

## EVALUACIÓN DE CINCO FUENTES ORGÁNICAS SOBRE EL DESARROLLO VEGETATIVO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPA

### EVALUATION OF FIVE ORGANIC SOURCES ON VEGETATIVE DEVELOPMENT OF POTATO CROPS

Frank Zamora\*, Domingo Tua\* y Duilio Torres\*\*

\*Investigador. INIA. Centro de Investigaciones Agrícolas Falcón, Coro-Venezuela. E-mail fzamora@inia.gob.ve

\*\*Profesor. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Decanato de Agronomía. Departamento de Química y Suelos  
E-mail duiliotorres@ucla.edu.ve

#### RESUMEN

Para determinar las ventajas del uso de abonos orgánicos en la producción de papa, *Solanum tuberosum* L., minimizar los costos y el uso excesivo de fertilizantes químicos que conllevan a problemas de degradación química de suelo, se evaluó el efecto de cinco abonos orgánicos (fertipollo, estiércol de chivo, estiércol de res, cáscara de café y biofertilizante "La Pastora") sobre el rendimiento del cultivo de la papa, en el municipio Federación, estado Falcón. El diseño de experimento fue de bloques al azar y se evaluaron los siguiente tratamientos: estiércol de chivo (T1); estiércol de res (T2); fertipollo (T3); biofertilizante "La Pastora" (T4); cáscara de café (T5) y fertilización química (T6); estos fueron replicados 4 veces, obteniéndose un total de 24 unidades experimentales. Durante el ciclo del cultivo se evaluaron variables biométricas: altura de plantas, número de tallos/plantas, tubérculos/plantas y peso de tubérculos. El análisis estadístico se realizó con un ANOVA, el valor de probabilidad usado en el estudio fue 0,05, los datos fueron analizados usando el programa estadístico INFOSTAT. Los resultados obtenidos para la variable altura de planta, número de tubérculos, número de tallos y peso de tubérculos reflejan que los tratamientos donde se aplicó fertipollo y estiércol de chivo presentaron un mayor desarrollo vegetativo y por lo tanto un mejor rendimiento que el resto de los abonos orgánicos aplicados e inclusive superiores que donde se aplicó la fertilización química.

**Palabras Clave:** *Solanum tuberosum* L.; fertilización orgánica; tubérculos; desarrollo vegetativo; rendimiento.

#### SUMMARY

In order to determine the advantages of using organic fertilizers for potato production, reduce costs and the excessive use of chemical fertilizers that cause several chemical problems in soils, the effect of five organic fertilizers (fertipollo, cow manure, goat manure, coffee rind amendments and "La Pastora" biofertilizer) on potato, *Solanum tuberosum* L., crop yield was evaluated in a production unit of Federation municipium, Falcon State. A random blocks design with six treatments was used. Treatments were: goat manure (T1); cow manure (T2); fertipollo (T3); "Pastora" biofertilizer (T4); amendments of coffee rind (T5) and chemical fertilization (T6), replicated 4 times, for a total of 24 experimental units. The experiment was installed in a commercial lot of 10,000 m<sup>2</sup> of surface, with a sowing density of 30,000 plants has<sup>-1</sup>. Each experimental unit had 5 furrows of 4 m length, with the 3 central rows taken as effective area, of which 5 plants were selected for evaluations. During the cycle of the crop, biometric parameters were evaluated such as: plant height, number of stems per plant, number of tubers per plant and tuber weight. A statistical analysis of variance (ANOVA) using the probability value of 0.05 and the program INFOSTAT was performed. Results showed that for parameters plant height, tuber number, stem number and yield that treatments where fertipollo and goat manure were applied greater vegetative development and yield were obtained.

**Key Words:** *Solanum tuberosum* L.; organic fertilization; tubers; growth; plants; yield.

RECIBIDO: enero 10, 2008

APROBADO: marzo 14, 2008

## INTRODUCCIÓN

El uso de materiales orgánicos va unido a la actividad agrícola desde sus orígenes, y su empleo ha estado ligado de manera histórica directamente con la fertilidad y productividad de las tierras cultivadas (Laprade y Ruiz, 1999). En los sistemas agrícolas tradicionales, los pequeños agricultores mantenían la fertilidad de sus tierras y producción de cosechas cerrando los ciclos de energía, agua y nutrimentos. No obstante, el desarrollo de la revolución verde, orientada hacia un enfoque productivista que buscaba el incremento en la producción de alimentos, basados en el aumento del uso de insumos agrícolas, se produjo la pérdida del equilibrio ecológico, manifestándose en el desgaste de la capacidad productiva de los agroecosistemas, en especial su potencial de fertilidad, causado en gran medida por la disminución en los contenidos de materia orgánica (MO).

En tal sentido, la producción hortícola en el ámbito mundial de algunos rubros como tomate, pimentón, cebolla y papa, *Solanum tuberosum* L., se ha basado tradicionalmente en sistemas de producción de altos insumos; es decir, elevado uso de maquinaria y agroquímicos en general. Si bien este modelo ha mantenido la productividad agrícola durante años, el mismo ha fracasado, en virtud de que ha contribuido con el deterioro de la calidad ambiental, ocasionando problemas de compactación, acidificación, salinización y erosión de los suelos, entre otros (Orozco, 1999), sin embargo muchas veces la disminución de la calidad de los recursos biológicos no se ve reflejada en los rendimientos, dado que los mismos son enmascarados por exceso de fertilizantes.

Para revertir esta situación, se debe buscar la sustitución de las fuentes inorgánicas por fertilizantes orgánicos, como compost, estiércol o biofertilizantes que conlleven a un incremento de la fertilidad del suelo a través de la mineralización de la MO (Benedetti *et al.*, 1998), lo cual además se traduce en una mayor actividad biológica y mejoras en las propiedades físicas del suelo (Altieri y Nicholls, 2006).

En sus investigaciones King (1990), indica que en el marco de la agricultura sostenible, el control de la fertilidad del suelo a través del ciclo de nutrimentos, es un factor clave para el desarrollo de sistemas alternativos exitosos, ya que con ellos se reducen las pérdidas de éstos y se maximiza su uso; en tal sentido, los abonos orgánicos constituyen una estrategia formidable para alcanzar estos objetivos.

Por su parte, Kulakovskaya y Brysozovskii (1984), señalan que el uso combinado de abonos orgánicos y minerales, contribuyen a mejorar la calidad de la papa, no sólo por aumentar los rendimientos, sino porque incrementan el valor biológico de las proteínas en los tubérculos.

Entre los abonos orgánicos que se han probado en el cultivo de la papa, Buchanan (1993), indica que al usar gallinaza como fuente orgánica, se incrementa el rendimiento de papa, observándose también un efecto residual, pues en ciclos sucesivos, este autor encontró una alta concentración de N en el suelo, por lo que la planta absorbió más N del requerido, lo que retardó la formación y maduración de tubérculos.

A pesar de que en el país existen muchas fuentes orgánicas (Rivero y Carracedo, 1999), la mayoría son producidas en el estado Lara, lejano a las zonas de producción de papa, ubicadas principalmente en los estados Andinos (Táchira, Trujillo y Mérida), lo cual constituye una problemática para su uso, dado los elevados costos de transporte, por otra parte, las mismas han sido poco evaluadas y su capacidad como fertilizantes aún no ha sido determinada, además de contener elementos fitotóxicos que comprometen la salud del cultivo, por lo cual muchas veces los productores se abstienen de usarlas al no conocer sus bondades, entre tanto se requiere la evaluación de su calidad, tanto desde el punto de vista nutricional como de toxicidad, así como su efecto sobre la producción de papa.

En Venezuela, la zona hortícola de la Sierra Falconiana, específicamente en el municipio Federación, ha sido uno de los mayores productores de hortalizas de piso bajo en el país, específicamente tomate, pimentón y cebolla; no obstante, en los últimos años el cultivo de la papa, que tradicionalmente proviene principalmente de los estados andinos (Táchira, Mérida y Trujillo) y del estado Lara, Zamora (1995); ha tomado cierto interés entre los agricultores de la zona alta del estado Falcón. Sin embargo, los costos de producción, entre ellos por concepto de fertilizantes químicos, han limitado su total establecimiento, por lo que se requiere evaluar fuentes orgánicas que permitan mantener la productividad en forma sostenible, disminuyendo los costos de producción, y contribuir a minimizar el impacto negativo causado al suelo y al ecosistema en general por el uso excesivo de fertilizantes químicos.

En este sentido, la agroecología ofrece alternativas que permiten sustituir los insumos tradicionales, mante-

niendo y mejorando la calidad del suelo, en el caso de la fertilización, se han desarrollado diferentes fuentes de origen orgánica, cuya efectividad ha sido bien documentada. En los suelos manejados bajo principios agroecológicos se observan incrementos de la entomofauna, mayor actividad biológica, aumento de los niveles de MO y por ende la fertilidad del suelo (Altieri y Nicholls, 2003), dado las bondades del uso de los abonos orgánicos, y ante las necesidades de ofrecer fertilizantes de bajo costo y que permitan mantener la calidad del suelo, garantizando a su vez la productividad del cultivo. El objetivo central de este trabajo de investigación fue el de evaluar el efecto de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo del cultivo de la papa en el municipio Federación, estado Falcón.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área experimental

El ensayo fue realizado en el sector La Sabanita, de la población de Churuguara, municipio Federación, ubicado entre las coordenadas 10°45'-10° 47' LN y entre 69°36'-69°42' LO, aproximadamente a 10 km de la capital del municipio. El área de estudio se encuentra a 800 m.s.n.m., corresponde a una zona de vida bosque húmedo premontano con una precipitación promedio de 1 000 mm año<sup>-1</sup> y temperatura promedio año 22 °C. Los suelos presentan niveles medios a altos de MO, muy bajos en fósforo, con niveles altos de potasio y calcio, pH ligeramente ácido y sin problemas de conductividad eléctrica (Miquelena, 1999; Zamora, 2003).

### Diseño de experimentos

El diseño de experimento utilizado fue de bloques al azar y se evaluaron en total 6 tratamientos los cuales fueron los siguientes: estiércol de chivo (T1); estiércol de res (T2); fertipollo (T3); biofertilizante "La Pastora" (T4); cáscara de café (T5) y fertilización química (T6), estos tratamientos fueron replicados 4 veces, obteniendo un total de 24 unidades experimentales. El ensayo fue instalado en una parcela comercial de 10 000 m<sup>2</sup> de superficie, usando una densidad de siembra de 30 000 plantas ha<sup>-1</sup>, con una unidad experimental conformada por 5 surcos de 4 m de longitud, tomando los 3 centrales como área efectiva, de los cuales se seleccionaron 5 plantas por cada evaluación realizada, la distancia entre hilera fue de un metro y la distancia entre plantas de 30 centímetros, el área efectiva de evaluación fue de 25 m<sup>2</sup>.

### Descripción de los tratamientos

Los abonos orgánicos evaluados fueron estiércol de chivo, biofertilizante "La Pastora", estiércol de res y fertipollo, los cuales se aplicaron en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>, siguiendo las recomendaciones de fertilización establecidas para el cultivo de papa en un ensayo de abonamiento llevado en Brasil en condiciones agroecológicas similares a la del presente ensayo (Ferreira *et al.*, 1993).

Estos abonos fueron aplicados en la hilera a "Chorro corrido" y su aplicación fue fraccionada, una la mitad de la dosis al momento de la siembra y la otra mitad durante el aporque.

#### Estiércol de chivo

Fue recolectado de unidades de producción aledaña a la zona de estudio, la cual es un área productora de ganadería caprina, el mismo fue previamente curado y se usó en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Fertipollo

Fue obtenido de la empresa Fertiliza, la cual se encarga de procesar los residuos de la cama de pollo con altas temperaturas para su esterilización y eliminación de patógeno, este se aplicó en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Estiércol de res

Fue recolectado de unidades producción aledaña a la zona de estudio, ya que los sistemas de producción en el área es mixto, combinando la ganadería doble propósito con la producción de papa, el mismo fue previamente curado y se empleó en una dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Biofertilizante "La Pastora"

Este abono orgánico el cual es producto de la mezcla del compost de la cachaza y bagazo de caña, el mismo se obtuvo del producto comercializado bajo este nombre por el central "La Pastora", estado Lara, aplicándose en dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>.

#### Cáscara de café

Este fue colectado, de los residuos obtenidos de la producción artesanal de café de productores cercanos a la zona de estudio, el mismo se utilizó en dosis de 30 Mg ha<sup>-1</sup>, previamente antes de su aplicación la misma fue curada.

### Fertilizante químico

Se empleó un fertilizante comercial cuya fórmula fue 15-15-15, aplicándose en una dosis de 600 kg ha<sup>-1</sup> la cual fue fraccionada en 2 períodos, 300 kg al momento de la siembra y 300 kg en el aporque. Esta dosis se calculó sobre la base del contenido de nutrientes en el suelo (Cuadro 1) y en función de los requerimientos nutricionales del cultivo.

### Características de los abonos empleados

Las fuentes de abonos orgánicos empleadas fueron analizadas en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, para determinar las variables Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Potasio y porcentaje de MO, los resultados son expresados en el Cuadro 2.

### Material vegetal usado en el ensayo

El material genético empleado para la evaluación fue semilla certificada de origen canadiense de la variedad Kenebeck, la misma fue cortada en secciones o trozos, siguiendo el procedimiento recomendado (Coraspe *et al.*, 2002), tomándose en cuenta el peso de este (entre 40-50 g), y el número de grelos o yemas por trozo, inmediatamente fue desinfectada, sometiéndolas a un tratamiento preventivo con Mancozeb y Cobret, y almacenados con luz difusa a fin de estimular el tono verde de los grelos.

### Variables evaluadas

Se evaluaron semanalmente variables biométricas del cultivo de papa como altura de plantas, número de tallo, grosor del tallo, la altura fue medida empleando una cinta métrica, midiendo desde la base de la planta hasta la última hoja y el grosor del tallo se midió empleando un vernier, al final del cultivo se evaluó el número y peso de tubérculos, para estimar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo, el área efectiva

para la evaluaciones biométricas correspondió a un área de 25 m<sup>2</sup> aproximadamente.

### Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó un ANOVA y en aquellos tratamientos con diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey, el valor de probabilidad usado en el estudio fue 0,05 y los datos fueron analizados con el programa estadístico INFOTAT.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para la variable altura de planta (Figura 1), reflejan que los tratamientos donde se aplicaron fertipollo y estiércol de chivo presentaron mayor desarrollo vegetativo con valores estadísticamente superiores ( $P < 0,05$ ), con alturas de 42,37 cm y 39,94 cm, respectivamente, en comparación con el biofertilizante "La Pastora" (BP); cáscara de café e incluso la fertilización química con valores de 36,67 cm; 35,87 cm y 35,24 cm, respectivamente.

El menor valor fue observado en aquellas plantas donde el tratamiento aplicado fue el estiércol de res con una altura de 30,74 cm. Un aspecto resaltante es que en la mayoría de los casos donde se aplicó la fertilización orgánica, el desarrollo vegetativo fue muy superior al señalado en la fertilización química, lo que evidencia las bondades del uso de este tipo de abono para la fertilización del cultivo de la papa.

En la Figura 2 a pesar de que no existieron diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos, al evaluar la variable grosor del tallo, se mantiene la misma tendencia, que la observada para la variable altura; es decir, que el tratamiento donde se aplicó el fertipollo presentó mayor grosor del tallo con un valor de 0,96 cm, seguido de biofertilizante "La Pastora" con 0,94 cm; estiércol de chivo 0,90 cm y cáscara de café 0,89 cm.

**CUADRO 1.** Características del suelo bajo estudio.

A	L	a	MO (%)	N %	P (Mg kg <sup>-1</sup> )	K (Mg kg <sup>-1</sup> )	Ca (Mg kg <sup>-1</sup> )	pH	Clase Textural
16,4	49,2	34,4	3,10 (M)	1,20 (M)	4 (B)	112 (A)	1082 (A)	5,2 ligeramente ácido	Franco

A: arcilla; L: limo; a: arena; Ce: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; P: fósforo; K: potasio; Ca: Calcio; Na: sodio; Mg: magnesio. Distribución del tamaño de partícula (Bouyoucos); Fósforo (Olsen); Potasio (Olsen); Magnesio (Morgan); Calcio (Morgan); pH (relación 1:2:5); Materia Orgánica (combustión húmeda, Walkley y Black, 1934); Conductividad eléctrica (relación 1:5); Métodos descritos en Manual de Procedimiento de Laboratorio del FONAIAP (Gilabert *et al.*, 1990).

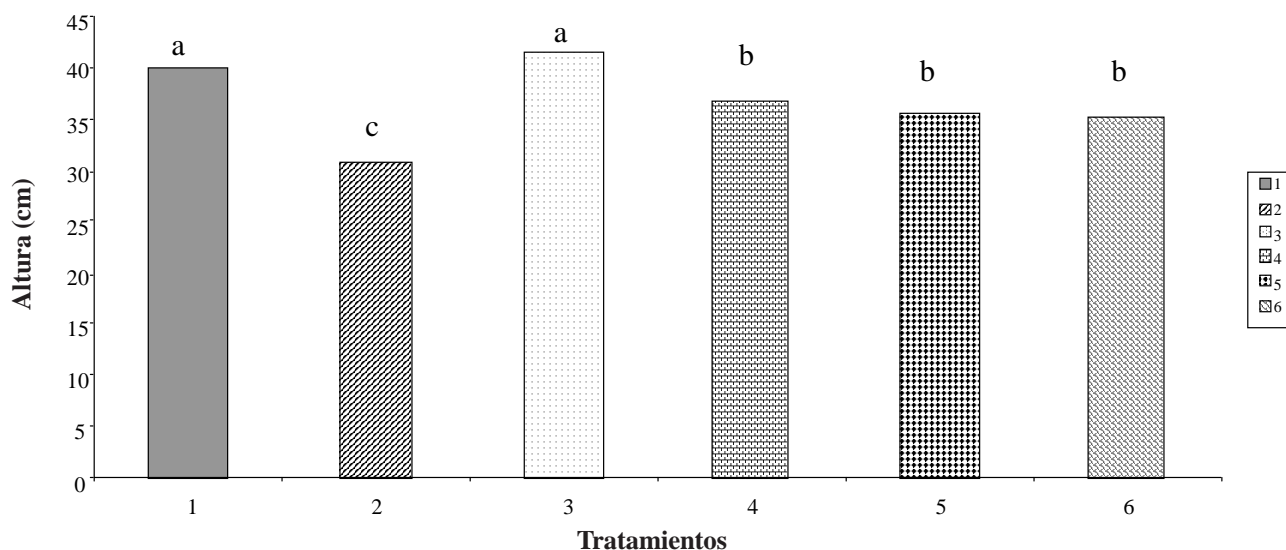
**CUADRO 2.** Características químicas de las fuentes evaluadas.

Abono	N (Mg kg <sup>-1</sup> )	P (Mg kg <sup>-1</sup> )	K (Mg kg <sup>-1</sup> )	Ca (Mg kg <sup>-1</sup> )	Mg (Mg kg <sup>-1</sup> )	MO (%)	Ce (dS m <sup>-1</sup> )	pH
Fertipollo	3,9	0,35	3,2	0,2	0,2	12	7,6	7,7
Estiércol de res	0,6	0,17	0,7	0,10	0,60	14	3,6	8,7
Estiércol de Chivo	2,0	3,98	2,5	2,21	3,4	21	8,6	7,66
Biofertilizante "La Pastora"	2,0	1,2	1,0	5,0	1,8	38	4,0	6,5
Cáscara de café	1,33	4,29	1,27	1,61	0,44	45	1,32	5,60

En todos los casos estos tratamientos orgánicos presentaron un grosor del tallo superior al presentado en la fertilización química, el cual fue de 0,86 cm, ratificándose una vez más que la fertilización orgánica en este caso, contribuyó con un mejor desarrollo vegetativo en comparación a la fertilización química; no obstante, el tratamiento donde se aplicó estiércol de res nuevamente presentó un grosor de tallo significativamente menor al resto de los tratamientos, con 0,82 cm.

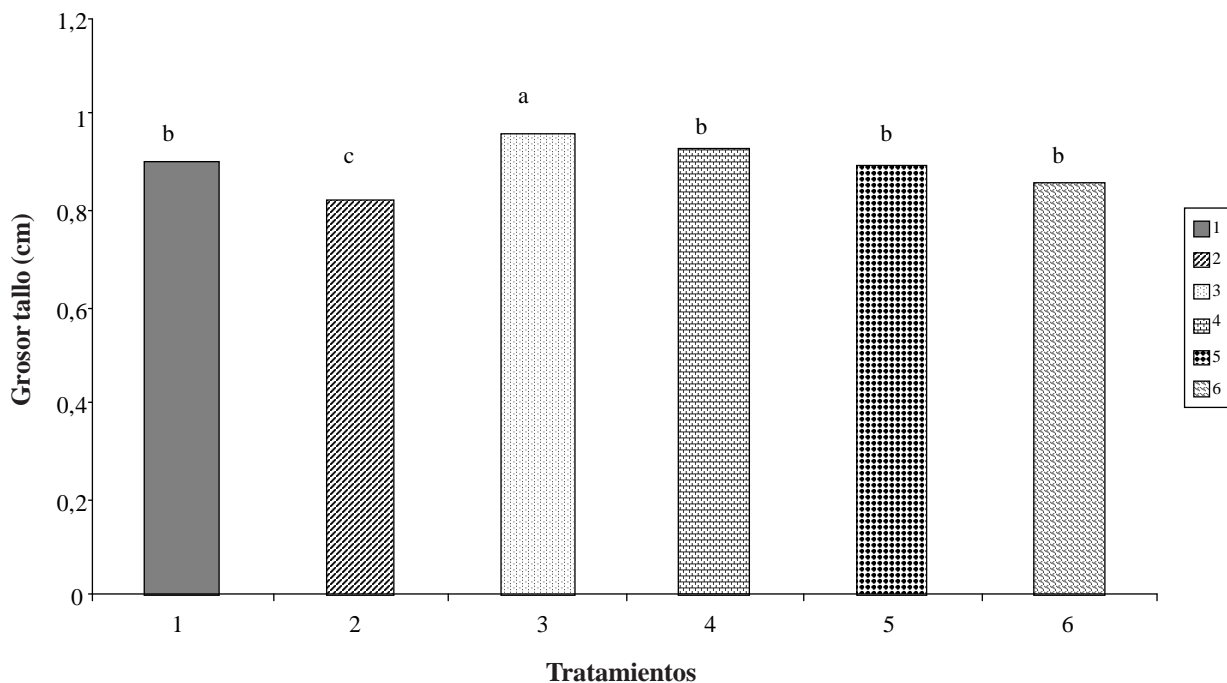
A pesar, de que la mayoría de los tratamientos orgánicos presentaron una mejor respuesta cuando se evaluaron las variables altura y grosor del tallo, este resultado fue totalmente contrario cuando se evaluó la variable número

de tallo/plantas (Figura 3), donde la fertilización química solamente fue inferior al tratamiento en el cual se aplicó el estiércol de chivo con 5,18 tallos/planta y de 4,74 tallos/plantas para la fertilización química, los cuales fueron estadísticamente superiores ( $P < 0,05$ ), a los valores mostrados para el biofertilizante "La Pastora", cáscara de café, fertipollo y estiércol de res con valores de 4,24 tallos/plantas; 4,23 tallos/plantas; 4,21 tallos/plantas y 3,97 tallos/plantas, respectivamente. Estos resultados ratifican que el estiércol de chivo en forma general es la fuente orgánica que contribuye a mejorar notablemente el desarrollo de la planta, y que en todas las variables el peor desarrollo fue observado cuando se aplicó el estiércol de res.



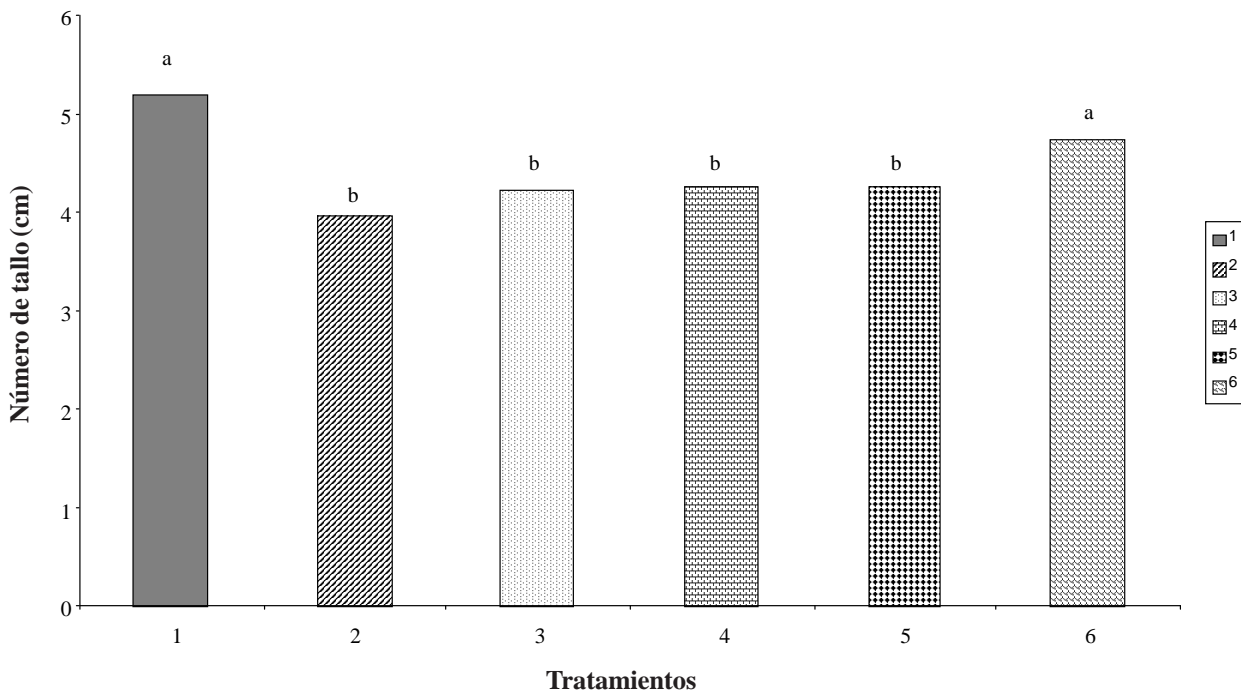
1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.  $P < 0,05$ , letras diferentes indican diferencias significativas.

**FIGURA 1.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la altura de plantas de papa.



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

**FIGURA 2.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la variable grosor de tallo en el cultivo de papa.



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

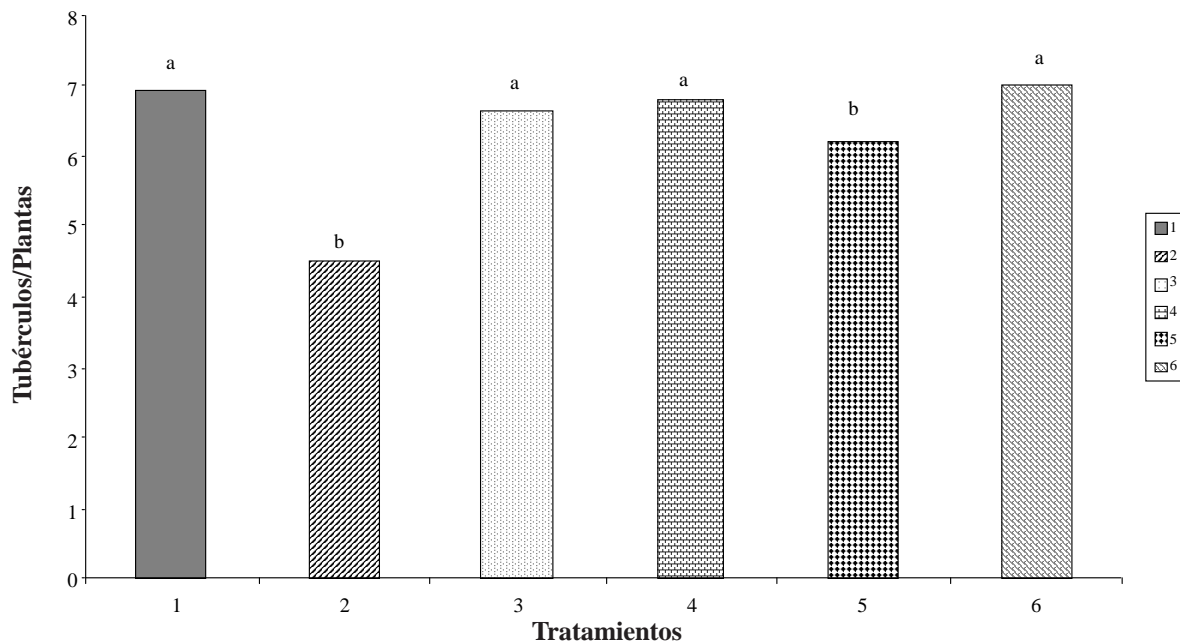
**FIGURA 3.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la variable número de tallos en el cultivo de papa.

El comportamiento observado en el desarrollo vegetativo, producto de la aplicación de los fertilizantes orgánicos sobre la evolución de la papa, obviamente se reflejó en los rendimientos, los cuales fueron evaluados a través de los parámetros números de tubérculos por planta y rendimiento en kilogramos por hectárea. En la Figura 4, se observa que el tratamiento con estiércol de chivo presentó un número de tubérculos/plantas estadísticamente similar ( $P < 0,05$ ), al observado en la fertilización química con valores de 6,90 tubérculos/plantas y 7 tubérculos/planta respectivamente; observándose una tendencia similar al comportamiento de las variables altura, grosor y número de tallo. Estos rendimientos fueron superiores al del resto de los tratamientos que presentaron valores de 6,80 tubérculos/planta en el biofertilizante "La Pastora"; 6,20 tubérculos/planta en el tratamiento cáscara de café y 6,20 tubérculos/planta en el fertipollo; los valores más bajos se observaron en el tratamiento donde se aplicó estiércol de res.

Estos resultados son similares a los estudiados por Linus *et al.* (2004), en un trabajo realizado en Kenya donde encontraron que los tratamientos orgánicos, no presentaron diferencias significativa al compararse con la fertilización química, exceptuando el tratamiento de

estiércol de res, produciendo un número de tubérculos por planta similar a la fertilización química, lo que indica que la aplicación de dosis modestas de fertilización inorgánica combinadas con la fertilización orgánica, pudiesen conllevar a un mayor crecimiento y desarrollo del cultivo.

Esto a su vez coincide con lo investigado por González *et al.* (2006), quienes al observar la densidad de los tubérculos de los tratamientos donde sólo se aplicó estiércol de chivo, fueron significativamente superiores a los que fueron fertilizados con gallinaza, estiércol de res, cáscara de café o biofertilizantes, estos resultados contradicen a lo presentado por Romero-Lima *et al.* (2000) en México, quienes al evaluar diferentes fuentes orgánicas y compararlas con fuentes minerales, encontraron que cuando se aplicó la gallinaza, los requerimientos nutricionales fueron menores, se obtuvieron tubérculos de mayor calidad y se incrementaron los rendimientos. La falta de respuesta de la papa a la aplicación de compost podría relacionarse con la baja concentración de nitrógeno que este contiene, aunque este argumento no parece ser suficiente para explicar el efecto inhibitorio señalado, lo que lleva a pensar que existan otras causas cuya naturaleza sería conveniente determinar en posteriores experiencias.



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

**FIGURA 4.** Efecto de 5 fuentes de abonos orgánicos sobre la variable número de tubérculos por planta en el cultivo de papa.

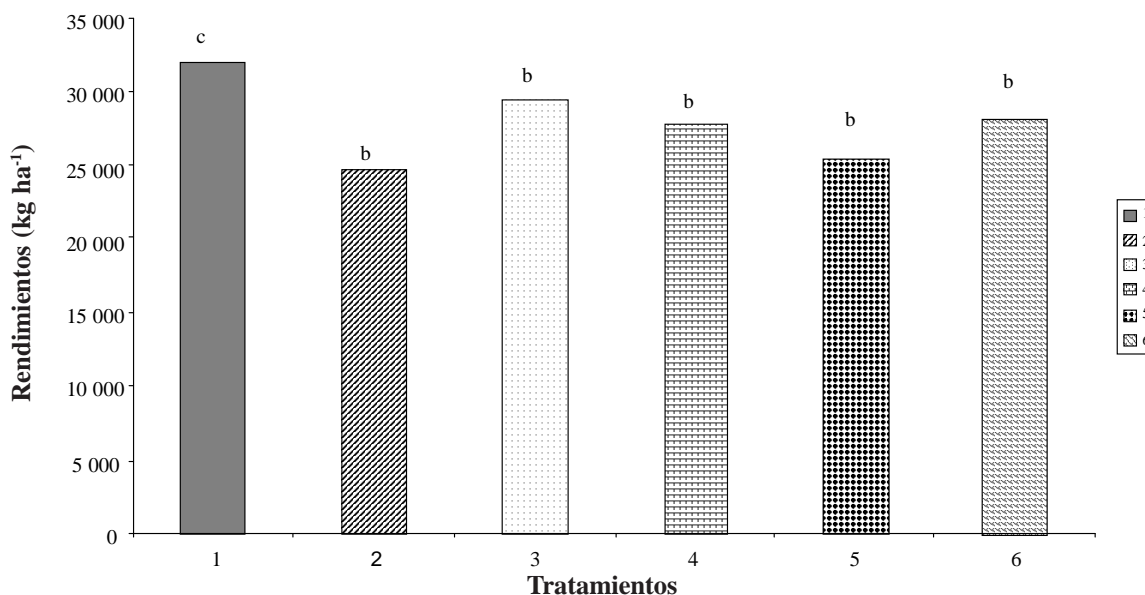
El mayor desarrollo vegetativo no sólo se manifestó en un mayor número de tubérculos, sino, que esto se tradujo en un incremento de los rendimientos en el tratamiento estiércol de chivo; el cual presentó rendimientos estadísticamente iguales al tratamiento donde se aplicó la fertilización química tradicional con valores de 32 000 kg ha<sup>-1</sup> y 28 150 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Es importante destacar que el tratamiento donde se aplicó fertipollo, si bien presentó menos número de tubérculos que T1 y T6, los rendimientos fueron similares a estos 2 con 29 450 kg ha<sup>-1</sup>, aunque el tratamiento biofertilizante en todas las variables biométricas presentó comportamiento inferior a la fertilización inorgánica, los rendimientos de estos fueron estadísticamente iguales a la fertilización química con valores de 28 159 kg ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos con menores rendimientos fueron aquellos donde se aplicó cáscara de café con 25 550 kg ha<sup>-1</sup>, y estiércol de res 24 700 kg ha<sup>-1</sup>, resultados que mantienen la misma tendencia observadas al evaluar las variables biométricas: altura de tallo, grosor del tallo y número de tallos, Figura 5.

Los resultados coinciden con los presentados por Kleinhes y Cardina (2003), quienes señalan que la aplicación de compost incrementa los rendimientos y el tamaño de los tubérculos en un promedio de 12 a 14%, así mismo, Devaux *et al.* (2002), señalan que la incorporación de abonos orgánicos, incrementa los niveles

de MO y favorece los rendimientos en suelos de reacción ácida en comparación con suelos alcalinos; lo cual coincide con los resultados obtenidos en la investigación, dado que los suelos de la zona en estudio, se caracterizan por ser moderadamente ácidos, en virtud de las condiciones de alta precipitación que caracterizan la zona, coincidiendo a su vez con las observaciones realizadas por Villagarca (1983).

Esta afirmación es ratificado por Carter *et al.* (2004), señalando que el incremento de los rendimientos en la producción de papa fertilizada con fuentes orgánicas, es debido al aumento en los contenidos de MO, lo cual incrementa la producción de tubérculos. Estos autores además atribuyen estos incrementos a mejoras en las propiedades físicas y biológicas de los suelos, tales como retención de humedad e incremento de la actividad biológica, así como el aporte de nutrimentos al suelo, especialmente nitrógeno.

El uso de estiércoles esta asociado a un incremento de los contenidos de nitrógeno en el suelo, se ha demostrado que la aplicación de estiércoles, estimula la microbiota de suelo, lo cual favorece la mineralización de la MO, aumentando la liberación del nitrógeno orgánico, además de promover la actividad radical favoreciendo la absorción de nutrimentos, todo esto repercute en una mejor fertilidad del suelo (Galland *et al.*, 1998 y Porter *et al.*, 1999).



1: Estiércol de chivo; 2: estiércol de res; 3: fertipollo; 4: biofertilizante "La Pastora"; 5: cáscara de café; 6: testigo fertilización química.

**FIGURA 5.** Efecto de 5 fuentes de abono orgánico sobre el rendimiento del cultivo de papa.



En tal sentido el mayor desarrollo vegetativo, correspondió a los tratamientos con mayor aporte de nitrógeno en este caso el fertipollo y el estiércol de chivo, la mayor disponibilidad de este elemento se ve reflejado en un mayor desarrollo vegetativo de las plantas, los menores rendimientos por el contrario fueron observados en el estiércol de res, el cual presentó los menores contenido de nitrógeno.

Uno de los elementos, que quizás condicionó el rendimiento y la producción de la papa fue el P, cuando el suelo estudiado presentaba bajos contenidos de estos elementos lo cual obliga a su suministro a través de fertilizantes, los aportes de P, sólo fueron significativos alto en el caso del estiércol de chivo y la cáscara de café, reflejándose esto en mayores rendimiento, esto coincide con lo señalado por Abou-Hussein *et al.* (2002), lo cual se refleja en mayores rendimientos, Gale *et al.* (2000) y Zhongqi *et al.* (2006) señala que la aplicación de estiércoles tiene un impacto sobre el contenido de P disponible similar al de la fertilización química, pudiendo suplir a corto plazo los requerimientos de P, quienes encontraron que los niveles de P se incrementa luego de la aplicación de estiércoles.

Las deficiencias de P, pueden estar asociadas a un menor rendimiento de los tratamientos donde se aplicó fertipollo en comparación al estiércol de chivo a pesar de poseer iguales cantidades de nitrógeno, no obstante, en el caso de los tratamientos fertilizados con cáscara de café, el desarrollo vegetativo se vio favorecido por el aporte de P proveniente de esta fuente orgánica, a pesar, de que este abono presentó un aporte moderado de nitrógeno, pero, alto de fósforo. Estos resultado sugieren que el aporte de fósforo es esencial para el desarrollo del cultivo por lo cual en algunos casos será necesario combinar el abonamiento orgánico con alguna fuente fosfatada, los tratamientos que presentaron bajos contenidos de P, como fueron estiércol de res y biofertilizante "La Pastora" mostrando un desarrollo vegetativo bajo.

Uno de los nutrimentos que también jugó un rol importante en el desarrollo de la papa sobre todo en el peso y tamaño de los tubérculos fue el K, coincidentalmente los tratamientos que presentaron mejor rendimiento fueron aquellos que arrojaron mayor aporte de potasio al suelo, los cuales son estiércol de chivo y fertipollo, estos resultados coinciden con los presentados por Bishnu *et al.* (2006), quienes señalan que el número de tubérculos y la producción de biomasa, se incrementa cuando se suplen las cantidades de K requeridas por el cultivo, en tal sentido el uso de abonos orgánicos ha

sido exitoso cuando se usan en cantidades superiores a los 30 Mg ha<sup>-1</sup>, los cuales suplen en un 100% los requerimientos nutricionales de la planta (Sharma, 1999), mientras que aplicaciones de 15<sup>a</sup> 25 Mg ha<sup>-1</sup>, causan una disminución en la producción, lo que obliga a la aplicación de fertilizantes inorgánicos cuando la dosis de los abonos orgánicos se reduce en un 50%.

En el caso del tratamiento donde se aplicó cáscara de café a pesar de suministrar cantidades de K y P similares al estiércol de chivo y fertipollo, presentó rendimiento inferior a los dos primeros, debido fundamentalmente a los bajos aportes de nitrógeno de esta fuente orgánica, que afectó el desarrollo de las plantas observándose de nuevo que los menores rendimiento correspondieron a los tratamiento con estiércol de res y biofertilizante "La Pastora", lo cual ratifica el escaso aporte nutricional de estas fuentes, esto coincide con lo presentado por Gami *et al.* (2001) y Regmi *et al.* (2002) quienes encontraron que las deficiencias de K en el suelo causan una sensible disminución de los rendimientos en el cultivo de la papa.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el estiércol de chivo constituye la fuente de fertilizante más apropiada para la zona, ya que al tener un rendimiento similar al fertilizante químico esto permitiera reducir notablemente los costos de producción, donde la fertilización representa aproximadamente un 30% en el cultivo de la papa, esto debido a que las fuentes para la producción de este abono es a partir de recursos locales, dado que en la zona se combina la actividad agrícola con la explotación caprina. En tal sentido, Varis *et al.* (1996), señalan que los sistemas de producción que usan abonos orgánicos o una combinación de estos con los abonos químicos, logran disminuir los costos de producción y aumenta los rendimientos del cultivo de la papa, en este sentido Galland *et al.* (1998) demostraron que el uso de compost y estiércoles en cultivo de la papa logró reducir en un 52% el uso de fertilizantes químicos, reduciendo los costos de producción y manteniendo rendimientos iguales y similares que cuando se aplicó la fertilización química.

No obstante, el uso del fertipollo y el biofertilizante "La Pastora", a pesar de presentar rendimientos estadísticamente similares a estiércol de chivo, no es recomendado, ya que los costos se incrementarían, dado que estos fertilizantes orgánicos son producidos en otras regiones de Venezuela y comercializados por empresas de carácter privados, lo que incrementa notablemente los costos de producción, en el caso de la cáscara de café y el estiércol de res, a pesar de ser materiales presentes en la zona,

sus rendimientos producidos al usar estas fuentes son inferiores a los observados para el estiércol de chivo, por lo que se requeriría un aporte adicional de fuentes inorgánicas incrementando así los costos de producción por conceptos de fertilización con respecto a los costos para el caso del estiércol de chivo.

## CONCLUSIONES

- Las plantas donde se aplicaron los tratamientos fertipollo y estiércol de chivo, presentaron mayor desarrollo vegetativo en comparación con el biofertilizante "La Pastora" (BP); cáscara de café y estiércol de res, con valores de 36,67 cm, 35,87 cm y 35,24 cm, respectivamente; el menor valor fue observado en aquellas plantas donde se aplicó el tratamiento con estiércol de res, alcanzando una altura de 30,74 cm.
- El comportamiento observado en el desarrollo vegetativo, producto de la aplicación de los fertilizantes orgánicos sobre el suelo, se reflejó en mayores rendimientos del cultivo de la papa, observándose que el tratamiento con estiércol de chivo presentó un número de tubérculos/planta, similar al observado en la fertilización química, con valores de 6,90 tubérculos/plantas y 7 tubérculos/planta, respectivamente, cuyos valores son superiores al resto de los tratamientos orgánicos evaluados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Revista ecosistemas (1). Versión online [www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&I\\_Categoria=1&tipo=portada](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&I_Categoria=1&tipo=portada)
- Altieri, M. A. y C. I. Nicholls. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 72: 203.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2006. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. Revista de acceso abierto. (1), versión online [www.um.es/ojs/index.php/agroecologia/index](http://www.um.es/ojs/index.php/agroecologia/index)
- Abou-Hussein, S., D. El-Bahiry, U. El-Oksh and I. Kalafallah. 2002. Effect of compost, biofertilizer and chicken manure on nutrient content and tuber quality of potato crops. *Egyptian Journal of Horticulture*, Vol. 29 (1):117-133 p.
- Benedeti, A, S. Canali y F. Lianello. 1998. La fertilizzazione organica dei suoli. **In:** I Fertilizzanti Organici. Paolo Sequi (Ed.). Italia. Edizioni L'Informatore Agrario. 1-12 p.
- Bishnu, H., K. Adhikary and B. Karki. 2006. Effect of Potassium on Potato Tuber Production in Acid Soils of Malepatan, Pokhara. *Nepal Agric. Res. J.* (7):42-48.
- Buchanan, M. 1993. Study examines efficient use of compost. *Cultivar- Santa Cruz* 11:9-10 p.
- Carter, M., R. Sanderson and J. Macleod. 2004. Influence of compost on the physical properties and organic matter fractions of a fine sandy loam throughout the cycle of a potato rotation. *Canadian Journal of Soil Science.* 84(2):211-218.
- Coraspe, H., F. Montero, C. Alvarado y E. Ortega-Cartaya. 2002. Necesidad de desinfectar la semilla cortada de papa en la zona alta del estado Trujillo. *Bioagro* 14(3):183-187.
- Devaux, A. K. Manrique, C. Rivero, N. Zúñiga y A. Santana. 2002. Efectos de la fertilización orgánica y fosfatada en las características de calidad para fritura de 35 variedades nativas de papa amarilla en la Sierra Central del Perú. *Revista ALAP* (11):190-195.
- Ferreira, M., P. Castelan e M. Da Cruz. 1993. Nutrição E Adubação De Hortaliças. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 487 p.
- Gale, P., M. Mullen, C. Cieslik, D. Tyler, B. Deuk, M. Kirchner and J. McClure. 2000. Phosphorus distribution and availability in response to dairy manure applications. *Commun Soil Sci Plant Anal* 31:553-565 p.
- Galland, E., E. Mallory, A. Alford, F. Drummond, E. Groden, M. Liebman, M. Marra, J. McBurnie, and G. Porter. 1998. Comparison of alternative pest and soil management strategies for Maine potato production systems. *Am J Alt Agric* 13:146-161.
- Gami, S., J. Ladha, H. Pathak, M. Shah, E. Pasuquin, S. Pamde, P. Hobbs, D. Joshy and R. Mishra. 2001. Longterm changes in the yield and soil fertility status in 20 year rice-wheat experiment in Nepal. *Biol. Fertil. Soils* 34:73-78.

- González, C., E. Álvarez, F. Pomares y M. Benítez. 2006. Efectos de fertilización en papas con compost, gallinaza y combinaciones de ambos. **In:** Actas del III Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE.
- King, L. D. 1990. Sustainable Soil Fertility Practices. **In:** Sustainable Agriculture in Temperate Zones. Francis, C., C. B. Flora, and L. D. King (eds.). John Wiley. USA. 147-173 p.
- Kleinhenz, M. D y J. Cardina. 2003. Compost application effects on weed populations and crop yield and quality in three early-maturing, organically-managed potato (*Solanum tuberosum*) cultivars *Acta Horticulturae* 619: **In:** XXVI International Horticultural Congress: Potatoes, Healthy Food for Humanity: International Developments in Breeding, Production, Protection and Utilization
- Kulakovskaya, T. N. and I. I. Bryzozovskii. 1984. Increasing potato yield and quality through fertilization. *Soviet Agricultural Sciences* 6:1-4.
- Laprade, C. y R. Ruiz . 1999. Comportamiento productivo de los híbridos FHIA-01 (AAAB) y FHIA-02 (AAAB), bajo fertilización orgánica e inorgánica. Producción de Banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. **In:** Memorias del Taller internacional realizado en EARTH, Guácimo, Costa Rica. 180-185 p.
- Linus, M., M. Muriithi and J. W. Irungu. 2004. Effect of Integrated Use of Inorganic Fertilizer and Organic Manures on Bacterial Wilt Incidence (BWI) and Tuber Yield in Potato Production Systems on Hill Slopes of Central Kenya. Kenya Agricultural Research Institute, Embu.
- Mallory, E., B. Gregory and A. Porter. 2007. Potato Yield Stability under Contrasting Soil Management Strategies. *Agron J* 99:501-510.
- Miquilena, O. 1999. Caracterización agroecológica de sectores de producción hortícola en el Municipio Federación Estado Falcón. Informe técnico mimeografiado. FONAIAP. E.E. Falcón 10 p.
- Orozco, R. 1999, Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo del banano. En Producción de Banano orgánico y, o, ambientalmente amigable. **In:** Memorias del Taller Internacional realizado en EARTH, Guácimo, Costa Rica 27- 29 de Julio de 1998. p. 82-88.
- Porter, G., G. Opeña, W. Bradbury, J. McBumie and J. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. *Agron J* 91:416-425.
- Regmi, A., J. Ladha, E. Pasuquin, H. Pathak, P. Hobbs, L. Shrestha, D. Gharti and E. Duveiller. 2002. The role of Potassium in sustaining yields in a long-term rice-wheat experiment in the Indo-Gangetic plains of Nepal. *Biol. Fert. Soils* 36:240-247.
- Rivero, C y C. Carracedo. 1999. Efecto del uso de gallinaza sobre algunos parámetros de fertilidad química de dos suelos de pH contrasta. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* 25:83-93.
- Romero-Lima, M., A. Trinidad-Santos, R. García-Espinoza y R. Ferrero-Cerato. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelos con abonos orgánicos y minerales. *Agrociencias* (34):261-269.
- Sharma, R. and M. Sood. 1999. Nitrogen and potassium interaction on potato tuber yield, quality and organic status of Shimla soils. *Global Conference on Potato*. Indian Potito Association, New Delhi. December, 6-11. 134 p.
- Varis, E, L. Pietila and K. Koikkalainen. 1996. Comparison of conventional, integrated and organic potato production in field experiments in Finland. *Acta Agric Scand* 46:41-48 p.
- Villagarcia, S. 1983. La fertilización del cultivo de la papa en el Perú. Depto. de Suelos y Fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina. Depto. de Fisiología. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 15 p.
- Zamora, F. 1995. El cultivo de la papa en Curimagua, estado Falcón. *Revista Fonaiap Divulga # 49*. FONAIAP-Estación Experimental Falcón. 48 p.
- Zamora, F. 2003. Identificación de indicadores de sostenibilidad en los sistemas de producción hortícolas de Barrio Nuevo municipio Federación del Edo. Falcón. Trabajo de grado UNEFM.
- Zhongqi, H., T. Griffin, S. Honeycutt and C. Wayne. 2006. Soil phosphorus dynamics in response to dairy manure and inorganic fertilizer applications. *Soil Science*. 171(8):598-609.