

Respuesta fisiológica del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) a diferentes concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en la solución nutritiva

Juan Carlos Varela, Juan Carlos Velásquez, y María Sara Mejía de Tafur

Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira

Departamento de Agronomía

A.A. 237 Palmira -Valle- Colombia

COMPENDIO

Se realizó un experimento con el fin de evaluar los requerimientos nutricionales del lulo (*Solanum quitoense* Lamarck). Para lo cual se cultivaron plantas en potes con 5 kg de arena cuarzítica. Se emplearon 16 soluciones nutritivas con diferentes concentraciones de N, P, K, Ca, y Mg, para regar las plantas. Se realizaron muestreos 120 días después de la siembra y se determinó el área foliar, la concentración de nutrientes en el tejido foliar, la biomasa y los niveles críticos de N, P, K, Ca, y Mg. Los niveles de deficiencia en la solución nutritiva son los siguientes: N, 11 mM; P, 0.82 mM; K, 5.3 mM; Ca, 2.01 mM y Mg 3.8 mM. En el tejido foliar: N, 230 cmol/kg; P, 7.6 cmol/kg; K, 90 cmol/kg; Ca, 63 cmol/kg y Mg, 34 cmol/kg. (N>K>Ca>Mg>P).

Palabras claves: *Lulo, Solanum quitoense, Lamarck. Niveles críticos de deficiencia, N, P, K, Ca, Mg.*

ABSTRACT

Physiological response of lulo (*Solanum quitoense* Lam) to different concentrations of N, P, K, Ca and Mg in the nutritive solution

An experiment was carried out to evaluate the nutritional requirements of lulo or quito orange (*Solanum quitoense* Lamarck). Lulo plants were grown in pots containing with 5 kg of quartzitic sand with one plant per pot. Sixteen nutritive solutions with different concentrations of N, P, K, Ca and Mg were prepared to water the plants. The plants were collected 120 days after planting, in order to determine the leaf area, the nutrient concentration in the leaf tissue, biomass production, and critical level of N, P, K, Ca and Mg. The critical values in the nutrient solutions were as follows: N, 11 mM; P, 0.82 mM; K, 5.3 mM; Ca, 2.0, Mg 3.8 mM. For the leaf tissue: N, 230 cmol/kg; P, 7.6 cmol/kg; K, 90 cmol/kg; and Ca, 63 cmol/kg, 34 cmol/kg (N>K>Ca>Mg>P).

Keywords: *Lulo, Solanum quitoense, critical level, Mineral nutrition*

Introducción

El lulo (*Solanum quitoense* Lamarck), conocido en otros países con los nombres de naranjilla o quito-orange, es una solanácea originaria de los bosques de la región subtropical húmeda de los Andes en Colombia, Ecuador y Perú, crece en las vertientes de la Cordillera Occidental y oriental a alturas comprendidas entre 1.200 y 2.000

metros sobre el nivel del mar (Gattoni citado por Reyes, 1987) con temperaturas entre 16 a 22 grados centígrados. Tiene alta demanda en muchos mercados locales colombianos e internacionales, en forma fresca y para la agroindustria como materia prima en la preparación de pulpa de fruta congelada para refrescos, memeladas,

cocteles y concentrados; lo cual hace que el lulo sea considerado como un cultivo promisorio.

En Colombia el departamento del Huila es la principal zona productora de lulo, seguida por el Valle del Cauca, Norte de Santander, Cauca y Cundinamarca. (Reyes, 1987; FDI, 1994).

A pesar de su rústica apariencia, el lulo es una planta muy exigente tanto en su nutrición como en las condiciones del suelo. razón por la cual este cultivo se utiliza como pionero después del desmonte en las zonas de ladera, por lo que es común su siembra en suelos vírgenes (Reyes, 1987; FDI, 1994).

El lulo, por tener área foliar grande, es muy exigente en nutrientes del suelo, especialmente N, P y K (Leal, 1996). Un suministro inadecuado de nitrógeno ocasiona clorosis en hojas adultas que en casos severos se extiende hacia las hojas más jóvenes, las cuales pierden paulatinamente la turgencia, presentan necrosis ascendente y posteriormente los bordes de las hojas se enrollan hacia el haz. La deficiencia de fósforo ocasiona en las hojas inferiores un crecimiento hacia abajo dando la impresión de marchitez, presentan un verde morado a verde rojizo y las hojas superiores presentan un acentuado aumento en la intensidad del color verde normal. En estados avanzados, las hojas basales se tornan verde - amarillentas comenzando de la parte basal hacia el ápice y finalmente se presenta necrosis; las hojas superiores se debilitan y tienden a encrespase hacia el haz. (Jurado, 1970).

La deficiencia de potasio se manifiesta con un moteado de color amarillo que comienza en los bordes de las hojas inferiores, que se generaliza en estados más avanzados; las hojas medias presentan un verde menos intenso que el normal, pero con mayor intensidad en las áreas cercanas a las nervaduras principales, las hojas jóvenes se enrollan y se tornan de color verde grisáceo. La deficiencia de calcio se manifiesta con una clorosis en la parte basal de las hojas superiores la cual se extiende paulatinamente hacia el ápice, seguido de necrosis y encrespamiento, la nervadura principal pierde su color normal y se torna amarillenta; en la yema apical se presenta abundante brotación, pero los nuevos retoños mueren (Jurado, 1970).

El bajo suministro de magnesio ocasiona engrosamiento del tallo debido a una abundante ramificación y

formación de retoños basales; las hojas inferiores presentan moteado amarillento internerval y en los bordes que luego se necrosan; las hojas superiores presentan pequeñas zonas cloróticas y necróticas dispersas en la lámina; las hojas intermedias presentan un encorvamiento y se caen prematuramente (Jurado, 1970).

Son muy pocos los estudios realizados en nuestro país sobre la planta de lulo y, por ende, muy poco lo que se conoce de su fisiología, en especial, sobre sus requerimientos nutricionales. Es así como las prácticas de manejo del cultivo y, en especial, las encaminadas a la fertilización se hacen extrapoladas de otros cultivos como el tomate, la papa o el tabaco.

El presente trabajo se realizó con el objetivo de conocer la respuesta fisiológica de la planta del lulo a diferentes niveles de concentración de N, P, K, Ca, y Mg en la solución nutritiva, y establecer los requerimientos nutricionales de la planta.

Metodología

El experimento se realizó en un módulo techado en la Finca La Lorena, ubicada en el corregimiento de Tenjo, Palmira, Valle del Cauca, Colombia, 1.660 m.s.n.m., temperatura promedio 20 C°, precipitación anual de 1.900 mm y humedad relativa del 75 %.

Se escogió la variedad Castilla por ser la más cultivada comercialmente debido a su precocidad, alto rendimiento, características organolépticas y tolerancia al ataque de plagas y enfermedades.

El experimento fue sembrado en macetas con una capacidad de 5 kg de arena cuarzítica. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 16 tratamientos (*Tabla 1*) y cuatro repeticiones. La unidad experimental está representada por una planta, con un total de 64 unidades experimentales. El tratamiento completo fue tomado de la solución de Hoagland y Amon, (Salisbury y Ross, 1994) y los demás tratamientos corresponden a modificaciones de la solución anterior, de la siguiente manera: concentración alta, concentración de la solución completa (ppm) más la mitad de su valor; concentración media, un cuarto de la concentración alta; concentración baja, un cuarto de la concentración media. En la preparación de las

Tabla 1. Concentración de los elementos nutritivos en la solución.

Tratamiento	Concentración del elemento en la solución				
	mM				
	N	P	K	Ca	Mg
Completo	15.00	1.00	6.03	5.00	3.00
N Alto	22.50	1.00	6.03	5.00	3.00
N Medio	5.63	1.00	6.03	5.00	3.00
N Bajo	1.41	1.00	6.03	5.00	3.00
P Alto	15.00	1.50	6.03	5.00	3.00
P Medio	15.00	0.37	6.03	5.00	3.00
P Bajo	15.00	0.09	6.03	5.00	3.00
K Alto	15.00	1.00	9.04	5.00	3.00
K Medio	15.00	1.00	2.26	5.00	3.00
K Bajo	15.00	1.00	0.56	5.00	3.00
Ca Alto	15.00	1.00	6.03	7.50	3.00
Ca Medio	15.00	1.00	6.03	1.88	3.00
Ca Bajo	15.00	1.00	6.03	0.47	3.00
Mg Alto	15.00	1.00	6.03	5.00	4.50
Mg Medio	15.00	1.00	6.03	5.00	1.13
Mg Bajo	15.00	1.00	6.03	5.00	0.28

soluciones se emplearon las sales NH_4NO_3 , Na_2HPO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 , MgSO_4 , grado reactivo marca Merck y agua destilada. El pH y la conductividad eléctrica (C.E.) de las soluciones nutritivas se ajustaron a un rango de 5.5 - 6.5 y 2 - 2.5 mmhos/cm respectivamente, para controlar el pH de la solución se utilizó ácido (HCl) o álcali (NaOH) dependiendo del pH; la estabilización de la conductividad eléctrica se hizo adicionando agua destilada si la CE > 2.5 o solución nutritiva, si la CE < 2.

El cálculo del volumen de solución a emplear, se realizó determinando la capacidad de retención de humedad de la arena cuarzítica, utilizando la diferencia de pesos entre el sustrato seco y uno a capacidad de campo. Se determinó que 5 kg de arena cuarzítica retienen 500 cm^3 de solución.

Se estableció un riego cada 10 días con la solución nutritiva y con agua destilada entre riegos con solución, esto con el fin de mantener la C.E. y el nivel de agua según los requerimientos de la planta (Varela y Velásquez, 1998). Se realizó un muestreo 120 días después de la siembra, antes de la primera floración, que según Varela y Velásquez (1998) es la época adecuada para realizar muestreos encaminados a estudiar la nutrición de la planta de lulo. Como variables de respuesta se evaluaron el área foliar; usando el equipo de laboratorio AC. 400 con un 4% de precisión; la producción de biomasa seca, secando las muestras en la estufa hasta peso constante y la concentración de N, P, K, Ca, y Mg en el tejido foliar, con los métodos de microkjeldahl para N, el P se determinó por colorimetría el K, el Ca y el Mg por espectrofotometría de absorción

atómica, métodos utilizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de varianza, los niveles críticos de deficiencia en la solución nutritiva y el tejido foliar, se determinaron según la metodología enunciada por Howeler (1983) empleando curvas de regresión de segundo grado y tomando el 90% del rendimiento máximo como punto de referencia.

Resultados y discusión

En la *Tabla 2* se observa que los tratamientos completos, nitrógeno alto, fósforo alto y todas las concentraciones de K, Ca y Mg estudiadas presentan los rendimientos más altos en cuanto a producción de biomasa seca. Estos resultados indican que el lulo responde bien a aplicaciones de N, P, y K.

El lulo acumula más biomasa seca a medida que se aumenta la concentración de N en la solución del sustrato. Sin embargo, cuando esta alcanza un valor mayor de 22 mM la respuesta decrece en intensidad (*Figura 1*). De acuerdo con la metodología empleada (Howeler, 1983), el nivel crítico de N en la solución nutritiva para el cultivo del lulo en este experimento es de 11 mM. Sin embargo, esta afirmación debe ser corroborada en futuros ensayos y validada en el campo. El tratamiento con alta concentración de N, presenta el mayor rendimiento y el valor más alto de área foliar, siendo éste estadísticamente igual al que presenta el tratamiento completo, seguido por el tratamiento de N medio y por último el N bajo. Lo anterior permite concluir

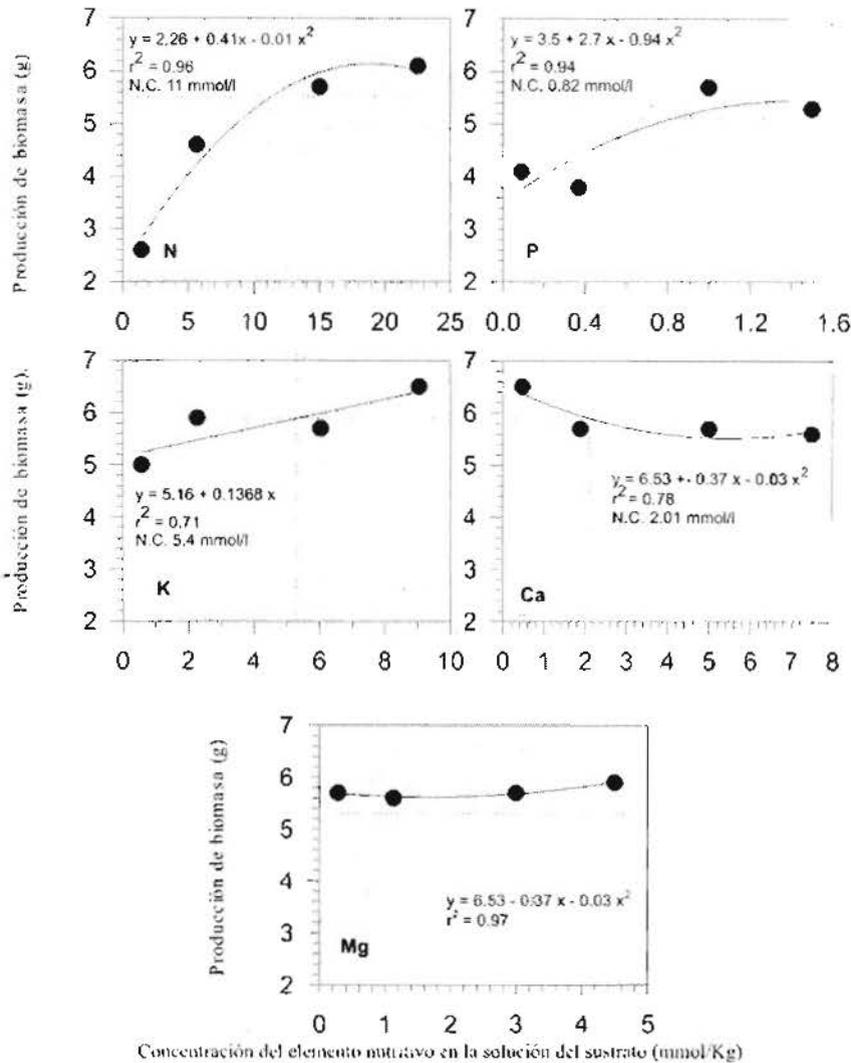


Figura 1. Evolución de la producción de biomasa en función de la concentración del elemento nutritivo en la solución del sustrato. Los datos fueron tomados 120 dds. Las líneas horizontales punteadas indican el 90% de la biomasa al momento de la cosecha.

que el lulo responde bien a aplicaciones de N y que los niveles de concentración de N entre 15 y 22 mM en la solución son adecuados para un buen desarrollo de la planta.

Los datos encontrados en los tratamientos con P (Figura 1) indican que cuando la solución tiene una concentración de 0.8 mM, la acumulación de MS equivale al 90 % del rendimiento máximo presentado en los tratamientos con P, por lo cual se puede decir que 0.8 mM en la solución nutritiva es el nivel crítico de P para la solución del suelo.

En la Tabla 2 se observa también que con alta concentración de P en la solución, la planta alcanza producciones de biomasa estadísticamente iguales a las que presenta el tratamiento completo y significativamente mayor si se compara con los tratamientos medio y bajo P. Es de anotar, además, que

Tabla 2. Producción de biomasa seca y área foliar en los diferentes tratamientos 120 días después de la siembra.

Tratamiento	Biomasa seca total (g)		Área Foliar (m ²)	
Completo	5.7	abc	0.07	ab
N alto	6.1	ab	0.09	a
N medio	4.6	bcd	0.05	cd
N bajo	2.6	d	0.02	e
P alto	5.3	abc	0.07	bc
P medio	3.8	cde	0.04	d
P bajo	4.1	cde	0.05	d
K alto	6.5	ab	0.08	ab
K medio	5.9	a	0.07	b
K bajo	5.0	abcd	0.06	bcd
Ca alto	5.6	abc	0.07	bc
Ca medio	5.7	abc	0.07	ab
Ca bajo	6.5	a	0.08	ab
Mg alto	5.9	ab	0.07	ab
Mg medio	5.6	abc	0.07	bc
Mg bajo	5.7	abc	0.07	bc

concentraciones bajas y medias de P en la solución nutritiva ocasionan los menores rendimientos si se toman como variables la producción de biomasa y el tamaño foliar.

La producción de biomasa seca aumenta a medida que aumenta la concentración de K en la solución, lo cual indica que el lulo tiene una alta demanda de K; esto se puede confirmar debido a que la curva de regresión se ajusta a un modelo lineal (*Figura 1*). Sin embargo, la *Tabla 2* muestra que los datos de producción biomasa son estadísticamente iguales entre sí y presentan la mayor producción de biomasa si se les compara con los datos obtenidos en los demás tratamientos. El tratamiento con alta concentración de K le permite a la planta un desarrollo foliar significativamente mayor. Este dato es estadísticamente igual al alcanzado con la solución completa y representa el valor mayor en el experimento en general. Lo anterior indica que, a pesar de la baja concentración de K en algunas soluciones, la planta acumuló la suficiente cantidad de este elemento como para permitir un buen desarrollo, sin embargo, esto se presentó 120 dds cuando aún no se había presentado fructificación, época de mayor demanda de este elemento (Marschner, 1995). Los datos permiten decir que, el nivel crítico para el K en la solución nutritiva empleando la metodología propuesta por Howeler (1983) es de 5.5 mM, valor cercano al de la solución testigo de Hoagland.

Al contrario de lo que se observa con el K, la planta de lulo parece muy eficiente en el uso del Ca; la *Figura 1* indica claramente que con bajas concentraciones de Ca en la solución, el lulo alcanza una alta producción de biomasa seca. En este experimento, el nivel crítico de Ca en la solución nutritiva es de 2.0 mM, valor bajo si se tiene en cuenta que Hoagland y Arnon (1930), citados por Salisbury y Ross (1994), recomiendan una concentración de 5 mM como base general para todos los cultivos; los datos obtenidos de área foliar son significativamente menores cuando la concentración de Ca es alta (*Tabla 2*).

Lo anterior se puede confirmar con los datos presentados en la *Tabla 2*, donde se observa que la producción de biomasa seca es alta e igual en los niveles de concentración de Ca medio y bajo y significativamente menor cuando la concentración del Ca en la solución nutritiva es alta. Esto indica que el lulo es muy eficiente en el uso del Ca, y que una alta concentración de Ca en la solución ocasiona una disminución en la producción de biomasa, debido

posiblemente a las interacciones con otros elementos (Marschner, 1995).

Parece que las concentraciones de Mg empleadas en el experimento están dentro del rango adecuado para el lulo, ya que la producción de biomasa no presenta respuesta significativa a los diferentes niveles de concentración de Mg y su valor es estadísticamente igual al que presenta el tratamiento completo (*Tabla 2*).

El área foliar resultó ser significativamente mayor en el tratamiento con alta concentración de Mg en la solución nutritiva (*Tabla 2*), sugiriendo que el nivel crítico de deficiencia para este elemento estaría cerca al de la concentración alta de Mg en la solución, pero los datos no permiten establecer este valor. La *Figura 1* ilustra lo expuesto anteriormente. En resumen, los niveles críticos de deficiencia para el lulo en la solución nutritiva son:

Nitrógeno	11 mM
Fósforo	0.82 mM
Potasio	5.4 mM
Calcio	2.01 mM
Magnesio	3.8 mM

Si se comparan los requerimientos del lulo, en cuanto a la solución nutritiva y lo recomendado por Hoagland y Arnon en 1930 (solución completa del experimento) (*Tabla 1*), se puede observar que esta referencia es alta para el N, P y K, muy alta para el Ca y posiblemente para Mg, ya que la producción de biomasa en los tratamientos con Ca y Mg no respondió a las diferentes concentraciones.

Los niveles críticos en el tejido foliar calculados por regresión de segundo grado, *Figura 2*, son:

Nitrógeno	230 cmol/kg
Fósforo	7.6 cmol/kg
Potasio	90 cmol/kg
Calcio	63 cmol/kg
Magnesio	34 cmol/kg

La *Tabla 3* contiene los datos de producción de biomasa seca y las concentraciones de N, P, K, Ca, y Mg en el tejido foliar para cada uno de los tratamientos estudiados en el experimento, donde se puede observar que las hojas de lulo acumulan en sus tejidos más N>K>Ca>Mg>P. (*Tabla 4*)

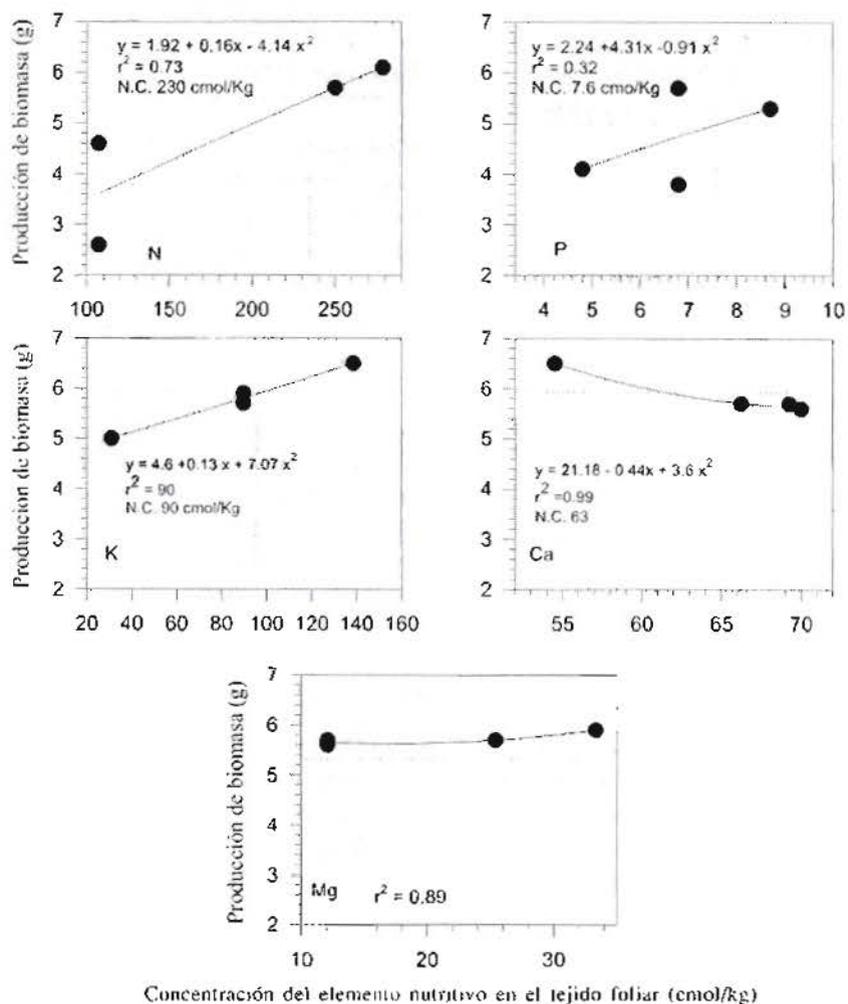


Figura 2. Evaluación de la producción de biomasa seca en función de la concentración del elemento nutritivo en el tejido foliar; los datos fueron tomados 120 días. La línea horizontal punteada indica el 90% de la biomasa al momento de la cosecha

Tabla 3. Producción de biomasa seca total (BST) y concentración de N, P, K, Ca y Mg en el tejido foliar 120 días después de la siembra

Tratamiento	BST (g)	cmol/kg				
		N	P	K	Ca	Mg
Completo	5.7 abc	250.0 abc	6.8 bcd	89.7 b	66.3 cde	25.42 cd
N alto	6.1 ab	278.6 a	8.4 bc	89.7 b	66.3 cde	30.83 bc
N medio	4.6 bcd	107.1 d	7.74 bc	84.6 b	70.5 bcde	12.08 f
N bajo	2.6 e	107.1 c	11.3 a	100.0 b	85.3 ab	12.92 f
P alto	5.3 abcd	221.4 bc	8.7 b	87.2 b	69.8 bcde	27.50 cd
P medio	3.8 cde	250.0 abc	6.8 bcd	100.0 b	77.0 abc	17.50 ef
P bajo	4.1 cde	235.7 abc	4.8 d	94.9 b	79.5 abc	16.25 f
K alto	6.5 a	250.0 abc	8.7 bc	138.5 a	59.0 de	22.50 de
K medio	5.9 ab	250.0 abc	5.8 cd	89.7 b	67.5 cde	23.33 d
K bajo	5.0 abcd	250.0 bc	7.1 bcd	30.8 c	91.5 a	39.17 a
Ca alto	5.6 abc	228.6 bc	7.7 bc	74.4 b	70.0 bcde	27.92 cd
Ca medio	5.7 abc	207.1 c	8.7 b	87.2 b	69.3 bcde	17.50 ef
Ca bajo	6.5 a	221.4 bc	7.7 bc	76.9 b	54.5 c	16.25 f
Mg alto	5.9 ab	228.6 abc	7.1 bcd	76.9 b	70.8 bcde	33.33 b
Mg medio	5.6 abc	250.0 ab	7.4 bc	84.6 b	75.0 abcd	12.08 f
Mg bajo	5.7 abc	242.9 abc	7.1 bcd	84.6 b	78.5 abc	12.08 f
Promedio	5.3	223.7	7.6	86.9	71.9	21.67

Promedios con letras distintas, en la misma columna, difieren significativamente según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

** Prueba de F significativa ($P < 0.01$); ns Prueba de F no significativa.

Tabla 4 Contenido de N, P, K, Ca y Mg en el tejido de la planta de lulo 120 dds.

Tratamiento	Contenido de los elementos (cmol)				
	N	P	K	Ca	Mg
Completo	1.43	0.04	0.51	0.38	0.14
N alto	1.70	0.05	0.55	0.40	0.19
N medio	0.49	0.04	0.39	0.32	0.06
N bajo	0.28	0.03	0.26	0.22	0.03
P alto	1.17	0.05	0.46	0.37	0.15
P medio	0.95	0.03	0.38	0.29	0.07
P bajo	0.97	0.02	0.39	0.33	0.07
K alto	1.63	0.06	0.90	0.38	0.15
K medio	1.48	0.03	0.53	0.40	0.14
K bajo	1.25	0.04	0.15	0.46	0.20
Ca alto	1.28	0.04	0.42	0.39	0.16
Ca medio	1.18	0.05	0.50	0.39	0.10
Ca bajo	1.44	0.05	0.50	0.35	0.11
Mg alto	1.35	0.04	0.45	0.42	0.20
Mg medio	1.40	0.04	0.47	0.42	0.07
Mg bajo	1.38	0.04	0.48	0.45	0.07
Promedio	1.21	0.04	0.37	0.37	0.12

Agradecimientos

Financiada por el Programa Proyecto Semilla del CINDEC, de La Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, y el Centro Frutícola Andino

Bibliografía

Dennis F.G.Jr., Herner, R.C., Camacho S. 1985. Naranja: a potential cash crop for the small farmer in Latin America. *Acta Horticulturae*. 158, 475-481.
Fundación para el Desarrollo Integral del Valle del Cauca (FDI) 1994. Análisis del mercadeo fresco nacional para productos de economía campesina del norte del Valle. Lulo. 75 p.

García R., E.H. García, Estrada D. 1986. Colección y establecimiento de un banco de germoplasma en lulo, *Solanum quitoense* Lam., y especies relacionadas en el suroccidente colombiano. *Acta Agronómica*. 36: 28-33.

Howeler R.H., 1983. Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: Algunos cultivos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali Colombia. 28 p.

Jurado L.G., 1970. Síntomas de deficiencia de algunos elementos en la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y su influencia en la morfología y anatomía. Tesis de grado en Magister Scientiae. Instituto Interamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica.

Leal A., 1996. El cultivo del lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *ASIAVA* 53: 1-8.

Marschner, Horst., 1995. Mineral Nutrition of Higher plants. Academic Press, London.

Reyes E., 1987. Descripción de la información existente sobre lulo y/o naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y de las prácticas realizadas por los agricultores en diferentes zonas de Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 77p.

Salisbury, B. Ross, W. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, Serapio Rendón México, D. F.

Varela J.C. y J.C. Velásquez, 1998. Determinación de los requerimientos nutricionales (N, P, K, Ca y Mg) del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en condiciones del corregimiento de Tenjo, Palmira, Valle del Cauca. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. 192 p.

