Ca para la var. Tunkahuan. Correlacionando estos valores con la producción de masa seca y época de floración se obtuvo que la variedad Chimborazo alcanzó una cantidad de calcio de 93 kg N.ha⁻¹, en tanto que la variedad Tunkahuan obtuvo 147 kg N.ha⁻¹, esto se debe a que esta variedad obtuvo mayor producción de masa vegetal que la var. Chimborazo, lo que hace que tenga mayor capacidad de absorción de elementos, en especial del calcio motivo de estudio.

CONCLUSIONES

La quinua en general presentó altos contenidos de macronutrientes en especial N (3.5%), K (4.4%), Ca (1.51%) y en microelementos como Fe y Mn, 76 y 262 mg.kg⁻¹.

La variedad Chimborazo presentó valores ligeramente mayores que la Tunkahuan en relación a macro y micronutrientes.

Referente a la extracción de N, la quinua extrajo una cantidad promedio de 197 kg N ha⁻¹, siendo la variedad Tunkahuan la que mayor extrae (247,7) frente a la Chimborazo con 146,2 kg N ha⁻¹, esas cantidades tienen relación directa con la producción vegetativa de la planta, presentada hasta la floración.

La Variedad Chimborazo presentó un ciclo vegetativo mayor que la var. Tunkahuan, además fue más variable en colores, crecimiento y diversidad de plantas, ya que es una variedad que proviene de variedades

nativas mejoradas del sur de Riobamba, en tanto que la Tunkahuan es uniforme en especies y fenotipo.

La quinua obtuvo contenidos de calcio de 1.53 y 1.31 % Ca para la var. Chimborazo y Tunkahuan, respectivamente. Y dado a la mayor producción de masa seca por parte de la Var. Tunkahuan está absorbió 147 kg N.ha⁻¹ frente a la Chimborazo con 93 kg N.ha⁻¹.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Central del Ecuador. 2010. *Comunicado de información estadística*. Consultado Julio 2013. <http://www.bce.fin.ec/index.php/informacion-estadistica>. Quito, Ecuador.

Basantes, M. E. 2014. *Curso de Cultivos*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Basantes, S., Chasipanta, J., Basantes, E. y N. Soria. 2012. Determinación del requerimiento nutricional del fósforo sobre la inducción floral sobre el cultivo de piña (*Ananas Comosus*). Tesis de grado. Escuela Politécnica del Ejército, Quito.

Boira, D. y C. Acosta. 1998. *Nutrientes activos y pasivos que ayudan a la perfección en los desarrollos de la planta*. Belgrano: Universidad de Belgrano.

FAO, UNA, Puno, U. Concepción, Chillan. 1990. *El cultivo de la quinua, producción, mejoramiento genético y utilización*. Santiago de Chile: Oficina Regional de FAO.

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. 1995. Boletín divulgativo N° 175. Quito, Ecuador.

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca. 2013. Documento presentado como comunicado. Consultado el 20 de Julio del 2013. Disponible en <http://www.magap.gob.ec/>.

Ministerio de Salud Pública. 2012. Documento presentado como comunicado. Consultado el 15 de Junio del 2013. <http://www.salud.gob.ec/>. Quito, Ecuador.

Ramirez, G. Peralta, E., Camargo, C., Bragantini, C. y Moreno. 2002. *Nitrógeno el principio de toda función*. Documento presentado en la Discusión nutricional V Congreso Internacional FAO 2001 en Bucaramanga, Colombia.

Sillanpaa, M. 1992. Los elementos en los suelos y en la agricultura. 71 p.

Correspondencia:

Emilio Rodrigo Basantes Morales.
erbasantes@espe.edu.es