

Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla *Solanum phureja*

Effect of the organic fertilization in the cultivation of potato native *Solanum phureja* variety

Luis Alfonso Muñoz¹ y Any Mercedes Lucero²

RESUMEN

El presente trabajo consistió en evaluar el rendimiento de *S. phureja* con la aplicación de fertilizante químico 13-26-6 en dosis de 0, 600, 900 y 1.200 kg·ha⁻¹ y abono orgánico en dosis de 0, 800, 1.000 y 1.200 kg·ha⁻¹, para lo cual se estableció un ensayo en la vereda Villa Nueva, municipio de Providencia (Nariño, Colombia). Los resultados mostraron que la fertilización conjunta de abono químico 13-26-6 y abono orgánico en dosis de 300-800 kg·ha⁻¹ dieron los mayores rendimientos de *S. phureja* de primera y total, con 6.366,7 y 13.888,9 kg·ha⁻¹, respectivamente. Además, se encontró que para el cultivo de papa criolla las cantidades adecuadas de abono orgánico están entre 800 y 1.200 kg·ha⁻¹ y la mejor dosis de fertilizante químico fue la de 300 kg·ha⁻¹. En la localidad evaluada los resultados mostraron que el cultivo de *S. phureja* reaccionó favorablemente en cuanto a rendimiento con dosis altas de abono orgánico; pero la dosis 900 kg·ha⁻¹ de fertilizante químico 13-26-6 no incrementó la producción, tal vez porque las mayores cantidades de nitrógeno inciden en un desarrollo excesivo de follaje y no de tubérculos. El análisis económico demostró que el tratamiento 300/800 kg·ha⁻¹ de fertilizante químico y abono orgánico fue el que tuvo la mayor relación beneficio-costeo.

Palabras clave: fertilizante químico, abono orgánico, análisis económico.

ABSTRACT

The present work consisted of evaluating the yield of *Solanum phureja* with the application of chemical fertilizer 13-26-6 in dose of 0, 600, 900, and 1,200 kg·ha⁻¹ and organic fertilizer in dose of 0, 800, 1,000, and 1,200 kg·ha⁻¹, for that was established a trial in the locality of Villa Nueva, municipality of Providencia (Nariño, Colombia). The results showed that the joint fertilization of chemical fertilizer 13-26-6 and organic fertilizer in dose of 300/800 kg·ha⁻¹ gave the greater yields of first and total of *S. phureja* with 6,366.7 kg·ha⁻¹ and 13,888.9 kg·ha⁻¹ respectively. Furthermore, it was found that, for the native potato cultivation, the adequate quantities of organic fertilizer are between 800 and 1,200 kg·ha⁻¹ and the better chemical fertilizer dose was that of 300 kg·ha⁻¹. In the locality evaluated, the results showed that the cultivation of *S. phureja* reacted favorably concerning yield with high dose of organic fertilizer, but the dose 900 kg·ha⁻¹ of chemical fertilizer 13-26-6 did not increase the production, possibly due to the fact that the greater quantities of nitrogen impact in an excessive development of foliage and not of tubers. The economic analysis demonstrated that the treatment 300/800 kg·ha⁻¹ of chemical fertilizer and organic fertilizer was the one which had the greatest cost-benefit relationship.

Key words: chemical fertilizer, organic fertilizer, economic analysis.

Introducción

En la zona de clima frío del departamento de Nariño, el cultivo de papa es uno de los principales renglones de la economía y su producción alcanza 368.273 t en 23.301 ha, con un rendimiento promedio de 15.802 kg·ha⁻¹ (Cevipapa, 2004). A nivel nacional, la producción alcanza 2.840.926,3 t en una superficie de 164.293,9 ha, para un rendimiento promedio de 17.291,7 kg·ha⁻¹.

En el cultivo de papa se realiza una preparación excesiva del suelo, un uso indiscriminado de agroquímicos y una

fertilización sin considerar el balance de nutrientes, lo que ha generado degradación del suelo (Burbano, 2001).

La papa criolla, como se le conoce en Colombia, tiene un reconocido valor alimenticio; una hectárea de *Solanum phureja* duplica el rendimiento de proteínas de una hectárea de trigo. Además contiene proteína de alta calidad (2%) y cuenta con todos los aminoácidos esenciales y vitamina C (Román y Hurtado, 2002).

En el departamento de Nariño el cultivo de papa criolla representa 10% del total de la papa producida en el país; en

Fecha de recepción: febrero 19 de 2007. Aceptado para publicación: julio 10 de 2008

¹ Docente, Institución Educativa Técnica San Juan Bautista, Los Andes (Nariño, Colombia). sinagro@latinmail.com

² Bacterióloga, Centro Hospital San Miguel, Berruecos (Nariño, Colombia). alu2403@hotmail.com

la actualidad se cultivan en Colombia alrededor de 17.000 ha. Aunque hay una leve disminución en el área sembrada, la productividad se ha incrementado por la aplicación de nuevas tecnologías, como la aplicación de riego y enmiendas químicas y el control de plagas y enfermedades (Ministerio de Agricultura e IICA, 2003).

Según Rodríguez y Rodríguez (2005) en estudios realizados en el municipio de Pasto (Nariño), los gastos en fertilizantes en el cultivo de papa criolla representan 29,26% de los costos totales, y dosis de fertilizante químico superiores a 900 kg·ha⁻¹ ocasionan un crecimiento vegetativo exuberante y reducción en la producción de tubérculos.

García y Pantoja (2004) determinaron que la práctica de fertilización de papa criolla en Nariño es deficiente: no es común el uso de análisis de suelo y se emplean como fórmula común y repetitiva los fertilizantes que poseen nitrógeno, fósforo y potasio en proporción 1:3:1, a razón de 50 kg de abono por bulto de semilla sembrada.

Se ve entonces la necesidad de evaluar alternativas de fertilización para el cultivo que resulten ser más económicas a los agricultores y ambientalmente más sostenibles. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de *S. phureja* con la aplicación de fertilizante químico 13-26-6 en dosis de 0; 600; 900 y 1.200 kg·ha⁻¹ y de abono orgánico en dosis de 0; 800; 1.000 y 1.200 kg·ha⁻¹; además, para cada alternativa de fertilización empleada se realizó el análisis de costos respectivo.

Materiales y métodos

Localización

La investigación se adelantó en el municipio de Providencia, ubicado a 1° 6' latitud norte y 7° 7' 37" longitud oeste, al sur occidente del departamento de Nariño, a una distancia de 130 km de Pasto (Programa agropecuario municipal de Providencia, 2006). El trabajo se estableció en la vereda Villa Nueva (Providencia), a una altura de 2.520 msnm, zona caracterizada como bosque húmedo premontano (BH-p), con suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas. El horizonte A tiene hasta 45 cm de profundidad y es de textura franca a franco-arcillosa (Programa agropecuario municipal de Providencia, 2006). La humedad relativa es de 80%-85%, la precipitación pluvial promedio de 1.200 mm anuales y la temperatura de 7-13 °C (Ideam, 2006).

Descripción del ensayo

En el ensayo se sembraron tubérculos de papa criolla (*S. phureja*) pertenecientes a la variedad yema de huevo, con un peso de 38-42 g y un diámetro de 4,3-4,7 cm.

Muñoz y Lucero. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de papa criolla...

En el lote seleccionado se trazaron tres bloques de 120 m x 6 m cada uno, para un área total de 720 m² por bloque, con separación de 2 m entre ellos; en cada bloque se trazaron cuatro parcelas grandes de 28,5 m x 6 m con separación entre parcelas de 2 m. En cada parcela grande, se establecieron cuatro parcelas pequeñas de 6 m x 6 m; la separación entre estas parcelas fue de 1,5 m. En las parcelas pequeñas se trazaron seis surcos a una distancia de 1 m entre ellos y en ellos se sembraron 20 tubérculos cada 30 cm, para un total de 120 sitios por parcela pequeña. El área total empleada para el ensayo y la unidad experimental fue de 2.640 m² y 6 m², respectivamente.

El diseño estadístico para las variables evaluadas correspondió a un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y tres replicas por tratamiento. El factor A tuvo cuatro niveles, que fueron las dosis de fertilizante químico 13-26-6 de 0; 300, 600 y 900 kg·ha⁻¹, y el factor B correspondió a las dosis de abono orgánico de 0; 800; 1.000 y 1.200 kg·ha⁻¹; la preparación del abono orgánico se realizó con 2 meses de anterioridad al montaje del ensayo, siguiendo el protocolo descrito por Morillo (2002).

Fertilización y cosecha

La fertilización tanto química como orgánica se fraccionó en dos aplicaciones: a los 15 días después de la siembra se aplicó el 75% y luego de 30 días, el 25% restante (Ortega y Muñoz, 1997). La cosecha se realizó a los 4 meses, cuando la piel del tubérculo no se desprendía fácilmente al hacerle presión y los tallos se habían secado.

Variables evaluadas

Rendimiento de primera: Al momento de la cosecha se seleccionaron los tubérculos que presentaron un diámetro de 7 cm ó mayor, se pesaron y se calculó el rendimiento en kilogramos por hectárea.

Rendimiento de segunda: En la cosecha se seleccionaron los tubérculos que presentaron un diámetro de 5-7 cm, se pesaron y el rendimiento se calculó en kilogramos por hectárea.

Rendimiento de tercera: Se seleccionaron los tubérculos que alcanzaron un diámetro de 3-5 cm, se pesaron y el rendimiento se calculó en kilogramos por hectárea.

Rendimiento total: Consistió en el pesaje de todos los tubérculos y luego el rendimiento se calculó en kilogramos por hectárea.

Diseño estadístico y análisis económico

Con los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza para cada una de las variables evaluadas y, cuando se

encontraron diferencias estadísticas significativas, se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey al 95% (González, 2003). El análisis económico se realizó teniendo en cuenta los costos de cada tratamiento y se determinó la relación beneficio-costado de cada uno de ellos, empleando la metodología propuesta por Perrin (1976).

Resultados y discusión

Rendimiento de primera

Los resultados de la investigación se examinaron mediante el análisis de varianza para el rendimiento de primera, segunda, tercera y total. De las tablas de los cuatro análisis de varianza se compilaron los resultados parciales de ellas (tabla 1). Para el rendimiento de primera, el análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas de los tratamientos para las dosis de abono químico, abono orgánico y la interacción abono químico y abono orgánico (tabla 1).

El análisis de los tratamientos³ mostró que el rendimiento de papa de primera varió de 3.311,1 kg·ha⁻¹ para el tratamiento 900/0 a 6.366,7 kg·ha⁻¹ para la mezcla 300/800 (tabla 2). Las producciones de papa de primera obtenidas concuerdan con lo reportado por Rodríguez y Rodríguez (2005), quienes obtuvieron rendimientos de papa de primera a razón de 5.300 kg·ha⁻¹. Además, se corrobora lo que anotan Ortega y Muñoz (1997) respecto a que las dosis altas de abono químico no repercuten en mayores rendimientos, tal vez porque el nitrógeno favorece un desarrollo excesivo de follaje y no de tubérculos.

Como era de esperarse, el comportamiento anterior permite inferir que las propiedades del suelo donde se desarrolló el trabajo afectaron la respuesta del rendimiento a los tratamientos. El alto contenido de materia orgánica y nitrógeno total (tabla 3) puede influir para que el tratamiento sin aplicación de abono químico y abono orgánico presente un buen rendimiento.

En la tabla 3 se aprecia que las cantidades de K en el suelo son altas, y por lo tanto, hay mayor respuesta en los tratamientos con las dosis bajas del fertilizante químico (tabla 2). El cultivo de papa criolla es un cultivo altamente demandante de K, cuya fase crítica de absorción es muy breve; por lo tanto debe haber una buena disponibilidad de este elemento para que la planta lo asimile con facilidad (Barrera, 2004).

Al respecto se menciona que el principal elemento responsable de la movilización del almidón desde las hojas hacia el tubérculo es el K, de tal forma que una buena disponibilidad de este nutriente es decisivo para la obtención de un alto rendimiento y calidad (Corzo y Moreno, 2003).

Para el rendimiento de *S. phureja* de primera en la localidad evaluada, según los resultados las cantidades adecuadas de abono orgánico están entre 800 y 1.200 kg·ha⁻¹ y la dosis de fertilizante químico 13-26-6 con el mayor rendimiento medio fue la de 300 kg·ha⁻¹.

Rendimiento de segunda

Al realizar el análisis de varianza para esta variable, se encontraron diferencias estadísticas altamente significa-

TABLA 1. Cuadrados medios para las variables rendimiento de primera, segunda, tercera y total. Cultivo de papa criolla, municipio de Providencia (Nariño).

Análisis de varianza	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rendimiento			
		Primera	Segunda	Tercera	Total
Bloque	2	161138,60	146533,56	142362,55	879033,56
Factor A	3	5112723,69**	850011,57**	979870,75**	16665621,14**
Factor B	3	2313786,65**	1425235,34**	714029,70**	7005821,76**
Interacción A-B	9	809819,32**	274740,22 ns	146188,91 ns	1928510,80*
Error	30	142720,39	163024,31	100072,43	764516,60
Total	47				
CV (%)		9,35	11,70	9,85	8,17

CV, coeficiente de variación; ns, diferencias estadísticas no significativas

*Diferencias estadísticas significativas al 95%

**Diferencias estadísticas altamente significativas al 99%

³ Para facilitar la discusión de los tratamientos de la mezcla abono químico/abono orgánico, se utilizará este orden al referirse a las dosis conjuntas.

TABLA 2. Prueba de comparación de medias de Tukey al 95% para la interacción fertilizante químico 13-26-6 y abono orgánico sobre la variable rendimiento de primera. Cultivo de papa criolla, municipio de Providencia (Nariño).

Abono orgánico (kg·ha ⁻¹)	Fertilizante químico (kg·ha ⁻¹)			
	0	300	600	900
	Promedios ± ES			
0	3.727,8 ± 320,34a	3.977,8 ± 27,77c	3.588,9 ± 277,77b	3.311,1 ± 277,77a
800	3.672,2 ± 348,05a	6.366,7 ± 83,33c	4.366,7 ± 237,62a	3.950,0 ± 209,71a
1000	3.312,1 ± 277,27a	4.200,0 ± 83,32c	3.394,4 ± 237,33b	3.977,8 ± 238,88a
1200	3.547,2 ± 350,53a	5.463,9 ± 42,48b	4.061,1 ± 155,55ab	3.711,1 ± 111,11a
Comparador de Tukey (95%)	1050,30	348,68	756,13	819,21

ES, error estándar

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

TABLA 3. Propiedades físico-químicas del suelo del lote empleado para el ensayo.

Parámetro	Valor
pH	5,0
Materia orgánica (%)	21,4
Densidad aparente (g·mL ⁻¹)	0,7
Fósforo (ppm)	11,7
Capacidad de intercambio catiónico (meq·100 g ⁻¹)	46,6
Calcio de cambio (meq·100 g ⁻¹)	5,3
Magnesio de cambio (meq·100 g ⁻¹)	1,1
Potasio de cambio (meq·100 g ⁻¹)	0,69
Acidez de cambio (meq·100 g ⁻¹)	0,80
Hierro (ppm)	44
Manganeso (ppm)	5,40
Cobre (ppm)	0,60
Zinc (ppm)	0,84
Boro (ppm)	0,14
Grado textural	Ar-A
Nitrógeno total (%)	0,69
Carbono orgánico (%)	12,43

Fuente: Laboratorio de Suelos, Universidad de Nariño, Pasto.

tivas para la aplicación de fertilizante químico y abono orgánico. La interacción aplicación de abono químico y abono orgánico no presentó diferencias estadísticas significativas (tabla 1).

Con base en lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%), se encontró que el mayor rendimiento medio de papa de segunda fue de 3.805,6 kg·ha⁻¹ obtenido con el tratamiento con 300 kg·ha⁻¹ de 13-26-6, sin diferencias estadísticas significativas con el tratamiento con

600 kg·ha⁻¹ de 13-26-6, con el que se obtuvieron 3.492,4 kg·ha⁻¹ (tabla 4).

Los tratamientos con 800 y 1.200 kg·ha⁻¹ de abono orgánico presentaron los mayores rendimientos medios para papa de segunda, con 3.856,30 y 3.613,9 kg·ha⁻¹, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre sí (tabla 5).

Las dosis con alto contenido de materia orgánica repercuten en los rendimientos de *S. phureja* de segunda, ya que aportan elementos menores como B, Ca, Mo, Mn, Fe, Cu, y Zn, que favorecen la asimilación de los elementos mayores. Al respecto, Muñoz (2005) reporta que la asimilación de N y de fertilizantes químicos a base de N, P, K se hace más eficiente con la presencia de abonos orgánicos, por el contenido de elementos menores y microorganismos, como bacterias y hongos, que inciden en la asimilación de los nutrientes.

Rendimiento de tercera

Al realizar el análisis de varianza para esta variable (tabla 1), se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para la aplicación de abono químico y abono orgánico. La interacción aplicación de abono químico y abono orgánico no presentó diferencias estadísticas significativas.

De acuerdo al análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%), se encontró que el tratamiento con 300 kg·ha⁻¹ de 13-26-6 tuvo el mayor rendimiento medio de papa de tercera, con 3.570,1 kg·ha⁻¹, sin diferencias estadísticas significativas con el tratamiento con 600 kg·ha⁻¹ de 13-26-6, con el que se obtuvo un rendimiento medio de 3.304,9 kg·ha⁻¹ (tabla 6).

TABLA 4. Prueba de comparación de medias de Tukey al 95% para el efecto de la aplicación de fertilizante químico 13-26-6 sobre la variable rendimiento de segunda. Cultivo de papa criolla, municipio de Providencia (Nariño).

Tratamientos con abono químico (kg·ha ⁻¹)	Rendimiento de segunda ± ES
0	3.294,4 ± 119,66b*
300	3.805,6 ± 191,79a
600	3.492,4 ± 161,24ab
900	3.204,9 ± 115,28b
Comparador de Tukey (95%)	448,21

ES, error estándar

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

TABLA 5. Prueba de comparación de medias de Tukey al 95% para el efecto de la aplicación de abono orgánico sobre la variable rendimiento de segunda. Cultivo de papa criolla, municipio de Providencia (Nariño).

Tratamientos con abono orgánico (kg·ha ⁻¹)	Rendimiento de segunda ± ES
0	3.175,7 ± 142,33b
800	3.856,3 ± 167,13a
1000	3.151,4 ± 115,05b
1200	3.613,9 ± 126,04ab
Comparador de Tukey (95%)	448,21

ES, error estándar

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

TABLA 6. Prueba de comparación de medias de Tukey al 95 % para el efecto de la aplicación de fertilizante químico sobre la variable rendimiento de tercera.

Tratamientos con 13-26-6 (kg·ha ⁻¹)	Rendimiento de tercera ± ES
0	2.966,7 ± 98,17b
300	3.570,1 ± 140,08a
600	3.304,9 ± 134,21ab
900	2.993,1 ± 61,82b
Comparador de Tukey (95%)	351,16

ES, error estándar

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

Cuando se aplicó el tratamiento con 1.200 kg·ha⁻¹ de abono orgánico, se alcanzó el mayor rendimiento de tercera, de 3.527,8 kg·ha⁻¹, sin diferencias estadísticas significativas con el tratamiento con 1.000 kg·ha⁻¹ de abono orgánico, con el que se obtuvo un rendimiento medio de 3.197,9 kg·ha⁻¹ (tabla 7).

Rendimiento total

El análisis de varianza para esta variable presentó diferencias estadísticas altamente significativas para la dosis de abono químico, abono orgánico y la interacción abono químico y abono orgánico (tabla 1).

TABLA 7. Prueba de comparación de medias de Tukey al 95% para el efecto de la aplicación de abono orgánico sobre la variable rendimiento de tercera. Cultivo de papa criolla, municipio de Providencia (Nariño).

Tratamientos con abono orgánico (kg·ha ⁻¹)	Rendimiento de tercera ± ES
0	3.175 ± 119,52b
800	2.934 ± 106,96b
1000	3.197,9 ± 105,31ab
1200	3.527,8 ± 165,15a
Comparador de Tukey (95%)	351,16

ES, error estándar

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

Según lo anterior y la prueba de comparación de medias de Tukey (95%), se encontró que con el tratamiento abono químico y abono orgánico en dosis de 300/800 kg·ha⁻¹, se logró el mayor rendimiento medio (13.888,9 kg·ha⁻¹), sin diferencias estadísticas significativas con respecto al tratamiento con 300/1.200 kg·ha⁻¹, con el cual se alcanzó un rendimiento medio de 13.827,8 kg·ha⁻¹ (tabla 8).

La producción fue relativamente alta para todos los tratamientos empleados en este estudio (tabla 8). Se encontraron rendimientos similares a los promedios de producción nacional y regional, entre 12 y 15 t·ha⁻¹ (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Dane, 2003).

Los mayores rendimientos totales de *S. phureja* se presentaron para los tratamientos en los que se aplicaron las dosis mayores de materia orgánica, lo que permite afirmar que el cultivo de papa criolla responde favorablemente a dosis altas de materia orgánica, coincidiendo con los resultados de Pérez y Alvarado (2006), quienes, al evaluar la fertilización de papa *S. phureja* en los estados de Mérida y Táchira (Venezuela), encontraron con los tratamientos con altas dosis de abonamiento orgánico los mayores rendimientos cuando la fertilización estaba acompañada de un abono químico.

Es conocido el efecto benéfico de la materia orgánica en el mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas del suelo, ya que el cultivo de la papa reacciona favorablemente a abonos orgánicos y a los abonos verdes, porque se mejora la estructura del suelo y gradualmente hay liberación de varios nutrimentos (Barrera, 2004); de esta manera el abono orgánico se constituye en un suplemento ideal para los fertilizantes químicos.

García y Pantoja (2004) reportan que la aplicación de materia orgánica en el cultivo de papa criolla en dosis de 5 t·ha⁻¹ y de abono químico a base de N, P, K incrementa

TABLA 8. Prueba de comparación de medias de Tukey al 95% para la interacción fertilizante químico 13-26-6 y abono orgánico sobre la variable rendimiento total. Cultivo de papa criolla, municipio de Providencia (Nariño).

Abono orgánico (kg-ha ⁻¹)	Fertilizante químico 13-26-6 (kg-ha ⁻¹)			
	0	300	600	900
Valores promedios ± ES				
0	10.077,8 ± 691,10a	10.638,9 ± 187,30b	10.119,4 ± 233,65a	9.172,2 ± 329,61a
800	9.991,7 ± 657,11a	13.888,9 ± 213,07a	11.341,7 ± 451,02a	10.294,4 ± 460,50a
1000	9.133,3 ± 381,88a	11.155,6 ± 368,69b	9.672,2 ± 214,71a	10.319,4 ± 210,83a
1200	10.100,0 ± 408,39a	13.827,8 ± 151,71a	11.466,7 ± 222,10a	9.955,6 ± 478,64a
Comparador de Tukey (95%)	2.393,6	1.657,4	2.320,3	1.705

ES, error estándar

* Valores con la misma letra no presentan diferencias estadísticas significativas

TABLA 9. Análisis de costo-beneficio para los tratamientos de fertilización con abono químico 13-26-6 y abono orgánico, en un cultivo de papa criolla, municipio de Providencia (Nariño). Precio por bulto, \$30.000.

Tratamientos* (kg-ha ⁻¹)	Rendimiento (kg-ha ⁻¹)	Número de bultos	Ingreso bruto (\$)	Costos totales (\$)	Ingreso neto (\$)	Relación B/C
300/800	13.888,9	277,78	8'333.340	5'667.057,65	2'666.282,35	1,47
300/1200	13.827,8	276,56	8'296.680	5'802.023,45	2'494.656,55	1,43
300/0	12.377,8	247,56	7'426.680	5'230.814,89	2'195.865,11	1,42
0/800	11.379,2	227,58	6'827.520	5'045.551,49	1'781.968,51	1,35
0/1200	11.337,5	226,75	6'802.500	5'174.048,94	1'628.451,06	1,31
0/0	10.077,8	201,56	6'046.680	4'662.550,09	1'384.129,91	1,30
300/1000	11.155,6	223,11	6'693.360	5'538.380,94	1'154.979,06	1,21
0/1000	10.070,1	201,40	6'042.060	5'023.279,51	1'018.780,49	1,20
0/800	99.91,7	199,83	5'995.020	5'033.358,59	961.661,41	1,19
0/1200	10.100,0	202,00	6'060.000	5'142.184,44	917.815,56	1,18
600/0	10.650,0	213,00	6'390.000	5'469.859,75	920.140,25	1,17
600/800	11.341,7	226,83	6'805.020	5'908.570,19	896.449,81	1,15
600/1200	11.466,7	229,33	6'880.020	6'010.669,28	869.350,72	1,14
0/1000	9.133,3	182,67	5'479.980	5'025.446,88	454.533,12	1,09
900/0	9.935,4	198,71	5'961.240	5'796.117,31	165.122,69	1,03
600/1000	9.672,2	193,44	5'803.320	5'847.098,18	-43.778,18	0,99
900/800	10.294,4	205,89	6'176.640	6'246.694,73	-70.054,73	0,99
900/1000	10.319,4	206,39	6'191.640	6'290.440,17	-98.800,17	0,98
900/1200	9.955,6	199,11	5'973.360	6'357.757,79	-384.397,79	0,94

B/C, beneficio/costo

* Abono químico 13-26-6/abono orgánico

la producción de 11 a 17 t·ha⁻¹, resultados semejantes a los encontrados en esta investigación.

Análisis económico

El análisis de costo-beneficio (tabla 9) muestra la mayor relación C/B (1,47) para el tratamiento con 300 kg·ha⁻¹ de 13-26-6 y con 800 kg·ha⁻¹ de abono orgánico, lo que indica que por cada peso invertido se recuperaron \$1,47 pesos. De otra parte, el tratamiento que generó la mayor pérdida fue el de 900 kg·ha⁻¹ de 13-26-6 y 1.200 kg·ha⁻¹ de abono orgánico, con una relación beneficio-costo de 0,94, generando una pérdida de \$0,06 por peso invertido.

Conclusiones

En la localidad evaluada los mayores rendimientos de *S. phureja* de primera y total se presentaron con el tratamiento con abono químico y abono orgánico en dosis de 300/800 kg·ha⁻¹, obteniéndose 6.366,7 y 13.888,9 kg·ha⁻¹, respectivamente.

Se encontró para el cultivo de papa criolla que las cantidades adecuadas de abono orgánico están entre 800 y 1.200 kg·ha⁻¹ y la mejor dosis de fertilizante químico 13-26-6 es de 300 kg·ha⁻¹.

El cultivo de papa criolla en la localidad evaluada reaccionó favorablemente en cuanto a rendimiento con dosis altas de abono orgánico, mientras que la dosis de 900 kg·ha⁻¹ de fertilizante químico 13-26-6 no incrementó la producción.

El análisis económico demostró que el tratamiento con 300/800 kg·ha⁻¹ de fertilizante químico y abono orgánico fue el que presentó la mayor utilidad económica.

Literatura citada

- Barrera, L. 2004. La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilidad de los cultivos. En: Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. SCCS, Bogotá. 85 p.
- Burbano, H. 2004. Foro Taller futuro del sector papero de Nariño. Memorias. Pasto (Colombia). 43 p.
- Cevipapa. 2004. Centro virtual de la cadena agro-alimentaria de la papa. <http://www.cevipapa.com>.
- Corzo, P. y J. Moreno. 2003. Manual de papa para productores. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, C.I. Tibaitatá, Mosquera (Colombia). 101 p.

García, B. y C. Pantoja. 2004. Fertilización del cultivo de la papa en el Departamento de Nariño. pp. 23-42. En: Fertilización de cultivos de clima frío. Bogotá.

González, B. 2003. Métodos estadísticos y principios de diseño experimental. 2ª ed. Universidad Central, Quito. 370 p.

Ideam [Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales]. 2006. Información meteorológica. Pasto. 45 p.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Departamento Administrativo Nacional de Estadística [Dane]. 2003. Resultados consolidados de áreas sembradas año 2002. Preliminar. Primer censo nacional del cultivo de la papa, Departamento de Boyacá.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. 2003. Observatorio Agrociencias Colombia. Compendio estadístico agrario. En: <http://www.agrocadenas.gov.co>.

Morillo, H. 2002. Evaluación del abonamiento orgánico en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua* W.) en el municipio de Pasto, Nariño. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. 82 p.

Muñoz, J. 2005. Evaluación de diferentes tipos de fertilizantes orgánicos en la zona papera antioqueña. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 98 p.

Ortega, L. y H. Muñoz. 1997. Producción de papa criolla "yema de huevo" (*Solanum phureja* [Juz. et Buk]) en dos zonas del altiplano de Pasto. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. 62 p.

Pérez, R. y J. Alvarado. 2006. Resultados de 10 experimentos de fertilización en papa (*Solanum tuberosum* L.) en los estados Mérida y Táchira. 3^{er} Congreso venezolano de la ciencia del suelo. Cedeco, Mérida. 10 p.

Perrin, R. 1976. Formulaciones de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evolución económica. Folleto de información N° 27. CIMMYT, México. 54 p.

Programa agropecuario municipal de Providencia. 2006. Estudio meteorológico y ambiental del sur occidente de Nariño. 38 p.

Rodríguez, J. y C. Rodríguez. 2005. Evaluación de algunas propiedades físicas y rendimiento de papa criolla en dos lotes de recuperación mediante la utilización de zanjas de fertilización en Mapachico. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto. 92 p.

Román, M. y G. Hurtado. 2002. Cultivo de la papa. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (Centa), El Salvador. 36 p.