

Gallinaza como enmienda al suelo: Efecto en el rendimiento y análisis foliar de yautía y en las propiedades químicas del suelo¹

Agenol González-Vélez²

J. Agric. Univ. P.R. 95(3-4):211-221 (2011)

RESUMEN

Durante dos años de investigación se evaluó el uso de gallinaza como enmienda al suelo y su efecto en el rendimiento y en los análisis foliares de yautía, y en las propiedades químicas del suelo. Los niveles de gallinaza utilizados fueron 0, 25 y 50 t/ha. La gallinaza se incorporó al suelo antes de la siembra en el primer año de la investigación. Los tratamientos no causaron diferencias en los rendimientos de yautía. Esta ausencia de diferencias estadísticamente significativas estuvo relacionada con los altos coeficientes de variabilidad obtenidos. Sin embargo, para el tratamiento de 25 t/ha de gallinaza el rendimiento para el primer y segundo año fue 17 y 122% mayor, respectivamente, que el del control. Este aumento en rendimiento parece estar relacionado con los beneficios asociados con la aplicación de materia orgánica, especialmente en suelos de baja fertilidad. En los análisis foliares, solo se observó un aumento en el porcentaje de nitrógeno (N) en ambos años con la utilización de gallinaza, mientras el porcentaje de potasio (K) mostró un aumento significativo el segundo año. El uso de gallinaza ocasionó un aumento en la materia orgánica, la conductividad eléctrica y en el contenido de N, P, K y Mg del suelo en el primer año de la investigación.

Palabras clave: enmienda, gallinaza, calidad de suelo, yautía

ABSTRACT

Chicken manure as soil amendment: Effect on yield and foliar nutrient content of tanager, and on chemical properties of the soil

During two consecutive years, chicken manure effects on yield and foliar nutrient content of tanager, and on chemical properties of the soil were evaluated. Treatments were 0, 25 and 50 t/ha of chicken manure incorporated into the soil prior to planting the first year. No significant differences in yield were found among the chicken manure treatments. This lack of differences was attributed to the high coefficient of variation found in the experiment. Nevertheless, with the application of 25 t/ha we observed a 17% and 122% increase in yield on the first and second year of the experiment, respectively, compared to yield in the check treatment. This increase in yield could be related to the ample benefit of applied organic matter, especially in low fertility soil. Only foliar nitrogen content showed a significant increase with

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 17 de junio de 2011.

²Catedrático, Departamento Cultivos y Ciencias Agroambientales, Estación Experimental Agrícola, HC 02 Box 10322, Corozal, PR 00783.

the chicken manure application in both years, whereas potassium content increased with manure application during the second year. The application of chicken manure caused an increase of organic matter, electric conductivity and N, P, K and Mg content in the soil during the first year.

Key words: amendment, chicken manure, soil quality, tanager

INTRODUCCIÓN

La producción de yautía (*Xanthosoma sagittifolium*) en Puerto Rico para el año 2009 fue de solo 940 t (Departamento de Agricultura, 2010), por lo que para suplir la demanda local se importaron 9,394 t. Según Cortés y Gayol (2006), de las raíces y tubérculos producidos en Puerto Rico la yautía es la preferida por nuestros consumidores. De la misma manera, en la mayoría de los países de América Latina la yautía es bien apreciada por su sabor y textura.

En Puerto Rico, al igual que en otros países del mundo, el cultivo de yautía ha sido afectado por la enfermedad conocida como “mal seco” (Elango, 1998). Esta enfermedad se caracteriza por la muerte del sistema radicular, lo que ocasiona reducción en el crecimiento de la planta, clorosis foliar y senescencia prematura (Bejarano et al., 2001). En Puerto Rico se ha encontrado que utilizando prácticas de manejo como la siembra en banco, manejo de riego y tratamiento pre-siembra de la semilla se obtienen mayores rendimientos (Snyder et al., 2006; Snyder et al., 1995; González, 2005) aún bajo la presencia de “mal seco”. Por otro lado, se ha reportado que la yautía es muy sensitiva a la resistencia mecánica de los suelos (Lugo-Mercado et al., 1978) y al drenaje pobre (Silva e Irizarry, 1980).

En la agricultura las enmiendas están definidas como material que se incorpora al suelo para mejorar su calidad. La Sociedad Americana de la Ciencia del Suelo define la calidad del suelo como la capacidad funcional de un tipo específico de suelo para sustentar la productividad animal o vegetal, mantener o mejorar la calidad del agua y el aire, y sostener el asentamiento y salud humana con límites ecosistémicos naturales o determinados por el manejo (Karlen et al., 1997). La calidad del suelo es dinámica y puede cambiarse en corto plazo de acuerdo al uso y a las prácticas de manejo; para conservarla, es necesario implementar prácticas sustentables en el tiempo (NRCS, 2004). El mejoramiento de la calidad de un suelo se percibe, en general, por el aumento o la disminución en el valor de algunas características químicas, físicas y biológicas.

Un aumento en la materia orgánica de los suelos puede mejorar la capacidad de retención de agua y la densidad aparente, y puede disminuir la susceptibilidad a la erosión (Martínez et al., 1999). La materia orgánica también puede mejorar las propiedades químicas del suelo como son el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y la nutrición general del suelo, especialmente nitrógeno y fósforo.

El propósito de este estudio fue evaluar el efecto del uso de gallinaza como enmienda al suelo en el rendimiento de la yautía. También se evaluó el efecto de la gallinaza en los análisis foliares de la yautía y su efecto en algunas propiedades químicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental Agrícola en Corozal, localizada en la zona climatológica norte húmeda a una altitud de 195 metros sobre el nivel del mar. La temperatura máxima promedio es 29° C, y la mínima promedio 19° C. La serie de suelo utilizada es Corozal arcilloso (Typic Hapohumults arcilloso, mixto, isohi-pertérmico). Este suelo se caracteriza por ser ácido, de baja fertilidad y desagüe lento.

La gallinaza utilizada para el experimento se obtuvo de granjas de pollos parrilleros con un mes de removida. Toda la gallinaza utilizada en el experimento se incorporó al terreno a 20 cm de profundidad durante la preparación del mismo. Esta práctica permite disminuir el arrastre por las lluvias y cumplir con la reglamentación ambiental en Puerto Rico³. El análisis químico de la gallinaza utilizada mostró lo siguiente: pH, 9.2; materia orgánica, 25.6%; N, 3.2%; P, 3.18%; K, 2.2%; Ca, 5.6%; y Mg, 1.7%.

El tamaño de las parcelas experimentales fue de 6 × 9 metros. Los tratamientos utilizados fueron 0, 25 y 50 t/ha de gallinaza. La preparación de terreno consistió en arado, rastrillado y rotocultivador. Luego se prepararon los bancos, para los cuales se utilizó un sistema de gangas de tres discos a cada lado. La distancia de siembra utilizada fue de 137 cm entre bancos y 30 cm entre plantas.

La primera siembra se realizó en septiembre de 2007 utilizando pedazos de cormo de yautía 'Estela' con un peso promedio de 112 g. El material de propagación fue tratado sumergiéndolo en una solución del fungicida fludioxonil a razón de 1.0 ml en 15.0 L de agua por 10 minutos. Se instaló un sistema de microriego para aplicar agua según fuera necesario para mantener el suelo a capacidad de campo y garantizar un buen desarrollo de las plantas. La precipitación durante el primer año fue de 1,561 mm. Para el manejo de malezas, se utilizaron los herbicidas clomazone como preemergente y paraquat como postemergente según recomendado en la etiqueta. El fertilizante (formulación comercial con análisis 14-3-13-3) se aplicó a las seis y 20 semanas después de la siembra a razón de 56 g/planta por aplicación.

³Junta de Calidad Ambiental, 2004. Reglamento para el manejo de los residuos de empresas pecuarias (Borrador). Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Se realizó una segunda siembra en las mismas parcelas experimentales en junio de 2008. Para esta siembra no se incorporó gallinaza y no hubo preparación de terreno ya que se utilizaron los mismos bancos. Las demás prácticas de manejo fueron las mismas que en la primera siembra. La precipitación durante el segundo experimento fue de 1,377 mm.

Las parcelas experimentales consistieron de tres hileras de 30 plantas cada una. La cosecha se realizó a los 270 días después de la siembra utilizando la hilera central para la toma de los datos experimentales. En ambos años, las muestras para los análisis foliares y de suelo se tomaron 150 días después de establecida la siembra. Para los análisis foliares, se utilizó la tercera hoja sin peciolo de la planta de yautía. Las muestras de suelo fueron tomadas entre 0 y 15 cm de profundidad. Los análisis de suelo para Ca, Mg y K intercambiables se realizaron mediante una extracción con acetato de amonio 1 N y se detectaron por absorción atómica. El P disponible en el suelo se extrajo según el método Bray I; su concentración se detectó mediante colorimetría en un espectrofotómetro UV. La conductividad eléctrica y el pH se determinaron en una mezcla de agua:suelo de 2:1. El contenido de materia orgánica se determinó mediante el método de Walkley-Black. El contenido de nutrimentos totales en la gallinaza se realizó mediante una extracción ácida. El N y P se extrajo utilizando H_2SO_4 , y la concentración de ambos elementos se determinó por colorimetría utilizando un espectrofotómetro UV. La extracción de Ca, Mg y K en la gallinaza se realizó mediante una extracción en HCl al 33%, y su concentración se detectó mediante absorción atómica. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Central Analítico de la Estación Experimental Agrícola en Río Piedras. Durante la cosecha se tomaron datos del número y peso de cormelos mercadeables y no mercadeables, considerando mercadeables aquellos que pesaban más de 112 gramos. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron utilizando un análisis de varianza para cada año y pruebas de Tukey para diferencias entre medias en los casos en que la prueba F del ANOVA era significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra que en los dos años de producción no hubo diferencias significativas en el rendimiento mercadeable de yautía entre los tratamientos de gallinaza utilizados. El mayor rendimiento promedio obtenido (10,243 kg/ha) durante el primer año fue 17% superior al del control y el mismo se obtuvo con el tratamiento de 25 t/ha de gallinaza. El segundo año con este mismo tratamiento se produjo un

CUADRO 1. Rendimiento y componentes de rendimiento de yautía sembrada utilizando gallinaza como enmienda en Corozal, Puerto Rico, 2007 y 2008.

Año 2007				
Tratamiento gallinaza t/ha	Rendimiento mercadeable kg/ha	Cormelos mercadeables núm./planta	Cormelos no mercadeables núm./planta	Peso promedio cormelos g
0	8,736	1.5 ¹	2.2	230
25	10,243	1.9	2.0	220
50	6,449	1.4	2.0	190
Año 2008				
0	9,559	1.6	1.6	250
25	21,266	3.1	1.1	280
50	18,200	2.4	1.1	310

¹Ausencia de letras indica que no hay diferencia significativa ($P < 0.05$) según la Prueba Tukey.

rendimiento 122% superior al del control. Esta diferencia no significativa está relacionada con los coeficientes de variación del experimento que fueron 21 y 45% para el primer y segundo año, respectivamente. El rendimiento de 21,266 kg/ha obtenido el segundo año ha sido el más alto reportado en esta zona de producción con esta variedad (González, 2005; González, 2006; González, 2007; Snyder et al., 2006).

Los componentes de rendimiento no mostraron diferencias significativas con las distintas aplicaciones de gallinaza. Para el primer año los promedios fueron 1.6 cormelos mercadeables por planta, 2.06 cormelos no mercadeables, y 213 gramos de peso para cormelos mercadeables. Para el segundo año fueron 2.4 cormelos mercadeables, 1.3 cormelos no mercadeables y 280 g de peso para cormelos mercadeables.

El Cuadro 2 muestra que solo el contenido foliar de nitrógeno aumentó significativamente con las aplicaciones de gallinaza durante los

CUADRO 2. Análisis foliar de yautía utilizando gallinaza como enmienda al suelo.

Año 2007					
Tratamiento gallinaza t/ha	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
0	3.55 c ¹	0.31	4.42	1.65	0.21
25	3.90 b	0.35	4.40	1.74	0.22
50	4.24 a	0.36	4.74	1.61	0.23
Año 2008					
0	3.70 b	0.31	3.93 b	1.45	0.20
25	3.75 b	0.36	4.70 a	1.37	0.21
50	4.29 a	0.37	4.72 a	1.19	0.22

¹Promedios en la misma columna seguidos por letras diferentes difieren ($P < 0.05$) según la Prueba de Tukey.

dos años de la investigación. Este aumento era esperado especialmente durante el primer año, ya que se ha estimado que el 60% del nitrógeno orgánico se mineraliza y está disponible para las plantas durante los primeros cinco meses después de aplicado. El contenido foliar de potasio aumentó significativamente con las aplicaciones de gallinaza solo durante el segundo año de la investigación. Sin embargo, este aumento durante el segundo año parece más relacionado con una baja del contenido foliar en el tratamiento control que con un aumento ocasionado por las aplicaciones de gallinaza. Los contenidos foliares de fósforo, calcio y magnesio no mostraron cambios significativos con las aplicaciones de gallinaza. Los valores foliares de N, P, K y Ca reportados en este estudio son más altos que los reportados por Chandler et al. (1982), mientras el valor de Mg es 4.5 veces más bajo a lo reportado por estos mismos investigadores. Sin embargo, ellos concluyeron que el valor de Mg obtenido en su estudio (1.1%) fue consumo de lujo ya que otros experimentos demuestran que 0.3% es suficiente para la producción óptima en yautía. Es necesario aclarar que ese estudio se realizó con otra variedad (Morada) y en otra serie de suelos, lo que puede ser motivo de estas diferencias.

El Cuadro 3 presenta las propiedades químicas del suelo con las distintas aplicaciones de gallinaza durante los dos años de la investigación. El pH del suelo mostró una disminución con las aplicaciones de gallinaza, pero estas no fueron estadísticamente diferentes. Estas disminuciones del pH están relacionadas con el proceso de mineralización de la gallinaza en el cual se liberan iones de hidrógeno (O'Hallorans et al., 1993). La materia orgánica aumentó según aumentaron las aplicaciones de gallinaza, pero solo la aplicación de 50 t/ha fue significativamente superior al tratamiento control en ambos años. Martínez et al. (1999), trabajando con composta de cieno sanitario, lograron aumentar en 22% la materia orgánica en un suelo Corozal arcilloso obteniendo además una mejoría en la capacidad de retención de agua.

El primer año de la investigación hubo un aumento significativo en la conductividad eléctrica según aumentaron las aplicaciones de gallinaza al suelo. El promedio de aumento para ambos tratamientos fue de 100%. Durante el segundo año no hubo diferencia significativa en la conductividad eléctrica entre los tratamientos evaluados. Las lecturas de conductividad eléctrica reportadas en este estudio no son perjudiciales para la producción de este cultivo. O'Hallorans et al. (1993) encontraron un efecto lineal entre las aplicaciones de gallinaza y la conductividad eléctrica. La conductividad eléctrica máxima obtenida en ese estudio (2.35 mmhos/cm) tampoco fue perjudicial para el cultivo de tomate. En este caso el estudio se realizó en un suelo de la serie

CUADRO 3. *Propiedades químicas del suelo enmendado con gallinaza, Corozal, Puerto Rico, 2007 y 2008.*

Tratamiento gallinaza t/ha	pH	M.O. %	C.E. mmhos/cm	N %	P mg/kg	K cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Año 2007	
0	6.75	1.65 b ¹	0.21 c	0.13 b	5.42 b	0.53 c	15.80 a	0.80 c		
25	6.20	1.76 a	0.33 b	0.15 a	38.86 a	1.04 b	12.42 b	1.23 b		
50	5.99	1.84 a	0.52 a	0.17 a	148.41 a	1.57 a	12.78 ab	1.61 a		
									Año 2008	
0	4.91	1.20 b	0.19	0.08	1.0 b	0.30 b	10.4	0.72		
25	4.76	1.47 ab	0.24	0.09	5.7 b	0.47 ab	8.6	0.97		
50	4.70	1.81 a	0.34	0.09	18.3 a	0.65 a	8.7	1.06		

¹Promedios en la misma columna seguidos por letras diferentes difieren (P < 0.05) según la Prueba de Tukey.

San Antón y utilizando la técnica de pasta saturada para determinar la conductividad eléctrica.

El N total aumentó significativamente con las aplicaciones de gallinaza durante el primer año. En el segundo año los niveles de N bajaron y no hubo diferencia significativa entre los distintos tratamientos. Esta disminución en el N total puede ser el resultado de los procesos de volatilización de amonio y pérdida de nitratos por lixiviación y escorrentía que ocurren durante la mineralización de la gallinaza (Muñoz et al., 1990). El P disponible aumentó significativamente con las aplicaciones de gallinaza durante el primer año. Para el segundo año, el P disponible fue significativamente mayor solo en el tratamiento de 50 t/ha de gallinaza. Sin embargo, el valor obtenido con ese tratamiento en el segundo año (18.3 mg/kg) fue sustancialmente más bajo al valor obtenido el primer año (148 mg/kg). Esta disminución del P puede estar relacionada con la fijación de este elemento con compuestos de Al que son comunes en suelos ácidos. El valor obtenido el primer año está de acuerdo a lo establecido por Muñoz et al. (1990) de que la mayor parte del P presente en la gallinaza está disponible a las plantas en los primeros cuatro meses de su incorporación. Los valores de P disponibles obtenidos en este estudio con las aplicaciones de gallinaza durante el primer año son considerados altos con relación al valor crítico (20 mg/kg, Bray I) que se ha establecido para este elemento en Puerto Rico en términos agrícolas (Muñiz-Torres, 1992). El valor crítico implica el término en donde hay poca probabilidad de conseguir aumentos en rendimiento con la aplicación de este elemento. Por otro lado, las escorrentías excesivas de N y P se han relacionado con la acelerada eutrofización de ríos y lagos en Puerto Rico y Estados Unidos (Martínez et al., 1999). Sin embargo, se ha relacionado más al P como el factor principal que acelera la eutrofización (Sharpley et al., 1994). En trabajos realizados en la zona avícola de Puerto Rico, Martínez et al. (1999) reportaron que 56% de las muestras analizadas tenían valores de P que sobrepasaban los límites considerados en algunos estados como críticos para propósitos de calidad de agua. Sotomayor-Ramírez et al. (2004) establecieron un valor de P crítico ambiental para Puerto Rico de 197 mg/kg, cuando se utiliza el método Bray I. Este valor significa la categoría donde no se deben permitir aplicaciones de P a nuestros suelos por el riesgo de contaminación que representan las escorrentías generadas de estos suelos. Los valores obtenidos en nuestro estudio están por debajo de lo reportado por estos investigadores.

La aplicación de gallinaza ocasionó un aumento significativo del K intercambiable. Este aumento se observó más el primer año, indicando

así que también está más disponible a las plantas durante los primeros meses de la mineralización de la gallinaza. Las concentraciones de K intercambiable son altas, con la excepción del tratamiento control durante el segundo año, según las categorías establecidas por Muñiz-Torres (1992). El Ca no mostró cambios significativos con relación a las aplicaciones de gallinaza. Todos los valores están más altos a lo establecido por este mismo autor. Las altas concentraciones de Ca están relacionadas con las aplicaciones de carbonato calizo que reciben estos suelos para corregir los problemas de acidez. Hubo un aumento significativo en el Mg intercambiable con las aplicaciones de gallinaza durante el primer año. Durante el segundo año no hubo diferencias significativas. Todas las concentraciones de Mg, con la excepción del tratamiento de 50 t/ha de gallinaza el primer año, están bajas, según estas mismas categorías. Niveles bajos de Mg intercambiable en estos suelos ya han sido reportados anteriormente en la literatura (Martínez et al., 2002). Las aplicaciones de gallinaza pueden contribuir a aumentar ligeramente las concentraciones de Mg.

CONCLUSIONES

Este estudio no mostró aumento significativo en el rendimiento de yautía con las aplicaciones de gallinaza. Sin embargo, se refleja un aumento en rendimiento de 17 y 122% en el primer y segundo año, respectivamente, cuando se compara la aplicación de 25 t/ha de gallinaza vs. el tratamiento control. El rendimiento obtenido el segundo año con aplicaciones de 25 t/ha duplica los rendimientos obtenidos en estudios previos con esta variedad y en esta zona de producción. Esta alta producción obtenida puede estar relacionada con los beneficios amplios que se obtienen con las aplicaciones de materia orgánica (NRCS, 2010). Entre estos beneficios se pueden mencionar lo siguiente: mejora la estructura de los suelos; aumenta la retención de nutrimentos; aumenta el número de organismos beneficiosos en el suelo; y ocasiona aumento en producción. En este estudio en particular se observó que las propiedades químicas del suelo mejoraron, especialmente durante el primer año (aumentó el porcentaje de materia orgánica y aumentaron los niveles de N, P, Ca y Mg). El caso de P requiere consideración diferente ya que los niveles altos de este elemento están relacionados con la eutrofización de ríos y lagos. Lo más conveniente en este caso es no utilizar abonos que contengan este elemento cuando se usa gallinaza como enmienda al suelo. Como recomendación final, sería conveniente realizar investigación adicional para cuantificar los cambios en las propiedades físicas y biológicas del suelo con la utilización de gallinaza como enmienda al suelo.

LITERATURA CITADA

- Bejarano, C. A., M. Zapata, A. Bosques y E. Rivera-Amador, 2001. Diferentes niveles de ploidia como estrategia de control del mal seco en yautía (*Xanthosoma* spp.). *J. Agric. Univ. P.R.* 85(1-2): 69-82.
- Chandler, J. V., H. Irizarry y S. Silva, 1982. Nutrient uptake by taniers as related to stage of growth and effect of age on yield of the Morada variety. *J. Agric. Univ. P.R.* 66(1): 1-10.
- Cortés, M. y L. Gayol, 2006. Gustos y preferencias por raíces y tubérculos en Puerto Rico. Resumen Proc. Caribbean Food Crops Society 42: 403.
- Departamento de Agricultura, 2010. Ingreso Bruto Agrícola de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Estado Libre Asociado de Puerto Rico.
- Elango, F., 1998. Enfermedades en la producción de raíces y tubérculos. Seminario internacional sobre producción y mercadeo de raíces y tubérculos en región del trópico húmedo. Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda. San José, Costa Rica. 35 pp.
- González, A., 2007. Rendimiento de dos cultivares de yautía (*Xanthosoma* spp.) utilizando dos tamaños de material de propagación en la zona central de Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 91(1-2): 57-60.
- González, A., 2006. Distancia de siembra y fuente del material de propagación en el rendimiento de yautía (*Xanthosoma* spp.) en la zona central de Puerto Rico. Resumen Proc. Caribbean Food Crops Society 42: 404.
- González, A., 2005. Rendimiento de yautía (*Xanthosoma* spp.) bajo manejo distinto del material de propagación en la zona central de Puerto Rico. Proc. Caribbean Food Crops Society 41: 417-420.
- Karlen, D. L., M. J. Mausbach, J. W. Cline, R. G. Harris y G. E. Schuman, 1997. Soil quality: A concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 4-10.
- Lugo-Mercado, H., J. Badillo y J. López-García, 1978. Effect of soil compaction on tanier yields. *J. Agric. Univ. P.R.* 29(1): 56-63.
- Martínez, G.A., J.L. Guzmán, M.A. Vázquez, L.E. Rivera y A. González, 1999. Chemical and physical properties of two tropical soils treated with sewage sludge compost. *J. Agric. Univ. P.R.* 83(3-4): 103-121.
- Martínez, G. A., V. Snyder, M. Vázquez, A. González y J. Guzmán, 2002. Factors affecting magnesium availability to plantain in highly weathered soils. *J. Agric. Univ. P.R.* 86(1-2): 1-13.
- Muñiz-Torres, O., 1992. Uso de fertilizantes en Puerto Rico. Enfoques prácticos. Guía Técnica. Servicio de Extensión Agrícola. Colegio de Ciencias Agrícolas. Universidad de Puerto Rico. 26 pp.
- Muñoz, M. A., O. Colberg y J. Dumas, 1990. Chicken manure as an organic fertilizer. *J. Agric. Univ. P.R.* 74(2): 139-144.
- Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2004. What is soil quality? United States Department of Agriculture. <http://soils.usda.gov>
- Natural Resources Conservation Service (NRCS), 2010. Soil organic matter. United States Department of Agriculture. <http://soils.usda.gov>
- O'Hallorans, J. M., M. Muñoz y O. Colberg, 1993. Effect of chicken manure on chemical properties of a Mollisol and tomato production. *J. Agric. Univ. P.R.* 77(3-4): 181-191.
- Sharpley, A. S., S. C. Chapra, R. Wedpohl, J. T. Sims, T. C. Daniel y K. R. Reddy, 1994. Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. *J. Environ. Qual.* 23: 437-451.

- Silva, S. y H. Irizarry, 1980. Effect of depth of water table on yields of taniers. *J. Agric. Univ. P.R.* 64(2): 241-242.
- Snyder, V., A. González, A. Beale y M. Vázquez, 2006. Tanier production in a poorly drained upland clay soil with a perched water table. *Proc. Caribbean Food Crops Society* 42: 436.
- Snyder, V., W. Lugo, E. Acevedo y M. Vázquez, 1995. Development of a water stress subroutine for the aroid model and its validation for the Caribbean and Pacific Islands. Final Report of Special Grant in Tropical Agriculture. Grant No. 91-34135-6170. Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
- Sotomayor-Ramírez, D., G. Martínez, R. Mylavarapu, O. Santana y J. Guzmán, 2004. Phosphorus soil test for environmental assessment in subtropical soils. *Communications Soil Science and Plant Analysis* 35(11-12): 1485-1503.