

EVALUACION DE DIFERENTES ABONOS ORGANICOS EN PAPA *Solanum tuberosum* L. Var. DIACOL CAPIRO EN TUQUERRES, NARIÑO.¹

EVALUATION OF DIFERENTS ORGANIC FERTILIZER IN POTATO *Solanum tuberosum* L. Var. DIACOL CAPIRO, TUQUERRES, NARIÑO.

Byron David Perez R²; Emerson Ernesto Portillo B²; Alberto Unigarro S.³

RESUMEN

La papa, *Solanum tuberosum* L. es un producto básico en la alimentación de la población de las zonas frías de Colombia y su cultivo requiere de un alto uso de fertilizantes químicos, por lo que es conveniente buscar estrategias de manejo que mejoren la calidad del producto, disminuyan costos y aumenten los rendimientos. En Tuquerres, Nariño, (3100 m de altitud), se evaluó el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Diacol Capiro en un suelo Typic humitropept – Andic humitropept, a la aplicación de tres fuentes de abono orgánico; lombricompuesto, gallinaza y porcinaza en dosis de 5, 10 y 15 ton ha⁻¹ como complemento a la fertilización química con 1500 kg ha⁻¹ de 10-20-20; se consideró además, la fertilización con 1500 y 2500 kg ha⁻¹ de fertilizante 10-20-20 sin adición de abono orgánico. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con 11 tratamientos y tres repeticiones. Se evaluó la mejor alternativa de fertilización y se hizo un análisis económico de presupuesto parcial para el rendimiento total.

El rendimiento por tamaño de los tubérculos, no se afectó por la aplicación de las tres fuentes y tres niveles de abono orgánico evaluados como complemento a la fertilización química; de igual manera la fertilización con 1500 y 2500 kg ha⁻¹ de 10-20-20, no incidieron estadísticamente sobre el tamaño de los tubérculos. Para el rendimiento total

¹ Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo. 2009

² Estudiante, Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, E-mail: byrondavid6@hotmail.com; emerson-98@hotmail.com

³ Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Docente Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail: unilab@udenar.edu.co

la aplicación de 2500 kg ha⁻¹ y 1500 kg ha⁻¹ de fertilizante 10-20-20, con un rendimiento promedio de 52.33 ton ha⁻¹ y 49,97 ton ha⁻¹, respectivamente, presentaron diferencias estadísticas significativas con el rendimiento obtenido cuando se aplicó 10 ton ha⁻¹ de lombricompuesto más 1500 kg ha⁻¹ de 10-20-20, con un rendimiento promedio de 34,55 ton ha⁻¹, sin que se presentaran otras diferencias estadísticas. Al realizar el análisis económico de presupuesto parcial para el rendimiento total, se encontró que la fertilización con 1500 kg ha⁻¹ de fertilizante 10-20-20, es la alternativa económica más recomendable para la zona.

Palabras clave: lombricompuesto, gallinaza, porcinaza, rendimiento, papa.

ABSTRACT

The potato, *Solanum tuberosum* L. is a basic product in the feeding of the population of the cold zones of Colombia and its crop requires of a high use of chemical fertilizers, by this it is advisable to look for handling strategies that improve the quality of the product, decrease costs and increase yields. In Tuquerres, Nariño, (3100 m of altitude), the yield of Diacol Capiro cultivar was evaluated in a Typic humitropept – Andic humitropept soil, the application of three sources of organic fertilizers; lombricompuesto, gallinaza and porcinaza in dose of 5, 10 and 15 ton ha⁻¹ as complement to the chemical fertilization with 1500 kg ha⁻¹ of 10-20-20, in addition, was considered the fertilization with 1500 and 2500 kg ha⁻¹ of fertilizer 10-20-20 without addition of organic fertilizer. A complete random blocks with 11 treatments and three repetitions was used. The best fertilization choice was evaluated and an economical analysis of half budget was made for the total yield.

The yield by size of tubercles was not affected by the application of the three sources and three evaluated levels of organic fertilizers as complement to the chemical fertilization; in the same way the fertilization with 1500 and 2500 kg ha⁻¹ of 10-20-20, did not affect the size of tubercles statistically. For the total yield the application of 2500 kg ha⁻¹ and 1500 kg ha⁻¹ of fertilizer 10-20-20, with a average yield 52.33 ton ha⁻¹ and 49.97 ton ha⁻¹, respectively, presented significant statistical differences with the

obtained yield when 10 ton ha⁻¹ of lombricompuesto was applied more 1500 kg ha⁻¹ of 10-20-20, with a average yield of 34.55 ton ha⁻¹ without other statistical differences appeared. When the analysis of partial budget for the total yield was made, was that the fertilization with 1500 kg ha⁻¹ of fertilizer 10-20-20, is the more viable economic alternative for the zone.

Key words: lombricompuesto, gallinaza, porcinaza, yield, potato.

INTRODUCCION

El cultivo de la papa es uno de los principales soportes económicos de los productores de las zonas altas de la región andina. En Colombia, alrededor de 90.000 familias se encuentran vinculadas con la explotación directa del cultivo de papa; se utilizan cerca de 20 millones de jornales al año y genera alrededor de 104.456 empleos directos (CEVIPAPA, 2008). En el departamento de Nariño el 50% de los municipios son productores de papa; se cultivan entre 25.000 y 30.000 has anualmente con una producción que oscila permanentemente entre 550.000 y 660.000 ton año⁻¹, que abastecen el consumo departamental y en un 93% el de los departamentos del Valle, Risaralda, Quindío y Caldas. A nivel nacional contribuye con el 25% de la producción y cubre el 20% del área cultivada. Es uno de los cultivos más intensivos en mano de obra y donde hay una mayor participación de todos los integrantes de la familia (Arcila, *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista socioeconómico, el cultivo de papa en Nariño, reviste gran importancia, debido a que involucra alrededor de 20.000 familias y genera 3.600.000 jornales año⁻¹. El 80% de los productores de papa poseen pequeñas extensiones (inferiores a 3.0 has), con un nivel tecnológico medio; los rendimientos para este tipo de productor oscilan entre 15 y 20 ton ha⁻¹. El 20% de los productores son medianos y grandes con explotaciones que oscilan entre 10 y 20 has, con rendimientos entre 21 y 35 ton ha⁻¹ en promedio, aunque esta cifra es superada por algunos productores que utilizan buenas semillas y disponen de terrenos fértiles (Arcila, *et al.*, 2004).

En los últimos años aparte de los fertilizantes químicos, se tienen evidencias del uso y bondad de los abonos orgánicos en diferentes regiones del país, que combinados particularmente con N – P y K elevan significativamente los rendimientos de los cultivos por una interacción favorable de estos en el suelo (Correa, 2005).

La utilización actual de los abonos orgánicos, se debe en gran parte al aumento del costo de los fertilizantes comerciales, al mejor aprovechamiento de los excrementos de animales domésticos y a las investigaciones agrícolas que señalan los efectos benéficos de su aplicación en los suelos, aunque su composición química y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Gómez, 2000; Romero, 2000; Correa, 2005).

Los efectos positivos de la materia orgánica en diversos suelos están perfectamente definidos, sobre todo en lo que se refiere al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Los abonos orgánicos no solo son importantes como portadores de nutrientes sino que los compuestos que poseen contribuyen al mejoramiento de las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo (Burbano, 1989; Muñoz, 1994; Barrera, 1994), por tanto favorece la agregación de partículas elementales, la estabilidad estructural, la permeabilidad hídrica y gaseosa, la retención hídrica, regula el pH, aumenta la capacidad iónica de cambio, favorece la formación de quelatos y fosfhumatos, beneficia la respiración radicular, regula la actividad microbiana, contrarresta el efecto de algunas toxinas, activa la rizogénesis, mejora la nutrición mineral de los cultivos, aporta nutrimentos y además microorganismos y enzimas activadoras de procesos químicos que actúan como bioestimulantes en el suelo (Bertsch, 2003; Gómez, 2000; Soto, 2003; Meléndez y Soto, 2003). Los abonos orgánicos además, pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo (Romero, 2000).

Los abonos orgánicos tienen un perfil de acción bastante diferente al de los solubles de síntesis. Un primer aspecto es el de la lenta liberación de los nutrientes almacenados, los cuales a excepción del K pasan a la solución del suelo, a medida que el proceso de descomposición del abono avanza con el tiempo. Tiene todo el conjunto de los

elementos esenciales y gran parte de los no esenciales y por esto puede decirse que son completos y no ocasionan a menudo desbalances en el suelo. El abono orgánico tiene un perfil nutricional que puede o no resultar idóneo para el escenario del clima, suelo y cultivo en el cual va a actuar (Gómez, 2000)

Los beneficios obtenidos en la producción de papa, con la aplicación de gallinaza, se debe según Barrera y Tamayo (2000), al alto contenido de carbono y energía; la capacidad de neutralizar parte de la acidez intercambiable y mejorar el contenido de P aprovechable y el de Ca y K asimilables. Los resultados observados ponen de manifiesto que el abono orgánico hace más eficiente la adición de nitrógeno y de los fertilizantes químicos a base de N, P y K, permitiendo en algunos casos disminuir el N a cantidades entre 50 y 70 kilos por hectárea.

En el oriente antioqueño, dosis de hasta 1500 kg ha^{-1} de fertilizante compuesto han dado pobres resultados hasta tanto no se adicionan 10 ton ha^{-1} de gallinaza, equivalente a 400 g sitio^{-1} ; por esta razón, la aplicación de este material se ha constituido en una práctica rutinaria en el cultivo de papa en esta región. En el altiplano cundiboyacense, en suelos de páramo, la aplicación de dos toneladas de gallinaza, seca y pulverizada, combinada con 1500 kg ha^{-1} de 10-30-10 ha dado incrementos hasta de 6 ton ha^{-1} en los rendimientos de papa (Barrera y Tamayo, 2000)

En el municipio de Túquerres, los agricultores basan su economía en el cultivo de papa, sembrada por tradición para consumo y venta. Este cultivo presenta una problemática compleja desde la producción de semilla de buena calidad hasta su mercado con precios inestables. Entre los principales problemas que presenta el cultivo de papa en esta zona, están la presencia de plagas y enfermedades, el uso indiscriminado de agroquímicos y su alto costo, el deterioro de los suelos por la falta de fertilización y rotación de cultivos, los bajos rendimientos y en muchas ocasiones la pérdida de la cosecha por la ineficiencia en el manejo de los problemas técnicos.

Una opción para contrarrestar algunas de las anteriores limitantes de producción en las diferentes zonas del municipio de Túquerres es el uso de abonos orgánicos para el

manejo agronómico del cultivo de la papa por lo que se planteó ésta investigación que tuvo como objetivos: evaluar el efecto sobre el rendimiento del cultivo de papa *Solanum tuberosum* L variedad Diacol Capiro, en el municipio de Túquerres, Nariño, obtenido con la aplicación de tres fuentes de abonos orgánicos (lombricompuesto, gallinaza y porcínaza) aplicados en tres dosis (5, 10 y 15 ton ha⁻¹), como complemento a la fertilización química; además, realizar el análisis económico de la producción.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrollo en el municipio de Túquerres, corregimiento de Cuatro Esquinas a 3100 msnm; según el IGAC (1989) estos suelos pertenecen al complejo Ospina - Pinzón (Typic humitropept-Andic humitropept). El análisis de suelo realizado previo al trabajo de campo, se muestra en la tabla 1. En general, son suelos que presentan un pH extremadamente ácido, con contenidos bajos en azufre disponible y magnesio; la materia orgánica se considera en un rango medio y la disponibilidad de fósforo, potasio, hierro, zinc, manganeso, cobre y boro al igual que la capacidad de intercambio catiónico se consideran altas (ICA 1992).

Tabla 1. Resultado del análisis de suelo donde se realizó la investigación (Corregimiento de Cuatro Esquinas, municipio de Túquerres, Nariño).

pH	M.O. (Walkey & Black) colorimetric	S disponible (Ca(H ₂ PO ₄) ₂ H ₂ O) turbidimetrico	P aprov. (Bray II)	Ca	Mg	K	CIC	Fe	Zn	Mn	Cu	B
				NH ₄ OAC 1 N pH 7,0				DTPA pH 7,3				
1:1	%	ppm		cmol(+)Kg ⁻¹				ppm				
4,6	9,3	7,77	338	6,9	0,64	0,46	25	342	7,2	23	3,4	1,22

Fuente: Laboratorio de suelos Universidad de Nariño.

Para la investigación se utilizó semilla certificada tipo segunda (diámetro de 4 a 6 cm) de la variedad Diacol Capiro. La evaluación se hizo mediante un diseño de bloques completos al azar, se trazaron tres bloques de 605 m² (60.5 m x 10 m), separados a 1 m; en cada bloque se trazaron 11 parcelas de 55 m² (5.5 m x 10 m). Los tubérculos - semilla se sembraron dos por sitio a 30 cm y a 1,1 m. entre surcos.

Una vez depositada la semilla en el fondo del surco se aplicó las tres fuentes de abonos orgánicos (gallinaza, porcínaza y lombricompuesto) en tres dosis: 5, 10 y 15 ton ha⁻¹. A los 45 días después de la siembra, en banda lateral, a ambos lados de la planta, se aplicó 1500 kg ha⁻¹ de abono compuesto 10-20-20 el cual se tapo realizando al tiempo un ligero aporque al cultivo. Adicionalmente, se considero la fertilización con abono químico en dosis de 1500 y 2500 kg ha⁻¹ de 10-20-20 el cual se fraccionó su aplicación; la mitad en el momento de la siembra y la otra mitad a los 45 días (sin adición de abonos orgánicos), para un total de 11 tratamientos. Las dosis y fuentes utilizadas se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Fuentes y dosis de abonos orgánicos y químicos aplicados al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Diacol Capiro en un suelo del municipio de Túquerres, Nariño.

TRATAMIENTO	ABONO ORGÁNICO		ABONO QUIMICO 10-20-20 kg ha ⁻¹
	Fuente	Dosis ton ha ⁻¹	
1	Lobricompuesto	5	1500
2	Lobricompuesto	10	1500
3	Lobricompuesto	15	1500
4	Gallinaza	5	1500
5	Gallinaza	10	1500
6	Gallinaza	15	1500
7	Porcinaza	5	1500
8	Porcinaza	10	1500
9	Porcinaza	15	1500
10	-----	-----	1500
11	-----	-----	2500

La composición de los abonos orgánicos utilizados en la investigación se presenta en la tabla 3.

Al momento de la siembra, una vez depositada la semilla en el surco se aplicó clorpirifos, en dosis de 500 cc 200 L⁻¹ de agua y un fungicida desinfectante a base de yodo en dosis de 500 cc 200 L⁻¹ de agua. El control de arvenses se hizo 25 días después de la siembra con Metribuzin, en dosis de 200 cc 200 L⁻¹ de agua, a los 45 días se realizó un ligero aporque y a los 90 días la “alzada de tierra“. Para el control de gusano blanco, *Premnotrypes vorax* al momento de la emergencia se aplicó clorpirifos y

cipermetrina en dosis de 200 cc 200 L⁻¹ de agua repitiendo la aplicación a los 100 días de la siembra. Para el control de pulgilla, *Epitrix spp* y tostón, *Liriomiza spp* se utilizó metamidofos en dosis de 1 L ha⁻¹, con aplicaciones desde la emergencia hasta la floración. Para el control de gota, *Phytophthora infestans* se realizó aplicaciones de mancozeb en dosis de 500 g 200 L⁻¹ de agua y mancozeb + cymoxanil en dosis de 500 g 200 L⁻¹ de agua, para el control curativo se utilizó propamocarb en dosis de 400 cc 200 L⁻¹ de agua.

Tabla 3. Composición de los abonos orgánicos utilizados en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Diacol Capiro en un suelo del municipio de Túquerres, Nariño.

	GALLINAZA*	LOMBICOMPUESTO**	PORCINAZA***
Nitrógeno total	3.0%	2.1%	0.68%
Fósforo total	1.9%	-	0.43%
Potasio total	2.1%	-	0.62%
Relación C/N	9.79%	18%	23.10%
Humedad	13.5%	15.0%	31.77%
pH	8.61	4.0	7.6
CIC (meq/100g)	38.90	117.0	-
Cenizas	45.97%	18.5%	-
Carbono orgánico	11.55%	-	-
Densidad real	0.71g/cm3	1.07 g/cm3	-

Fuentes: * LABSAG. Palmira – Valle – Colombia; ** Agroandinos - lombricompuesto, Registro ICA No. 3582, *** Laboratorio de Bromatología. Universidad de Nariño.

Como variables de respuesta se evaluó el rendimiento total y dentro de éste el tamaño. Para tal efecto, al momento de la cosecha se tomo los tres surcos centrales de cada unidad experimental, descartando los dos surcos laterales y las plantas de los extremos (31.02 m² de área útil). La categoría de los tubérculos se estableció teniendo en cuenta la resolución 040 de 1981 y la norma colombiana ICONTEC 341 (Cuastumal y Lasso, 2001): extra (diámetro mayor a 9 cm), primera (diámetro entre 6,8 y 9 cm), segunda (diámetro entre 4,4 y 6,8 cm), y tercera (diámetro menor a 4,4 cm).

Los resultados se evaluaron a través del análisis de varianza y para aquellas variables que presentaron diferencias estadísticas significativas, se aplicó la prueba de

comparación de medidas de Tukey. La evaluación económica se realizó mediante un análisis de presupuesto parcial teniendo en cuenta el cálculo del rendimiento promedio, estimación de insumos variables, estimación del precio de campo de cada insumo, estimación del costo variable y beneficio neto (Perrin *et al.*, 1976)

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento por tamaño. Al realizar el análisis de varianza para el rendimiento por tamaño de los tubérculos, no se presentaron diferencias estadísticas significativas (tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza para el rendimiento (ton ha⁻¹) en papa *Solanum tuberosum* L. variedad Diacol Capiro, obtenido al evaluar diferentes fuentes y dosis de abonos orgánicos como complemento de la fertilización química en un suelo del municipio de Túquerres, Nariño.

FV	GL	CM				Rendimiento Total
		Tamaño del tubérculo				
		Cero	Primera	Segunda	Tercera	
Bloques	2	45,68**	5,97 ^{ns}	8,17 ^{ns}	0,80 ^{ns}	31,40 ^{ns}
Tratamientos	10	8,78 ^{ns}	21,64 ^{ns}	20,16 ^{ns}	0,64 ^{ns}	68,65*
Error	20	4,90	17,59	10,21	0,84	22,76
Total	32					

ns: no significativo *Significativo al 5% ** Significativo al 1%

Cv: 11,15

El hecho de haber fraccionado la aplicación del abono químico, con o sin la aplicación de abono orgánico, que garantiza la disponibilidad inmediata de N-P-K para el normal desarrollo del cultivo, pudo haber afectado el tamaño de los tubérculos ya que como lo manifiestan Blanco, y Morales, (1985), se puede presentar un efecto desfavorable del fraccionamiento de la fertilización química en el rendimiento de papa, estos autores encontraron en un Eutrandedt de Usme, Cundinamarca que la fertilización de la papa con 1.000, 1.500 y 2.000 kg ha⁻¹ de fertilizante 8-30-12, llevo a rendimientos mas altos cuando se aplico toda la dosis en la siembra que cuando se fraccionó su aplicación. El

ICA (1981) dentro de las recomendaciones para el cultivo de papa, manifiesta que la fertilización química, de preferencia, se debe realizar en su totalidad, al momento de la siembra. En el departamento de Nariño, en experimentos sobre épocas de aplicación de fertilizantes con diferentes variedades de papa, parda pastusa, ICA- Nariño y Criolla, mostraron la conveniencia de aplicar el 100% de la dosis en el momento de la siembra; no así para las variedades ICA- Guamuez y Tuquerreña que presentan respuesta al fraccionamiento, García y Pantoja (1998) atribuyen este comportamiento a la diferencia de tiempo en la formación de estolones y al período vegetativo. Guerrero (1988) menciona que el efecto de las épocas de aplicación y fraccionamiento del fertilizante depende de varios factores, entre otros variedad, periodo de vida, distribución de estolones y raíces, fuentes de fertilización, características del suelo y régimen de precipitación pluvial.

Rendimiento total. El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas, para el rendimiento total (tabla 4). La prueba de comparación de promedios de Tukey, mostró que la aplicación de 10-20-20 en dosis de 2500 kg ha⁻¹ y 1500 kg ha⁻¹ con rendimientos de 52,33 y 49,97 ton ha⁻¹, respectivamente, presentaron diferencias estadísticas significativas con el rendimiento obtenido cuando se aplicó 10 ton ha⁻¹ de lombricompost más 1500 kg ha⁻¹ de 10-20-20, con un rendimiento de 34,5 ton ha⁻¹, sin que se presenten otras diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados (Tabla 5).

En general, los resultados encontrados para el rendimiento por tamaño y total, parecen estar relacionados con el alto contenido de materia orgánica que presentan los suelos de la zona de estudio, motivada por una débil mineralización de la materia orgánica y por consiguiente, una escasa liberación de nutrientes, debido a la baja actividad microbiana atribuida a la baja temperatura de la zona, el pH extremadamente ácido, y según la clasificación taxonómica, a la abundancia de minerales secundarios amorfos de tipo alofánico que inhiben su transformación (Osorio, 2008; Bohn, et.al., 1993; Munevar y Wollum, 1983). Estos son factores que en suelos de paramo contribuyen también a inhibir los procesos de transformación de N- orgánico no disponible para la planta a N- mineral aprovechable. En estas condiciones ecológicas desfavorables para la

mineralización, se presenta un balance favorable para la acumulación de la materia orgánica, más que para su degradación, ya sea de la existente en el suelo o de la aplicada como abono (Munevar y Wollum, 1983). Lo anterior explicaría la baja respuesta a la aplicación de abonos orgánicos, como complemento a la fertilización con N - P - K, en los suelos del municipio de Túquerres donde se realizó la investigación.

Tabla 5. Rendimiento promedio (ton ha⁻¹) en papa *Solanum tuberosum* L. variedad Diacol Capiro, obtenido al evaluar fuentes y dosis de abonos orgánicos como complemento de la fertilización química, en un suelo del municipio de Túquerres, Nariño. Prueba de Tukey.

TRATAMIENTOS (kg ha ⁻¹)	RENDIMIENTO				
	TOTAL (t ha ⁻¹)	EXTRA (t ha ⁻¹)	PRIMERA (t ha ⁻¹)	SEGUNDA (t ha ⁻¹)	TERCERA (t ha ⁻¹)
Q 1500	49,97	6,13	26,81	14,94	2,1
Q 2500	52,33	7,79	24,18	17,68	2,69
Q + L 5000	40,3	8,38	19,77	10,42	1,72
Q + L 10000	34,55	5,75	16,71	10,69	1,4
Q + L 15000	41,42	6,18	21,17	11,93	2,15
Q + G 5000	43,84	3,3	22,03	15,9	2,58
Q + G 10000	42,18	4,46	20,95	14,83	1,93
Q + G 15000	40,89	3,55	19,45	15,53	2,36
Q + P 5000	41,75	5,27	20,42	13,81	2,26
Q + P10000	40,78	7,25	20,52	11,71	1,29
Q + P 15000	42,61	7,63	23,48	9,89	1,61

Q. Químico L. Lombricompuesto G. Gallinaza P. Porcinaza

Otro complejo de infertilidad se puede haber generado por una alta carga positiva de los coloides orgánicos presentes en el suelo y los aplicados en los abonos orgánicos, además de las arcillas amorfas (alófana), que influyen en la disponibilidad del fósforo (Sanchez y Uehara, 1980; Munevar y Wollum, 1983; Cadavid, 1982; Aguirre y Martínez, 1988). Las determinaciones realizadas por Martínez y Jiménez (1985), indican que los suelos derivados de cenizas volcánicas fijan, en forma no disponible, mas del 90% del fosforo aplicado como fertilizante y que la mineralización de los fosfatos orgánicos es muy débil pero dominando la inmovilización, de otra parte la escasa cantidad de fosforo que se libera por mineralización es inmediatamente convertida a fosfatos minerales menos solubles.

Sin embargo, en experimentos realizados en Andepts del oriente y altiplano norte en el departamento de Antioquia, el uso de la bovinaza, gallinaza y la marranza, mejoran la fertilidad de los suelos, cuando estos se someten a cultivos de papa u otros (Muñoz, 1978; Munevar, 1978; Cadavid, 1982). En Usme, Cundinamarca, en la serie “Cabrera” en suelos Andisoles, la aplicación de 5 ton ha⁻¹ de materia orgánica incrementó el rendimiento en 8 ton ha⁻¹, respecto a las 17 ton ha⁻¹ obtenidas con NPK y cal (Guerrero, 1988). Merchancano y Gómez (1984), encontraron que la aplicación de 6 a 9 ton ha⁻¹ de estiércol vacuno, en un Eutropept del altiplano de Pasto, incrementó la eficacia del fertilizante químico 13-26-6. Además, el abonamiento orgánico permitió aumentar el efecto residual del 13-26-6 y el efecto de 300 kg ha⁻¹ adicionales aplicados al trigo. Adicionalmente, encontraron que la aplicación de estiércol vacuno causó incrementos en los niveles de K, Ca y Mg cambiables en el suelo, pero provocó un efecto inverso sobre la aprovechabilidad del azufre. Barrera (1994), en un Andept del suroriente de la sabana de Bogotá encontró que con la adición de 2 ton ha⁻¹ de gallinaza a la dosis de fertilizante compuesto 1500 kg ha⁻¹ de 10-30-10, el incremento en el rendimiento fue de 10 ton ha⁻¹.

Por otra parte el tratamiento con fertilización química de 1500 kg ha⁻¹ de 10-20-20 equivalentes a 150 kg de N, 300 kg de P₂O₅ y 300 kg de K₂O y los aportes nutricionales del suelo son considerados como suficientes para obtener una adecuada producción. Esto podría explicar la nula respuesta a la fertilización con abonos orgánicos como complemento a la fertilización química. Resultados similares de producción fueron obtenidos por Guerrero (1982), en el cual para una producción de 50 ton ha⁻¹ se utilizaron 300 kg de N, 100 kg de P₂O₅ y 600 kg de K₂O.

El análisis económico del rendimiento mostró que la aplicación de 1500 kg ha⁻¹ de 10-20-20 con un beneficio neto de \$ 16.157.800 y unos costos variables de \$ 3.209.500, es el tratamiento más viable económicamente, como se muestra en la tabla 6.

García y Pantoja (1998), mencionan que en suelos de Nariño, los mayores rendimientos se obtienen con la aplicación de fertilizantes de grado 13-26-6 y 10-30-10 en dosis

comprendidas entre 1000 y 2000 kg ha⁻¹. Dentro de este rango desde el punto de vista económico, mencionan que es necesario tener en cuenta el costo del fertilizante y el valor del producto en el mercado, considerando el riesgo agronómico y económico que implica la fertilización, la mayor fertilización corresponde a los suelos de mayor potencial.

Tabla 6. Análisis de dominancia para los datos de respuesta de rendimiento (ton ha⁻¹) en papa *Solanum tuberosum* L. variedad Diacol Capiro obtenido al aplicar fuentes y dosis de abono orgánico y químico en un suelo del municipio de Túquerres, Nariño.

TRATAMIENTO	BENEFICIO NETO (\$/Ha)	COSTOS VARIABLES (\$/Ha)
T10	16.157.800	3209500
T11	15.138.600	4947250*
T4	12.243.500	4324550*
T7	12.069.100	3924450*
T8	11.239.100	4764600*
T9	11.217.650	5637150*
T5	10.591.050	5530800*
T1	10.450.650	5407750*
T6	8.678.350	6737900*
T3	5.933.150	10119850*
T2	5.740.850	7685050*

* Tratamientos dominados

CONCLUSIONES

La aplicación de gallinaza, lombricompost y porcinaza, en dosis de 5,10 y 15 ton ha⁻¹, como complemento a la fertilización con 1500 Kg ha⁻¹ de fertilizante 10-20-20, no incrementa los rendimientos por tamaño y total en papa variedad Diacol Capiro.

La aplicación de 1500 kg ha⁻¹ de fertilizante 10-20-20, es la alternativa económica más rentable con un beneficio neto de 16.157.800.

BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, J. y MARTINEZ, M. 1988. Estudio del fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas en el departamento del Cauca. Tesis Ing Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia. 117 p.

ARCILA, B.; LOPEZ, C. y PEÑA, L. 2004. Manejo técnico y sicioempresarial de la papa en el departamento de Nariño. Manual de Asistencia técnica No 1. CORPOICA. San Juan de Pasto. 60 p.

BARRERA, L. 1994. La fertilidad de los suelos de clima frío y la fertilización de cultivos. En: Fertilidad de suelos Diagnostico y control. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Ed. Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá, Colombia. pp 403-419.

BARRERA, L y TAMAYO, A. 2000. Establecimiento del cultivo. En: Manejo integrado del cultivo de la papa. Editado por Carlos A. Herrera, Luis H. Fierro y José D. Moreno. Tibaitata, Bogotá, D.C. Colombia. pp. 87-110.

BERTSCH, F. 2003. Abonos orgánicos. Manejo de la fracción orgánica y de los aspectos biológicos del suelo. En: Fertilizantes: características y manejo. Editado por Gloria Melendez y Eloy Molina. Centro de investigaciones agronómicas. Universidad de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. pp 112-130.

BLANCO, C. y MORALES, A. 1985. Eficiencia técnica y económica de diferentes modalidades de fertilización en el cultivo de la papa, *Solanum tuberosum*, L. Tesis de grado ingeniero agrónomo. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. Bogotá. 113p.

BOHN, H.; Mc NEAL, B. y O' CONNOR, G. 1993. Química del suelo. México, limusa. 370 p.

BURBANO, H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes bioquímicos. Pasto, Universidad de Nariño, Colombia. 447 p.

CADAVID, C. 1982. Mejoramiento de la fertilidad del suelo en base a la utilización de residuos de porqueriza. Suelos Ecuatoriales 13:82-93.

CEVIPAPA 2008 Centro virtual de investigaciones de la cadena agroalimentaria de la papa. En: <http://www.cevipapa.org.co/cultivo/colombia.php> 1p; consulta marzo 2009.

CORREA, A. 2005. Pasado y futuro de los estudios de materia orgánica del suelo en Colombia. Suelos Ecuatoriales 35 (1): 137 – 155.

CUASTUMAL, G. y LASSO, J. 2001. Evaluación de la fertilización con micronutrientes en la calidad de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Diacol Capiro, en los municipios de Pasto, Túquerres u Guachucal – Nariño. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agronómica, Pasto, Colombia. 114 p.

GARCIA, B. y PANTOJA, C. 1998. Fertilización del cultivo de la papa en el departamento de Nariño. En: Fertilización de cultivos en clima frío. Ed. por Ricardo Guerrero R. Monomeros Colombo Venezolanos (E.M.A). Sáenz y Cia. Ltda. Santa fe de Bogotá, Colombia. pp 23-39.

GOMEZ, Z. 2000. La materia orgánica en los agroecosistemas. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Impresora Feriva S.A. Santiago de Cali, Colombia. 70 p.

GUERRERO, R. 1982. La fertilización de la papa en Colombia. Monomeros Colombo-Venezolanos, S.A. Colección punto verde No 2. Bogotá. 36 p.

GUERRERO, R. 1988. La fertilización de la papa en Colombia. Monomeros Colombo-Venezolanos, S.A. Bogotá. 26 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGRAPECUARIO (ICA). 1981. Fertilización en diversos cultivos. Cuarta aproximación, ICA, programa nacional de suelos, manual de asistencia técnica No 25. Tibaitata, 56 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGRAPECUARIO (ICA). 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Produmedios. Tibaitata, Colombia. 64 p

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI (IGAC). 1989. Estudio general de suelos del sur-orienté del departamento de Nariño. IGAC, sub dirección agrologica. Santa fe de Bogotá, D.C, 287 p.

MARTINEZ, N. y JIMENEZ, B. 1985. Dinámica del fosforo en condiciones de campo, en un paramo de Cundinamarca. Tesis de agrologo. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Facultad de Agrologia. Bogota, Colombia. 105 p.

MELLENDEZ, G. y SOTO, G. 2003. Indicadores químicos de calidad de abonos orgánicos. En: Fertilizantes: características y manejo. Editado por Gloria Melendez y Eloy Molina. Centro de investigaciones agronómicas. Universidad de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. pp 50-63.

MERCHANCANO, J y GOMEZ, R. 1984. Efecto de la aplicación de estiércol y NPK en la producción de papa (*Solanum tuberosum*, L) y en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo del altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. Pasto, Colombia. 156 p.
159-171.

MUNEVAR, F 1978. Efecto del encalado en la fijación de fósforo por diez andosoles colombianos. Revista ICA 13:59-68.

MUNEVAR, F. y WOLLUM, G. 1983. Factores físicos, químicos y biológicos que influyen en la mineralización de la materia orgánica en Andosoles. Suelos Ecuatoriales 13:57-72.

MUÑOZ, R. 1978. Fertilización y manejo de suelos cultivados con papa (*Solanum tuberosum*, L) En Antioquia. En : el cultivo de la papa compendio No. 24. ICA, Medellín, Colombia. pp 77-101.

MUÑOZ, R. 1994. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. En: Fertilidad de suelos - Diagnostico y control. Editado por Francisco Silva Mojica. Sociedad Colombiano de la Ciencia del Suelo. Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá, D.C. Colombia. pp 293-304 .

OSORIO, W. 2008. Uso de enmiendas orgánicas en el manejo de suelos ácidos del trópico. En: Actualización en fertilización de cultivos y uso de fertilizantes. Editado por Francisco Jiménez Uribe. Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. Ed. Guadalupe Ltda. Bogota, D.C., Colombia. pp 189-200.

PERRIN, R. WINKELMAN, D.; MOSCARDI, E. y ANDERSON, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. CYMMYT, México. 54 p.

ROMERO, M. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. En: Agrocienza 34. p. 261-269

SANCHEZ, P y UEHARA, G. 1980. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. En: Khasawhen, F (Ed.). The role of phosphorus in agriculture. Soil science society of America, Madison , W. pp 471- 514.

SOTO, G. 2003. Abonos orgánicos: Definiciones y procesos. En: Fertilizantes: características y manejo. Editado por Gloria Meléndez y Eloy Molina. Centro de investigaciones agronómicas. Universidad de Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. pp 20-49.