



Efecto de la fertilización nitrogenada en el contenido proteico y pigmentos de Amaranto (*Amaranthus caudatus* L)

Nitrogen fertilization effect on proteic and pigment content of Amaranth (*Amaranthus caudatus* L)

Emilio Basantes M. ^(*), David Terán S. ^(a)

^(a) Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA I. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, Ecuador.

^(*) emiliobasantes@yahoo.es

Resumen

A fin de evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno en el contenido proteico y pigmentos en el crecimiento fisiológico del cultivo de amaranto variedad Alegría para empleo agroindustrial, se realizó esta investigación con la aplicación de tres dosis de N (50, 100, 150 kg N ha⁻¹) en dos etapas fisiológicas (40 y 80 días después de la siembra) más un control, con 3 repeticiones; bajo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 3x2+1.

Las variables estudiadas fueron: altura de la planta, producción vegetal, contenido de proteína y pigmentos. Los resultados indicaron que el tratamiento T6 (150 kg N. ha⁻¹, E 80 días) alcanzó la mayor producción vegetal y altura por planta con un promedio de 131 cm y el menor correspondió al T2 (71 cm). El contenido de Nitrógeno (N) foliar en todos los tratamientos fue mayor a los 50 días con un promedio de 4.52 % N, en tanto que a los 90 días después de la siembra (dds) tuvo un valor de 3.50 % N. La disminución del contenido de N foliar conforme avanza el ciclo del cultivo indica que la actividad metabólica se orienta en la reproducción o floración, etapa que no requiere mucho N, sino otros elementos como P y Ca. Por último, se concluye que el N es un elemento esencial con afecto en la producción de proteínas y pigmentos. El amaranto es un cultivo de gran valor nutritivo referente a K, N, Ca y Mg, y micronutrientes como Fe y Mn.

Palabras clave: efecto de dosis de nitrógeno, Amaranto Var. Alegría, contenido de proteína y pigmentos.

Abstract

In order to evaluate the effect of different doses of nitrogen on the protein content and pigments in the physiological growth of the cultivation of Amaranth variety Alegría for agro industrial employment, research was conducted that implemented three doses of N (50, 100, 150 kg N ha⁻¹) in two physiological stages (40 and 80 days after sowing) along with three replications, under a design of blocks to the randomized with arrangement factorial 3x2+1. The variables studied were plant height, plant production in g/plant, protein content, and pigments. The results indicated that the treatment T6 (150 kg N. has-1, E 80 days) treatment T6 (150 kg N. has-1, E 80 days) had the highest plants, with a plant height average of 131 cm, and treatment T2 had the shortest plants, with a plant height average of 71cm. The content of Nitrogen (N) leaf in all treatments was higher 50 days after sowing with an average of 4.52 % N, while 90 days after sowing it had a value of 3.50 % N. This decrease in foliar N content as the crop cycle advances indicates that metabolic activity is oriented in playback or flowering, a stage that does not require much N but others elements as P and Ca. Finally, it is concluded that N is an essential element, which effects the production of protein and pigments in the plant. Amaranth is a crop of full of great nutrients, like K, N, Ca and Mg, and micronutrients like Fe and Mn.

Key words: effect of dose of nitrogen, Var. Amaranth Alegría, contained protein and pigments.

Recibido 14-04-2016
Aceptado 18-10-2016



¿A qué problema social contribuye esta investigación?

La mala alimentación y en consecuencia la desnutrición, son flagelos que afectan principalmente a la población adulta y escolar. Existen plantas cuyos frutos, granos y hojas, tienen altos contenidos de proteínas, almidones, minerales y vitaminas, en cantidad y balance superior al que le proporcionan actualmente muchos alimentos. La necesidad de fuentes alternativas de alimentación ha motivado el impulsar la investigación de algunas plantas nativas, con alto contenido proteico, una de estas es el Amaranto.

1 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. El INIAP, (1985) indica que la mala alimentación y en consecuencia la desnutrición, son flagelos que azotan a la población adulta y escolar principalmente. Existen plantas cuyos frutos, granos y hojas, favorecen el consumo de proteínas, almidones, minerales y vitaminas, en cantidad y balance superior al que nos proporcionan actualmente muchos alimentos. La necesidad de fuentes alternativas de alimentación ha motivado al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) y al Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), organismos estatales para impulsar la investigación de algunas plantas nativas, las cuales habían sido olvidadas. El MAGAP, (2013) informa que el Amaranto es una de las plantas importantes (Figura 1).



Figura 1. Amaranthus var. Alegria, por Basantes y Terán (2016)

El Amaranto es una planta que pertenece a la familia de los Amaranthaceae y al género *Amaranthus Spp.* Es un cultivo anual y puede alcanzar de 0.5 a 2.5 metros de altura. Su ciclo vegetativo tiene un promedio de 180 días, desde que germina hasta que alcanza su madurez según Peralta, (2012) y Basantes, (2015). La familia Amaranthaceae reúne cerca de 60 géneros y más de 800 especies, pero existen tres que producen semilla y son las más apreciadas, entre las cuales está *Amaranthus Caudatus* que se cultiva en la región de Los Andes y se comercializa como planta de ornato principalmente en Europa. En los últimos años se ha extendido el mercado de consumo en países industrializados incluyendo Estados Unidos, Japón y Alemania. El amaranto es considerado como el mejor alimento de origen vegetal para consumo humano, siendo superior a la soya, maíz y trigo por la alta presencia de lisina. Además, contiene vitaminas, proteínas, minerales, flora, grasas, entre otros; por lo que forma parte de la dieta de los astronautas en misiones espaciales.

El amaranto junto con la quinua, son dos de los alimentos milenarios que han contribuido con la seguridad alimentaria del mundo, por su alto grado nutricional. Tradicionalmente en el Ecuador se conoce al amaranto como sangorache negro, cuyas hojas son utilizadas como ingrediente de la típica colada morada. Según datos del Banco Central del Ecuador- BCE, (2010) en el 2008 el país muestra niveles de exportación similares: 304 TM equivalentes a US\$ 557 mil. Siendo los mayores consumidores Norteamérica 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 y amaranto en el 2010 fue de US\$ 3.1/kg, muy por encima de la soya (US\$ 0.4/kg).

El amaranto ha sido conocido por su alto valor nutritivo en cuanto a N y Ca pero no existe investigación que soporte cuanto extrae el amaranto durante su ciclo vegetativo, de ahí que se ha llevado este estudio para determinar el efecto del nitrógeno en el rendimiento vegetal y contenido de proteína en la variedad Alegria de Amaranto, en la hacienda El Prado, Carrera de Ciencias Agropecuarias IASA 1 como una alternativa para mejorar el rendimiento e incremento de proteína en la variedad de Amaranto. Señala Ramírez, Peralta, Camargo, Bragantini y Moreno, (2002) que el nitrógeno es el elemento integrante de proteínas, clorofila, aminoácidos, albúminas 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 puede evidenciar por el aumento de la síntesis proteica y del protoplasma.

2 Materiales y métodos

El experimento fue llevado a cabo en la Hacienda El Prado de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE 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 1200 mm, humedad relativa del 68%, temperatura media anual de alrededor de 15°C y brillo solar de 2 a 3.5 horas diarias.

Se utilizó la variedad Alegría del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias- INIAP, (2010), que se caracteriza por ser un Amaranto dulce, planta de color uniforme, altura promedio 1,70 m a la madurez, muy ramificada de mayor área foliar y ciclo más precoz. Esta variedad alcanza un ciclo de 180 días, es resistente al acame y se ha adaptado a las condiciones de suelo y clima del IASA 1 (Basantes, 2015).

Se realiza un diseño de la parcela experimental, sembrada a chorro continuo y distanciado a 80 cm., entre surco (Figura 2).



Figura 2. Diseño de la parcela experimental, sembrada a chorro continuo y distanciada a 80 cm entre surcos, por Basantes y Terán (2016)

La tabla 1, contiene los factores de estudio: tres niveles de nitrógeno: 50, 100 y 150 kg N ha⁻¹, aplicados en dos épocas: 40 y 80 días después de la siembra, y un testigo; dispuestos bajo un diseño de bloques completamente al azar, en arreglo factorial 3 x 2 + 1, con tres repeticiones.

Tabla 1

Nomenclatura de los tratamientos de acuerdo a los factores de estudio, por Basantes y Terán (2016).

T1	N1 E1	50 Kg N; 40 dds
T2	N1 E2	50 Kg N; 80 dds
T3	N2 E1	100 Kg N; 40 dds
T4	N2 E2	100 Kg N; 80 dds
T5	N3 E1	150 Kg N; 40 dds
T6	N3 E2	150 Kg N; 80 dds
T7	Control	

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 amaranto por unidad experimental de la parte aérea de la planta, sin raíces a los 20, 40, 80 y 90 dds.

(b) *Producción de masa seca (g/pl)*, se tomaron tres plantas de amaranto de la variable anterior y se las colocó en una funda de papel para introducirlo en la estufa a 65 °C durante 48 a 72 horas a los 20, 40, 80 y 90 dds para después tomar el peso seco.

(c) *Niveles de N en hojas*, A los 50 y 90 dds se realizó el análisis bromatológico de las hojas. La determinación se realizó en una muestra foliar de cada unidad experimental. El análisis se lo realizó en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP.

(d) *Contenido de pigmentos en Amaranto (mg/g)*. A los 50 y 90 dds se realizó el análisis cromatógrafo en las hojas de cada nivel de nitrógeno (50, 100 y 150 kg) y en las dos etapas. Para esto se colectó una muestra de 20 g de materia vegetal de hojas de cada unidad experimental. El análisis se lo realizó en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, IASA.



3 Resultados

3.1 Contenido y extracción de Nitrógeno

El contenido de nitrógeno en la planta según los tratamientos y bloques establecidos en el experimento se presenta en la tabla 2, donde se puede observar que estos fueron significativos con el tiempo, siendo mayores a los 50 dds con un valor promedio de 4.52 % N, en tanto que a los 90 días el contenido de nitrógeno fue ligeramente menor con 3.5 % N. El coeficiente de variación con relación al tiempo de determinación del contenido de nitrógeno indica que el N varía en función de la etapa de crecimiento de la planta, donde los valores a los 50 y 90 dds, tuvieron una variabilidad de 13.2 y 14.04 %, respectivamente.

Tabla 2

Contenido foliar de nitrógeno total (%) en el cultivo de Amaranto, por Basantes y Terán (2016)

Contenido foliar de N (%), en Amaranto		
Tratamiento*	50 dds	90 dds
N50 E40 R1	4,1	3,84
N50 E40 R2	3,8	2,91
N50 E40 R3	4,0	3,57
N50 E80 R1	4,07	3,37
N50 E80 R2	4,25	3,98
N50 E80 R3	3,98	3,43
N100 E40 R1	4,27	3,57
N100 E40 R2	4,83	4,83
N100 E40 R3	4,73	2,95
N100 E80 R1	5,33	3,76
N100 E80 R2	4,0	3,61
N100 E80 R3	5,23	3,45
N150 E40 R1	5,47	3,8
N150 E40 R2	4,84	3,26
N150 E40 R3	5,1	3,26
N150 E80 R1	5,17	3,78
N150 E80 R2	4,97	4,22
N150 E80 R3	5,33	3,11
C R1	3,91	3,01
C R2	3,79	2,95
C R3	3,83	2,83
media	4,52	3,50
STD	0,599	0,491
CV (%)	13,2	14,0

Nota. * N= nitrógeno; E= época de aplicación; R repetición.

En la tabla 3, se presentan los resultados de la variación del contenido medio de nitrógeno, de acuerdo a los tratamientos. Los valores indican que no hubo variación significativa por efecto de la aplicación de los niveles de N y épocas de aplicación, pero si fue significativo con el testigo, durante los tiempos evaluados. Aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo los niveles de 150 kg de N aplicado por hectárea dio mayores contenidos de N en la planta, con un valor de 5.16 % N para el T6, seguido por el T5 (5.14 % N). En tanto que, el testigo tuvo un promedio de 3.84 % N, que significativamente fue menor en comparación a los tratamientos aplicados con N, por lo que se puede manifestar que el cultivo de amaranto si responde a la aplicación de N, el cual va a determinar aumento del contenido proteico. Por ejemplo, si multiplicamos por el factor 6.25 al contenido de N, en el caso del T6 (5.16 x 6.25), el contenido de proteína es de 32.2 %, en tanto que, el testigo siguiendo el mismo procedimiento llega a 24 % de proteína. Este incremento de proteína (8.2 %) del T6 con relación al testigo es significativo, por lo que el N si tuvo efecto en el contenido de proteína.

Tabla 3

Contenido medio de N en el amaranto según los tratamientos, a los 50 y 90 dds, por Basantes y Terán (2016)

Tratamiento	Dosis N Época	% N 50 dds	% N 90 dds
T6	N150 E80	5.16 a	3,70 a
T5	N150 E40	5.14 a	3,44 a
T4	N100 E80	4.85 a	3,61 a
T3	N100 E40	4.61 a	3,78 a
T2	N50 E80	4.10 a	3,59 a
T1	N50 E40	3.97 a	3,44 a
T0	Control	3,84 b	2,93 b
Media		4,52	3,50

Según los resultados, los tratamientos que recibieron 150 kg N/ha, fueron los que presentaron los mayores contenidos de N en la planta, lo que indica que el amaranto responde a la aplicación de N (Figura 3) en forma lineal en la etapa vegetativa y polinómica en la etapa de reproducción. La diferencia del contenido de nitrógeno en las fases de crecimiento, indica que el amaranto es un cultivo que requiere mayor cantidad de nitrógeno en las etapas tempranas, para favorecer la producción vegetal. A medida que la planta supera la fase vegetativa, se observa que disminuye el contenido de N en el área foliar, debido a que la planta orienta su actividad metabólica al desarrollo de las inflorescencias, siendo una etapa que no requiere mucho N, sino la actividad de otros elementos como fósforo y calcio. Es

decir, al final de la etapa vegetativa, el N disminuye, posiblemente por la translocación del N foliar al apareamiento de la floración, panojamiento y formación del grano.

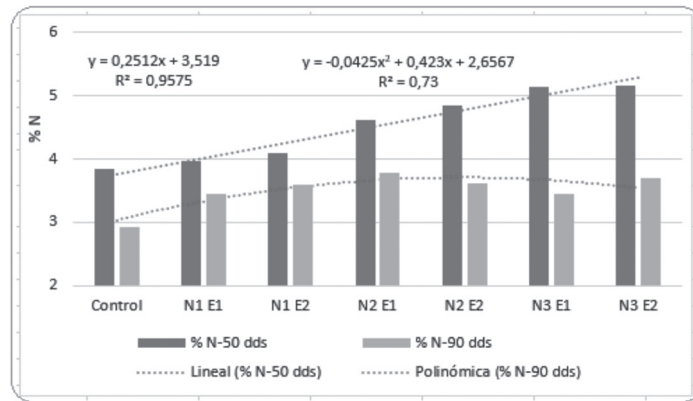


Figura 3. Porcentaje de nitrógeno en la planta en función de los tratamientos obtenidos a los 50 y 90 dds

3.2 Extracción de N

En cuanto a la extracción de N presentada en la Figura 4, se observa que el amaranto es un cultivo que extrae altas cantidades de nitrógeno, las cuales se incrementaron a partir de los 40 días de aplicación del fertilizante.

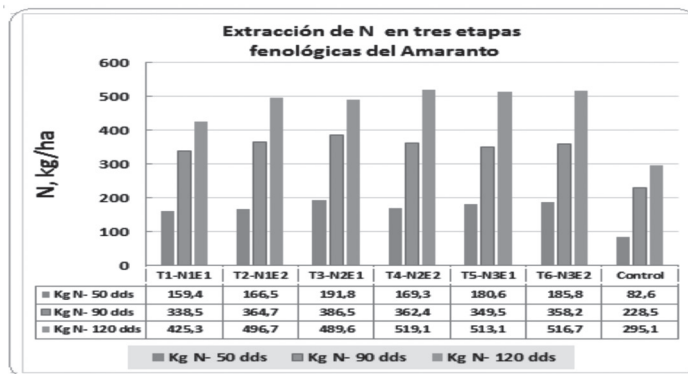


Figura 4. Extracción de nitrógeno, kg.ha⁻¹

Los resultados indicaron que los tratamientos T3 y T4 absorbieron las mayores cantidades de N en promedio 417.1 y 412.6, respectivamente, en tanto que, el testigo fue el que menor N extrajo con 216.9 kg ha⁻¹. En caso de realizar un nuevo cultivo estas cantidades de N habrá que aplicarse al suelo en forma fraccionada: a la siembra, a los 40 y 80 dds de preferencia, para cubrir las necesidades de N del Amaranto.

En la Figura 5, se representa las tendencias de absorción de N de los tratamientos aplicados con nitrógeno en la época 1 (40 dds), frente al control donde no fue aplicada ninguna fuente de nitrógeno. Se observa que el amaranto a los 50, 90 y 120 dds, tuvo un comportamiento lineal como tendencia de absorción de N con un R² igual a 0,97, que significa una alta correlación; lo que indica que en los tratamientos que recibieron N el cultivo responde a la aplicación de este como fuente esencial para favorecer su crecimiento, frente al testigo, pudiendo llegar a extraer del suelo cantidades elevadas de kg de N ha⁻¹ (500 kg ha⁻¹) a los 120 dds. Sin embargo, se puede observar que a los 90 dds los tratamientos presentaron una ligera inclinación en la absorción de N, periodo que coincide con el florecimiento del cultivo, por lo que esta etapa fenológica sería la de máxima absorción de N y otros nutrimentos. La cantidad de N extraída en esta etapa que corresponde a la floración, representa los requerimientos nutricionales que necesita la planta para cubrir las necesidades durante el ciclo del cultivo. Así tenemos por ejemplo que el tratamiento T5 que fue el que obtuvo el mayor contenido de N en la planta de los tratamientos correspondientes a la aplicación de N en la E1, a los 50 dds alcanzó 5.14 % N en la planta y extrajo o requiere 410 kg N ha⁻¹, en tanto que, el testigo que tuvo 3.84 % N, el requerimiento corresponde a 228.5 kg N ha⁻¹.

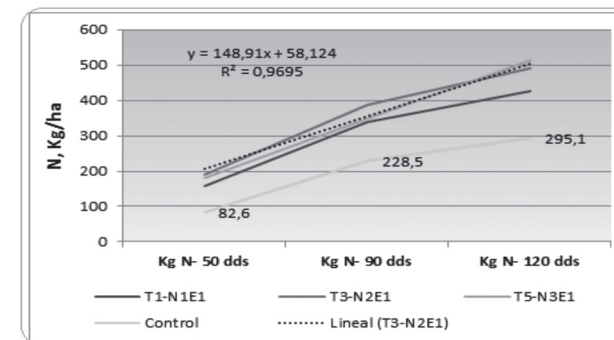


Figura 5. Curvas de absorción y requerimiento de N del cultivo de Amaranto, en función del tiempo

Los acontecimientos marcados en la curva de absorción de N, indican que el Amaranto inicialmente presenta una fase inicial de bajo requerimiento, que en el caso del testigo es de 82.6 kg N ha⁻¹, pero a medida que va creciendo la planta el requerimiento aumenta a 228 kg N ha⁻¹, época que corresponde a la etapa de floración, la cual corresponde a la etapa de máximo crecimiento vegetativo del cultivo. La determinación de las curvas de absorción de nutrientes, sirven en general para conocer los requerimientos del cultivo en estudio, en función del tiempo y etapas de crecimiento. Lo cual es importante para identificar las etapas críticas o épocas de necesidad de nutrientes para la planta, a fin de optimizar los insumos y obtener la mayor producción, sin causar impacto al medio ambiente. De esta forma se puede elaborar programas de fertilización, con recomendación de fertilizantes y época para reciclar el material residual, y que en este caso se recomienda aplicar los fertilizantes entre los 40 y 60 días después de la siembra.

3.3 Contenido mineral en el amaranto

En la tabla 4, se presenta los porcentajes de macronutrientes en el amaranto, de acuerdo a los niveles de N. Correndo y García, (2012) indican que el amaranto es un cultivo de alto valor nutricional, o que concuerda con los valores obtenidos de macroelementos como N, P, K, Ca, Mg y S, donde el K y N, fueron los nutrientes de mayor contenido promedio, seguido por el Ca (2.93%). Se puede observar también que el contenido de K, es mayor a los otros elementos, de tal forma que la relación del contenido promedio de K/N es 1.34 veces más alto del K con relación al N; y frente al calcio la relación promedio K/Ca, fue 1.8 veces más. El contenido de magnesio de igual forma es alto (1.43 %), lo que sobrepasa el 1 %, que es el valor considerado como máximo.

Tabla 4

Valores del contenido foliar promedio de macronutrientes en Amaranto, por Basantes y Terán (2016)

Tratamientos	N	P	K	Ca	Mg	S
	%					
Testigo	3,39	0,26	6,55	2,77	1,34	0,31
N 50	3,78	0,23	4,21	3,29	1,55	0,31
N 100	4,21	0,32	4,55	3,54	1,80	0,33
N 150	4,36	0,23	5,80	2,13	1,04	0,17
media	3,93	0,26	5,28	2,93	1,43	0,28

Los contenidos nutricionales determinados en el amaranto, concuerdan con la aseveración de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO, (1997) considerándola como la planta más nutritiva del mundo, debido a los resultados obtenidos por botánicos y nutricionistas, que habiendo estudiado esta planta, encontraron que posee gran calidad nutritiva debido al alto contenido de proteínas, calcio, ácido fólico y vitamina C. El balance de aminoácidos en el amaranto, está cercano al requerido para la nutrición humana. Su aminoácido más limitante es la *leucina*, que permite que la proteína de la variedad *Amaranto caudatus* se absorba y utilice hasta el 70%, cifra que asciende hasta el 79 % según el tipo de semilla. Estos contenidos foliares fueron evaluados a los 50 y 90 días después de la siembra, periodo que correspondió a la etapa vegetativa e inicios de la floración del cultivo, donde los contenidos de P y Ca en el tratamiento promedio con 100 kg de N, fueron ligeramente mayores. El P y Ca son elementos que influyen en la floración, efecto que fue observado en otro cultivo diferente al amaranto, como fue el caso de la piña (*Ananas comosus*), realizado en un suelo y condiciones tropicales, donde se evaluó la inducción floral del cultivo comercial de la piña var. MD2, según afirma Basantes, Chasipanta, Basantes y Soria, (2012).

Los *contenidos de micronutrientes* observados en la Figura 6, correspondientes a los tratamientos de amaranto var. Alegría, indican que los oligoelementos correspondientes al Fe y Mn, fueron los que tuvieron mayores contenidos en la planta. Le sigue el Zn, en tanto que el B y Cu, fueron los contenidos más bajos en la planta.

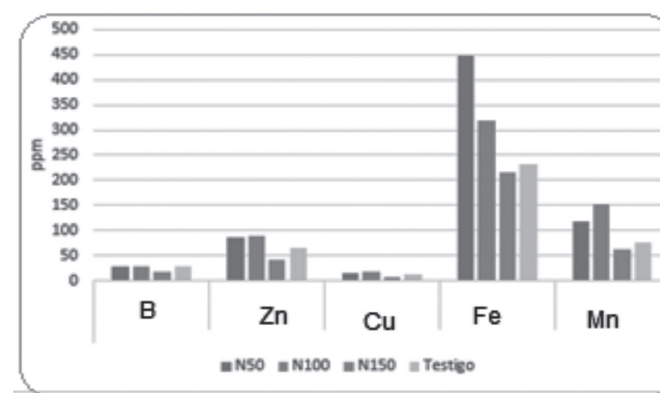


Figura 6. Contenido de micronutrientes en Amaranto (ppm), a los 120 dds, por Basantes y Terán (2016)

De forma general, los contenidos nutricionales ratifican que el amaranto es un excelente alimento que provee cantidades muy significativas de minerales, lo que significa que debe usarse como fuente de minerales para la alimentación humana y animal, contribuyendo a incrementar el contenido proteico y metabolismo mineral por su acción enzimática y oxidativa.

3.4 Resultados de análisis de suelo

Los resultados del análisis de suelo previo el establecimiento del cultivo, indicaron alto contenido de materia orgánica pero con contenido medio de nitrógeno, debido a que se trata de suelos de origen volcánico, tipo Andisoles de textura franco arcillo limoso, condiciones de humedad baja, que presenta bajas condiciones de mineralización de la materia orgánica, de tal forma que necesitó N como fuente de fertilizante. Estos suelos poseen alto contenido de Fe que influye en la acidez del suelo, tienen capacidad para fijar cantidades elevadas de fósforo, radical amonio NH_4^+ y K^+ , y de formar con la materia orgánica compuestos muy estables, por su carácter alóftano de sustancia mineral amorfa o estructura mineral reducida, constituida por sílice, alúmina y agua, en diferentes proporciones (Basantes, 2010).

3.5 Contenido de pigmentos en el amaranto

Los contenidos de pigmentos observados en la Figura 7, correspondientes a los tratamientos de amaranto, var. Alegría, genéticamente mejorada por INIAP, indican que es una variedad que se puede usar como pigmento natural, ya que esta variedad obtuvo contenidos que fluctuaron entre 11 y 34,62 mg/g, donde los mayores valores corresponden a los tratamientos con mayor nivel de N aplicado, por lo que el N adicionado como fertilizante o proveniente de la materia orgánica, si influye en el contenido de pigmentos, en comparación con el control que tuvo menor contenido.

El amaranto es una planta C4 que no tiene saponina por lo que se consume sin problema como alimento, y por su contenido de pigmentos puede ser potencialmente utilizado en la agroindustria. En general, los valores de pigmentos obtenidos en el amaranto indican que el T6 seguido por el T5, tuvieron los mayores contenidos de pigmentos, en tanto que el control fue el que obtuvo los menores valores. Lo que indica que los niveles de N aplicados en el experimento, si influyó en el contenido de pigmentos, aunque no fueron significativos estadísticamente, pero si fue con relación al control que no recibió N como fuente de fertilizante.

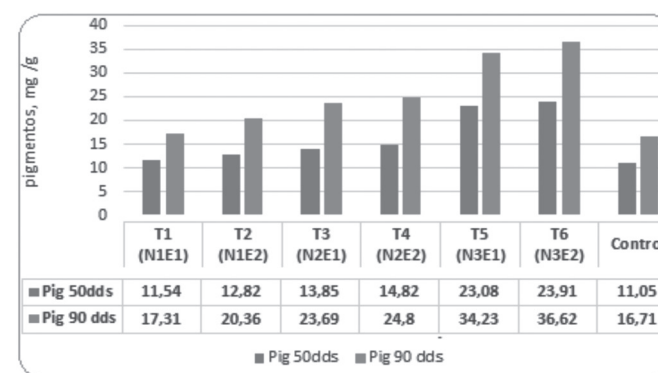


Figura 7. Contenido de pigmentos en Amaranto (mg/g)

4 Conclusiones

El amaranto es un cultivo de gran valor nutritivo, por su alto contenido de nutrientes en la planta, con valores promedios de 4.52 y 3.5 % N, a los 50 y 90 dds, respectivamente. P (0.26 %), K (5.28 %), Ca (2.93 %), Mg (1.4 %) y S (0.28 %) y en microelementos se destaca el Fe y Mn con promedios de 370.2 y 75.3 ppm respectivamente.

El cultivo de amaranto presentó mayores contenidos de N en las etapas tempranas correspondiente al crecimiento vegetativo y disminuyó su contenido foliar (hojas + tallo) en la etapa de maduración de la planta, lo que indica que se produce una translocación del N al grano, el cual tiene alto contenido de proteína que fue alrededor del 18 %, por lo que es recomendable su uso como aporte proteico en estado vegetativo, tanto para consumo humano en ensaladas y recomendable para alimentos peletizados para animales.

La aplicación del N tuvo efecto positivo en el incremento de proteína y pigmentos, la concentración de pigmentos estuvo en el rango de 11 a 34.62 mg/g, correspondiendo al testigo y T6 (N 150 kg ha⁻¹), respectivamente.

El suelo estudiado por ser de tipo Andisoles tiene alta fijación de fosfatos, NH_4^+ y K^+ . Por lo que, es recomendable aplicar correctivos para bajar la acidez causada por el exceso de Fe, y mantener condiciones de humedad cercanas a capacidad de campo para mantener expandida la estructura mineral amorfa,



disminuir la fijación de elementos en especial el amonio y potasio entre las láminas, lo que favorece el crecimiento del cultivo y mineralización de la materia orgánica.

Síntesis y aplicaciones prácticas

- El contenido de proteína de amaranto en estado vegetativo observado está alrededor del 18 %, por lo que es recomendable su uso como aporte proteico.
- La aplicación del 150 kg ha⁻¹ de N, fue eficiente en el incremento de proteínas en el cultivo

Referencias

- Banco Central del Ecuador, BCE. Departamento de Registro Nacional. (2010). Consultado marzo del 2016. Quito, Ecuador.
- Basantes, M. Emilio. (2015). *Manejo de cultivos Andinos del Ecuador*. Libro electrónico. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. ISBN: 978-9978-301-33-3. Sangolquí-Ecuador. 143 pp. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10163/4/Manejo%20Cultivos%20Ecuador.pdf>
- Basantes, S., Chasipanta, J., Basantes, E. y Soria, N. (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.

Basantes, M. E. 2010. Producción y Fisiología de Cultivos con énfasis en la fertilidad del suelo. Primera edición. Imprenta Unión. Quito-Ecuador. 433p. ISBN-978-9942-02336-0.

Correndo, A., García, F. (2012). *Alternativas de diagnóstico para el manejo nutricional en cultivos extensivos*. IPNI Latinoamérica Cono Sur.

Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP. (2010). *Varietal mejorada de Amaranto*. Plegable divulgativo No. 346. Quito, Ecuador.

INIAP. (1985). *La quinua un gran alimento y su utilización*. Boletín Divulgativo no. 175. Disponible en: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/251>.

Ministerio de agricultura ganadería acuicultura y pesca, MAGAP. (2013). *IV Congreso Mundial de la Quinua, I Simposio de Granos Andinos*. Recuperado de <http://www.agricultura.gob.ec/iv-congreso-mundial-de-la-quinua-i-simposio-de-granos-andinos/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (1997). *Amaranto*. El alimento del futuro. Recuperado de <http://www.amaranto.cl/informacion-nutricional.html>

Peralta, E. (2012). *El Amaranto en el Ecuador "Estado de Arte"*. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec/>

Ramírez, G., Peralta, E., Camargo, C. Bragantini, C. y Moreno (2002). *Nitrógeno el principio de toda función*. Discusión nutricional V Congreso Internacional FAO. Bucaramanga, Colombia.