

Respuesta del lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados aeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico

Response of the lulo fruit cv. La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*) at the aerobic organic and inorganic fertilizer applications

Victor Hugo Ramírez-Builes¹, Nora Naidu Duque²

¹Profesor Asistente, Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad de Santa Rosa de Cabal (Unisarc). victorhramirez@hotmail.com.-Santa Rosa de Cabal-Chinchiná-Campus El Jazmín.

²Agrónoma-Unisarc. noranaidu@gmail.com

Recibido: 10.09.09 Aceptado: 01.04.10

Resumen

En un suelo derivado de cenizas volcánicas bien drenado y de alta fertilidad del municipio Ansermanuevo (zona cafetera de Colombia), en el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* x *S. hirtum*) se evaluaron tres fuentes orgánicas tipo bocashi, provenientes de los procesos de fermentación de pulpa de café, lombricomposto y gallinaza y un tratamiento con fertilizante químico (10-30-10) más un testigo absoluto sin aplicación de fertilizantes. Se empleó un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones, cada repetición estuvo constituida por 58 plantas. Las aplicaciones de materiales orgánicos mejoraron las características del suelo, estabilizando el pH, aumentando la capacidad de intercambio catiónico y la materia orgánica. En términos generales, el tratamiento de mejor desempeño fue el bocashi de gallinaza, con un promedio de cuajamiento de fruto de 38.3% y un mayor rendimiento (4.7 t/ha). Los bocashis de lombricomposto y pulpa de café no fueron estadísticamente diferentes al tratamiento químico y todos los tratamientos fueron distintos ($P < 0.05$) al testigo, lo que demuestra la buena respuesta del cultivo de lulo a las aplicaciones de fuentes orgánicas.

Palabras clave: *Solanum quitoense*, *Solanum hirtum*, abonos orgánicos, abonos compuestos, lulo, productividad, fertilidad del suelo.

Abstract

In this study four fertilization treatments in lulo crop (*Solanum quitoense* x *S. hirtum*) were evaluated, three organic with several manure sources like coffee skin, earthworm residues and chicken manure, and a four treatment consisted of inorganic fertilizer with a composition of 10-30-30 (N,P,K) and a control without fertilizer applications. A complete block random design with three replications was used and each replication with 58 plants. The organic fertilization increase the soil pH, cation exchange capacity and soil organic matter. The best treatment was the aerobic fermented, based on chicken manure with a fruit yield average of 4731 kg .ha⁻¹, the rest of the organic treatments did not showed statistical differences with the inorganic fertilization and all were statistical different with the control without fertilizer applications, which showed a good crop response to the organic applications.

Key words. *Solanum quitoense*, *Solanum hirtum*, organic fertilizers, soil fertility changes, compound fertilizers, productivity, lulo crop.

Introducción

El cultivo de lulo híbrido La Selva es una de las frutas andinas más promisorias para la zona cafetera colombiana debido, por una parte, a su alta productividad y tolerancia a plagas y enfermedades y por otra, a la consolidación de cadenas productivas que facilitan la comercialización de jugos en el mercado nacional e internacional, la cercanía de plantas de procesamiento y centrales de acopio y la adaptabilidad a los pisos térmicos cafeteros, por lo cual se convierte en una alternativa real de diversificación del ingreso de los caficultores.

A partir de la liberación del híbrido La Selva en 1998 por la Corporación Colombiana para la Investigación Agropecuaria (Corpoica) (Bernal et al., 1998) las áreas sembradas con este cultivo han aumentado considerablemente, lo que ha generado de igual manera una demanda de técnicas de cultivo dentro de las que se incluyen la fertilización, el manejo de la nutrición y del suelo, entre otras.

Lobo et al. (2002) indican que el lulo, junto con otras especies de frutas tropicales andinas como el tomate de árbol, la mora, la uchuva, la chirimoya y la granadilla han adquirido importancia en la región andina colombiana. Desde 2000, en la Universidad de Santa Rosa de Cabal (Unisarco) se ha venido desarrollando un programa de investigación en el cultivo de lulo en donde se destacan los trabajos de Betancourt (2003) sobre propagación in vitro; Ramírez et al. (2003) sobre distribución de la lluvia dentro del cultivo; Ramírez (2004) sobre requerimientos hídricos, Betancourt y Villamar, (2004) sobre identificación de vectores de 'machorreo'; y Romero y Valencia (2009) sobre el efecto de metabólicos intermedios para el control de antracnosis. Estos trabajos y otros que se encuentran en marcha han contribuido a mejorar la oferta tecnológica del cultivo en las condiciones de la región.

El costo de los fertilizantes químicos obliga a la búsqueda y evaluación de alternativas para el manejo de la nutrición vegetal; dentro de los más destacados y de mayor acceso para los agricultores está el reciclado de nutrientes a partir de fuentes como el compostaje, el uso de estiércoles de origen animal y otras fuentes

propias de los sistemas productivos como la pulpa de café y los residuos de cosecha, que se constituyen en las materias primas del proceso.

El compostaje se ha considerado una fuente de nutrientes para pequeños agricultores en muchas partes del mundo, no obstante, los compostajes son diferentes por lo que la calidad del mismo depende de muchos factores como las fuentes, los tiempos de preparación, las mezclas, las cantidades y las condiciones climáticas, entre otras.

La calidad de un compostaje se puede medir en términos de edad, madurez, contenido de nutrientes, y propiedades físicas, químicas y biológicas (Mathur et al., 1993; Bissala y Pyne, 2006). La forma ideal para evaluar la calidad de un compostaje es medir su efecto sobre el crecimiento y producción de los cultivos (Bissala y Payne, 2006).

Tamayo et al. (1998) encontraron que los abonos orgánicos gallinaza y porquinaza mejoraron la producción de frutos de lulo cuando se adicionaron a la fertilización química en dosis de 2 y 4 t/ha por ciclo productivo; según estos investigadores, con dosis adecuadas de estos subproductos y porquinaza con cantidades balanceadas de fósforo y potasio, se consiguen altos rendimientos de fruta en el lulo c.v La Selva. El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de tres materiales diferentes de fermentado aeróbico tipo bocashi elaborados a partir de recursos propios, en una localidad de la zona cafetera central de Colombia.

Materiales y métodos

Localización. El trabajo se desarrolló en la finca Aguas Claras, vereda San Agustín del municipio Ansermanuevo (Valle del Cauca), a 1880 m.s.n.m., 18°C - 19 °C de temperatura promedio, 2.050 mm de precipitación anual, humedad relativa promedio de 80%, brillo solar de 1770 h/año, suelos con profundidad efectiva entre 30 y 60 cm provenientes de cenizas volcánicas y considerados de alta fertilidad.

Unidad experimental. La unidad experimental estuvo conformada por un cultivo de lulo clon La Selva (*Solanum quitoense* x *S. hirtum*) sembrado a una distancia de 3 m

entre plantas y 3 m entre surcos, asociado con una soca de café (*Coffea arábica* var. Colombia), de 3 meses, sembrado a una distancia de 1.5 m entre plantas y 1.5 m entre surcos.

Se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco tratamientos, incluyendo un testigo, y tres repeticiones, para un total de 15 parcelas. Cada parcela tenía un área de 216 m² y cada tratamiento estaba compuesto de tres parcelas con 24 plantas cada una.

Con el objeto de garantizar la homogeneidad al interior de los bloques, la distribución del ensayo se efectuó por repetición y tratamiento en surcos seguidos, de igual manera, se realizaron pruebas de supuestos del análisis de varianza y comparación múltiple de los tratamientos. Para el análisis de los datos experimentales se empleó el software de asistencia estadística (InfoStat, 2008).

Tratamientos. Con base en el análisis de suelos se incrementaron los contenidos de fósforo, ya que los niveles de calcio, nitrógeno y otros elementos eran adecuados para el cultivo de lulo La Selva. Para el efecto en todas las unidades experimentales se aplicaron 230 g/planta de fosforita Huila (P₂O₅ = 24%, Ca = 32%).

Los tratamientos fueron aplicados a la siembra cada tres meses y hasta nueve meses después. Posteriormente, a la aplicación de los tratamientos se aplicaron en forma dirigida al volumen de las raíces (200 cm³) 4 g/l de agua de *Trichoderma* sp. cada tres

meses a todas las plantas del experimento (Cuadro 1).

Preparación del fermentado aeróbico tipo bocashi. Para la preparación del bocashi se emplearon cinco partes de lombrinaza o gallinaza o pulpa de café en descomposición; tres partes de cascarilla de arroz; cuatro partes de suelo; 1kg de levadura; 5 kg de micorriza; 5 kg de melaza diluida en 70 l de agua, 50 kg de calfos y 50 kg de cal agrícola.

Los materiales se mezclaron en la proporción adecuada de acuerdo con la cantidad de fertilizante que se deseaba obtener, también se mezclaron regularmente durante un mes, y antes de aplicarlos a los tratamientos respectivos, se inoculó con 1kg de *Trichoderma* sp.

Variables evaluadas. Se midieron el rendimiento de frutos, el porcentaje de flores que fructifican (porcentaje de cuajamiento). El rendimiento se determinó a partir de 160 días después de la floración, hasta 14 meses luego de la siembra. Para determinar el porcentaje de cuajamiento se tomaron muestras al azar de cinco plantas en cada parcela y se marcó un racimo floral, con el fin de evaluar posteriormente la cantidad de frutos formados.

Catorce meses después del inicio del trabajo se tomaron muestras de suelo en el plato de la planta (área radicular) hasta una profundidad de 20 cm en todos los tratamientos, con el objetivo de evaluar el efecto residual de la aplicación de los tratamientos, las muestras de suelo fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).

Cuadro 1. Descripción y frecuencias de aplicación de los tratamientos empleados en el ensayo.

Tratamiento	Descripción	Frecuencia aplicación dosis
T1	Bocashi gallinaza	2 kg a la siembra más 1kg cada 3 meses.
T2	Bocashi lombrinaza	2 kg a la siembra y 1Kg cada 3 meses.
T3	Bocashi pulpa de café	2 Kg a la siembra más 1 kg cada 3 meses.
T4	Fertilizante químico grado 10-30-10	50 g de 10-30-10 por planta en el momento de siembra y 30 g cada 3 meses después de siembra.
T5	Testigo sin fertilización	Sin aplicación de fuente orgánica ni química durante su desarrollo, sin embargo recibió el mismo tratamiento fitosanitario que los demás tratamientos.

Resultados y discusión

Rendimientos

La variable producción cumplió con los supuestos de homogeneidad de varianzas, normalidad e independencia de los términos del error experimental. El análisis de varianza mostró una fuerte interacción entre los tratamientos y el tiempo en semanas de producción ($P < 0.0001$), lo que significa una alta variabilidad en las 19 semanas de producción (Figura 1). El pico de mayor producción se observó entre las semanas 8 y 13.

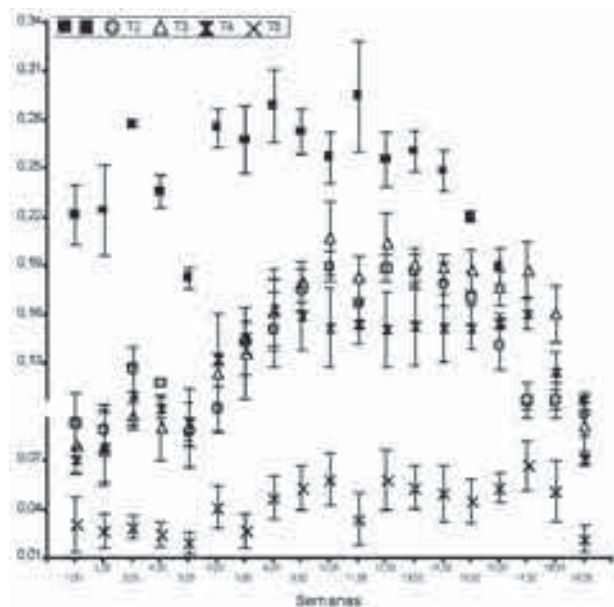


Figura 1. Distribución del promedio de rendimientos de lulo La Selva, con diferentes fuentes de fertilización. Las barras en cada punto indican el error estándar ($P = 0.05$). T1: bocashi (gallinaza), T2: bocashi (lombrinaza), T3: bocashi (pulpa de café en descomposición), T4: fertilización química, T5: testigo absoluto. Suelo con textura franca.

El tratamiento testigo presentó los promedios de rendimiento más bajos, mientras que la aplicación de fertilizantes orgánico e inorgánico favoreció la productividad de lulo, lo que demuestra que el cultivo responde a la aplicación de ambos tipos de fertilizantes.

La fertilización química (T4) tuvo una respuesta similar a la aplicación de bocashi a partir de lombrinaza y pulpa de café (T2, T3, respectivamente), lo que indica que pue-

den ser tratamientos sustitutos y/o complementario de la fertilización inorgánica, con productos obtenidos del mismo predio a un menor costo.

El tratamiento con bocashi a partir de gallinaza mostró una diferencia ($P < 0.01$) con los demás tratamientos, incluyendo el tratamiento de fertilización inorgánica. Estas diferencias pueden estar asociadas con mayores contenidos de calcio en el bocashi de gallinaza, debido a que ésta recibió aplicaciones adicionales de cal (CaCO_3) como práctica común del agricultor para mitigar los malos olores de estos materiales. En trabajos sobre nutrientes en la materia seca de lulo desarrollados en Unisarc (n.p.) se ha encontrado que el Ca es el tercer nutriente en cantidad, después del K y el N presente en los tejidos vegetales de esta planta.

Rendimientos acumulados

Los rendimientos acumulados en la semana 14 muestran que el cultivo de lulo respondió positivamente a la aplicación de los tres materiales de bocashi y a la fertilización química. El tratamiento con bocashi a partir de gallinaza (4.7 t/ha de fruta fresca) fue diferente ($P < 0.05$) con los demás, mientras que los tratamientos 2, 3 y 4 (bocashi de lombrinaza, de pulpa de café y 10-30-30, respectivamente) no fueron diferentes (Figura 2).

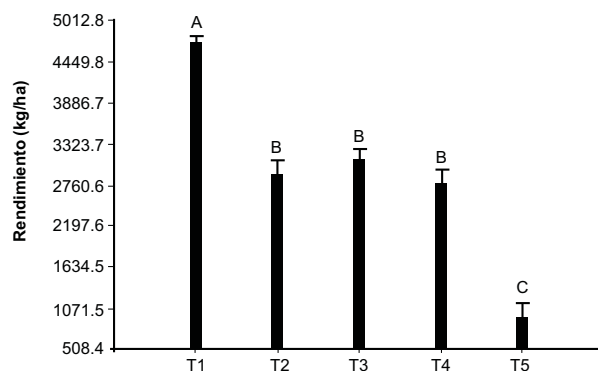


Figura 2. Rendimiento total acumulado (kg/ha) de lulo La Selva en la semana 15 meses después del inicio de cosecha. Letras distintas indican diferencia significativa según Tukey ($P \leq 0.05$; DMS=79.22823), y las líneas sobre las barras indican el error estándar. T1: bocashi (gallinaza), T2: bocashi (lombrinaza), T3: bocashi (pulpa de café en descomposición), T4: fertilización química, T5: testigo absoluto. Suelo con textura franca.

Todos los tratamientos fueron estadísticamente diferentes con el testigo (T5), lo que muestra una respuesta a las fuentes de fertilización empleadas. No hubo diferencias estadísticas con los tratamientos bocashi lombrinaza (T2) y bocashi pulpa de café (T3) y el tratamiento inorgánico (T4), como se observa en la Figura 2, esto indica que si el agricultor cuenta con estos materiales puede implementar planes de fertilización orgánica, a bajo costo, y disminuir así el uso de materiales de síntesis química.

Cuajamiento de frutos

Los porcentajes de cuajamiento mostraron valores que variaron entre 20% y 40%; el tratamiento bocashi de gallinaza (T1) fue el de mayor porcentaje de cuajamiento, presentando diferencias estadísticas ($P < 0.05$). Los demás tratamientos no presentaron diferencias estadísticas respecto al testigo (Figura 3).

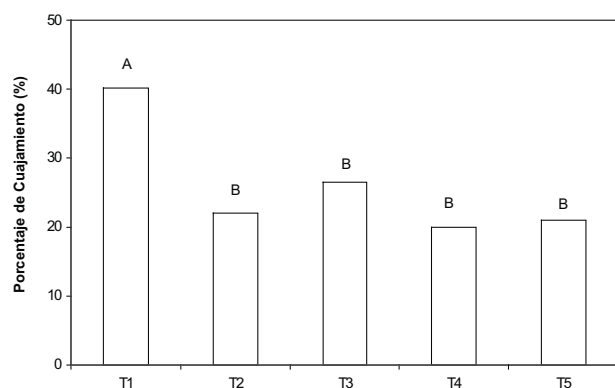


Figura 3. Porcentajes promedio de cuajamiento de fruta para diferentes fuentes de fertilización en lulo La Selva. Letras distintas indican diferencia significativa según Tukey ($P \leq 0.05$). T1: bocashi (gallinaza), T2: bocashi (lombrinaza), T3: bocashi (pulpa de café en descomposición), T4: fertilización química, T5: testigo absoluto. Suelo con textura franca.

Cambios en la fertilidad del suelo

Catorce meses después de la siembra los fertilizantes orgánicos en términos generales tuvieron un efecto residual positivo sobre la fertilidad del suelo, comparados con el testigo sin fertilización. Se observaron incremento en los valores de pH en los T2 (bocashi gallinaza) y T3 (bocashi pulpa de café), respecto al T4 (testigo sin fertilización), siendo contrario al observado en el T4 (fertilización química) en el cual se redujo (Cuadro 2).

A esta misma edad, los tratamientos con bocashi incrementaron entre 2% y 3% los contenidos de materia orgánica en el suelo, en comparación con el testigo.

El incremento de fósforo en el suelo fue más alto en el T4 (10-30-10 + roca fosfórica) comparado con los tratamientos orgánicos (Bocashi + roca fosfórica). Los bocashi a base de gallinaza y pulpa de café descompuesta tuvieron los mayores efectos residuales de fósforo en el suelo, mientras que el bocashi de lombrinaza fue el de menor efecto residual, lo que puede estar asociado con una mayor carga microbiana de la lombrinaza, lo que facilitó la mineralización del fósforo. En suelos cultivados con papa, Ramírez et al. (2004) encontraron que el bocashi a partir de lombrinaza tenía menos fósforo residual en el suelo, comparado con un bocashi a partir de residuos de cosecha de flores. Jiménez et al. (2007) observaron que después de aplicar fermentados anaeróbicos de estiércol en el suelo, los niveles de fósforo disminuyen y crece la actividad aeróbica.

El K aumentó en todos los tratamientos, siendo mayor en los T2 y T3. El mayor efecto residual de este nutriente ocurrió en el tratamiento de bocashi a partir de pulpa de café,

Cuadro 2. Cambios en la fertilidad del suelo después de catorce meses de sembrado el lulo.

Tratamientos	pH	MO	P	K	Ca	Mg	Textura ^a
		(g/kg)	(mg/kg)		(cmol/kg)		
T1	5.6	172	60	0.99	10.5	2.4	F
T2	5.8	173	28	1.04	7.7	1.1	F
T3	5.9	180	44	1.54	10.2	1.5	F
T4	5.4	150	990	0.94	6.8	1.6	F
T5	5.7	158	6	0.5	4.2	1.2	F

T1: bocashi (gallinaza), T2: bocashi (lombrinaza), T3: bocashi (pulpa de café en descomposición), T4: fertilización química, T5: testigo absoluto. a. F: suelo con textura franca.

Total de aplicación de fermentados aeróbicos de 5 kg/planta, distribuidos en 2 kg a la siembra y 1 kg cada 3 meses.

este resultado es similar al de Ramírez et al. (2004) en cultivo de papa.

La relación final Ca/Mg en el T1 fue de 4:1 comparada con los T2 y T3 que fueron 7:1, indicando que hubo también una mayor disponibilidad de Mg en el T1.

Los valores residuales de Ca y Mg en el tratamiento químico (T4) fueron mayores que en el testigo por la aplicación de roca fosfórica a la siembra y en los bocashi debido a que fueron preparados con calfos y cal agrícola. Esto se reflejó en el aumento del pH del suelo y consecuentemente en su rendimiento debido a la mayor disponibilidad de nutrientes como fósforo, calcio, magnesio, nitrógeno y potasio.

Asumiendo un diámetro de copa por planta de 1 m, 14 meses después de la aplicación de los fermentados aeróbicos tipo bocashi, repartidos en 2 kg a la siembra y tres aplicaciones de 1 kg/planta cada 3 meses (7 kg en total o 2.23 kg/m²), en el T1 (bocashi a partir de gallinaza) el aumento en la materia orgánica del suelo a los 20 cm de profundidad fue de 0.20%/m² por cada kg aplicado; mientras que en el T2 (bocashi a partir de lombrinaza) el aumento fue de 0.21%/m² por cada kg aplicado y en el T3 (bocashi a partir de pulpa de café) fue de 0.31%/m² por cada kg aplicado.

Conclusiones

- De los tres fermentados aeróbicos tipo bocashi, evaluados en este estudio en condiciones de zona cafetera y en el cultivo de lulo clon La Selva, el preparado a partir de gallinaza fresca resultó ser el de mejor calidad representada en el rendimiento, además fue el de menor acumulación de materia orgánica en el suelo.
- Los bocashi a partir de lombrinaza y pulpa de café tuvieron resultados similares al tratamiento inorgánico (10-30-10).
- El bocashi a partir de lombrinaza logró acumulaciones de materia orgánica en el suelo a los catorce meses después de la siembra, similar al bocashi de gallinaza.
- El bocashi de pulpa de café presentó altas acumulaciones de materia orgánica en el suelo, lo cual indica que este es el material de menor actividad biológica.
- Todos estos bocashi, elaborados a partir de recursos de bajo costo y con residuos propios de los sistemas productivos de la zona, tienen efectos positivos sobre la fertilidad del suelo en el mediano plazo.
- En este estudio se demuestra que más que la cantidad de aplicación de fuentes orgánicas, el mejor resultado se alcanza con una mayor frecuencia de aplicación.

Referencias

- Bernal, E. J.; Lobo, A. M.; y Londoño, B. M. 1998. Lulo La Selva. Primer material de lulo mejorado para Colombia. Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias (Corpoica). 77 p. corpoica.org.co/Sitio-Web/Archivos/Publicaciones/Lulo.pdf
- Betancourt, V. M. y Villamar, C. 2004. Identificación de vectores del machorreo del lulo y aproximación al diagnóstico de la enfermedad: Invest. Unis. Bol. 2(2):9-15.
- Betancourt, V. M. 2003. Propagación in vitro de lulo la Selva (*Solanun quitoense x Solanum Hirtum*). Invest. Unisarc. Bol. 1(2):27-32
- Bissala, Y. Y. y Payne, W. 2006. Effect of the pit floor material on compost quality in Semiarid West Africa. Soil. Sci. Soc. Am. J.70:1140 - 1444.
- InfoStat. 2008. Grupo InfoStat. Software estadístico. Universidad Nacional de Cordoba, Argentina.
- Jiménez, B. C.; Ocampo, V. D; y Ramirez, B. V. 2007. Efecto de aplicación del fermentado anaeróbico de estiércol de bufala solo y enriquecido con minerales en pasto estrella (*Cynodon nlemfluencis* L.). Invest.Unisarc .Bol.. 5(2):1 – 10.
- Lobo, A. M; Medina, C. I; Delgado, P. O; Zuluaga, R. M; Cardona, E. M; y Osorio, T. A. 2002. Recursos genéticos de recursos andinos en el sistema de bancos de germoplasma del estado Colombiano. En IV Seminario Nacional de Frutales de Clima Frío Moderado. p. 43 – 48.
- Mathur, S. P.; Owen, G.; Daniel, H.; y Schitzer, M. 1993. Determination of compost biomaturity. 1. Literature review. Biol. Agric.Hortic.10:65-85.
- Ramírez, B.V.; Salinas, C.; y Echeverry, C. 2003. Interceptación y lluvia efectiva en

- plantaciones de lulo (*Solanum Quitoense* Lam.), caña panelera (*Sacharum officinarum* L.), maíz (*Zea Maíz*) y yuca (*Manihot Scutellaria* L.). Invest. Unisarc. Bol.1(2):2-5.
- Ramirez, B. V. 2004. Requerimientos hídricos para los cultivos de pasto, plátano, caña y lulo de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar y la clase de textura del suelo. Invest. Unisarc. Bol. 2(1):9 - 10.
- Ramírez, B. V.; Alzate, H. C.; Osorio, G. D.; Pineda, R. J.; Ramírez, P. M.; y Salzar, V. M. 2004. Manejo ecológico de la fertilidad en suelos de ladera. Invest. Unisarc. Bol. 2(1):1 - 8.
- Romero, D. L. y Valencia, C. J. 2009. Evaluación del efecto de metabolitos intermedios a partir de extractos vegetales sobre la antracnosis (*Colletotrichum* spp.) en el cultivo de lulo La Selva (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*). Tesis de Grado, Unisarc. 49 p.
- Tamayo, A.; Hincapié, M.; Bernal, J.; y Londoño, M. 1998. Abonamiento químico del clon de lulo La Selva (*Solanum quitoense*) a plena exposición solar en un Andisol del Oriente Antioqueño. En: Memorias Segundo Seminario Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales, Manizales. p. 166 - 170.