



LABRANZA Y FERTILIZACIÓN, ESTRATEGIAS PARA ENFRENTAR CONDICIONES RESTRICTIVAS DE HUMEDAD DEL SUELO CULTIVADO CON ÑAME

Manuel Ramón Espinosa C¹ ✉, Luis Manuel Carvajal P.² Juan Carlos Rojas Bustos³, y Martha Marina Bolaños-Benavides⁴



[mespinosa@
agrosa
via.co](mailto:mespinosa@agrosa.via.co)

**Palabras
claves:** abono
orgánico, física
de suelo, cincel,
caballoneo

Resumen

En el cultivo de ñame en el municipio de Ayapel (Córdoba), se validaron prácticas de preparación de suelos y manejo de la fertilización con el fin de reducir la vulnerabilidad del cultivo y aumentar la capacidad adaptativa al déficit hídrico en el suelo. Se estableció una parcela de integración, con diseño experimental de bloques completos al azar para evaluar cuatro tratamientos: Tratamiento 1: Rome + cincel + rome y fertilización orgánica; Tratamiento 2: Rome + cincel + rome y fertilización química; Tratamiento 3: Rome + cincel + rome + caballoneo y fertilización orgánica; Tratamiento 4: Rome + cincel + rome + caballoneo y fertilización química. Los tubérculos con mayor peso fueron los que recibieron el Tratamiento 3 con un peso promedio de 1304,8 g por tubérculo, que comparado con lo obtenido en el Tratamiento 4 y el Tratamiento 2 los supera en 20,81% y 9,5%, respectivamente. Sin embargo, esta variable no mostró diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$). El tratamiento uno presentó mayor porcentaje de tubérculos comerciales: 74,6%, tubérculo tipo semilla: 24,6% y no presentó tubérculos dañados, mientras que el Tratamiento 4 presentó la menor proporción de tubérculos comerciales con 67,6%, 30,2% de tubérculos para semilla y 2,2% dañados. El tratamiento 3 presentó un rendimiento de 20,9 t.ha⁻¹, siendo el de mayor valor. Mientras que el tratamiento 4 presentó el valor mas bajo para este parámetro, con un valor de 16,5 t.ha⁻¹, es decir, una diferencia de 21,06%, lo que supone que la fertilización orgánica en combinación con caballoneo, puede tener un efecto positivo sobre la productividad del cultivo de ñame espino en condiciones de déficit hídrico. Con la fertilización química y orgánica en ñame se superó entre 10 a 12 t.ha⁻¹ el rendimiento promedio regional.

TILLAGE AND FERTILIZATION, STRATEGIES TO FACE RESTRICTIVE SOIL MOISTURE CONDITIONS CULTIVATED WITH YAM

Key words:
organic fertilizer,
soil physics,
chisel, mound

SUELOS
ECUATORIALES
48 (1 y 2): 23-31

ISSN 0562-5351

Abstract

In the cultivation of yam in the municipality of Ayapel (Córdoba), practices of soil preparation and fertilization management were validated in order to reduce the vulnerability of the crop and increase the adaptive capacity to the water deficit in the soil. An integration plot was established, with experimental design of randomized complete blocks to evaluate four treatments: Treatment 1: Rome + chisel + rome and organic fertilization; Treatment 2: Rome + chisel + rome and chemical fertilization; Treatment 3: Rome + chisel + rome + mound and organic fertilization; Treatment 4: Rome + chisel + rome + mound and chemical fertilization. The tubers with greater weight were those that received Treatment 3 with an average weight of 1304.8 g per tuber, which compared with that obtained in Treatment 4 and Treatment 2 exceeds them in 20.81% and 9.5%, respectively. However, this variable did not show significant statistical differences ($p > 0.05$). Treatment one had a higher percentage of commercial tubers: 74.6%, seed-type tuber: 24.6% and no damaged tubers, while Treatment 4 had the lowest proportion of commercial tubers with 67.6%, 30.2 % of tubers for seed and 2.2% damaged. Treatment 3 presented a yield of 20.9 t.ha⁻¹, being the highest value. While treatment 4 presented the lowest value for this parameter, with a value of 16.5 t.ha⁻¹, that is, a difference of 21.06%, which means that organic fertilization in combination with mound, can have a positive effect on the productivity of the yam hawthorn crop in conditions of water deficit. With the chemical and organic fertilization in yam the regional average yield was exceeded between 10 to 12 t.ha⁻¹.

Rec.: 09.04.2018
Acep.: 01.06.2018

INTRODUCCIÓN

El aumento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de la temperatura media de la atmósfera y los océanos, el deshielo de los glaciares, el aumento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos y el incremento del nivel del mar, son claras evidencias del Cambio Climático Global (CCG) que se ha presentado en el planeta desde principios del siglo XX (IDEAM, 2013), como consecuencia de actividades antrópicas, especialmente por la intensificación de la extracción, transformación y uso del petróleo para soportar la mayoría de sistemas económicos y culturales del mundo (Caballero et al., 2007). La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) define el cambio climático como una modificación en las condiciones medias o en la variabilidad del clima, atribuida directa o indirectamente a actividades humanas (cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera mundial o en el uso del suelo), que se añade a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (IPCC, 2016).

Los eventos de variabilidad climática natural del planeta se han alterado a causa del CCG. Las anomalías en la precipitación cuando se presenta un evento ENOS (Evento el Niño Oscilación Norte) tienden a ser más drásticas al compararlas con los registros históricos. Por consiguiente, las reducciones en las precipitaciones durante un evento El Niño y el aumento de estas en un evento La Niña son cada vez más intensas en duración y magnitud. Estas alteraciones en los regímenes medios de las lluvias aumentan el riesgo agroclimático de los sistemas productivos agrícolas, al inducir condiciones de déficit o exceso hídrico en el suelo, que limitan el crecimiento y desarrollo de las plantas (IPCC, 2007).

Según el informe de política alimentaria del IFPRI (International Food Policy Research Institute), publicado en 2009, la mayoría de cultivos son afectados negativamente por los impactos del cambio climático, amenazando la seguridad alimentaria mundial, principalmente en países de

África, Asia Meridional y Suramérica. Entre los impactos negativos del CCG en la agricultura, se desatacan: incremento en los requerimientos hídricos de las plantas, la reducción de la producción por estrés hídrico y térmico, la limitación en la disponibilidad de agua para riego, la proliferación de plagas, enfermedades y arvenses y reducción de la diversidad biológica al interior del sistema productivo (IDEAM, 2013). (Altieri y Nicholls, 2008) reportan que estos efectos pueden tener mayores repercusiones en los modelos de producción basados en economías campesinas de subsistencia ubicados en ambientes frágiles con alta exposición al riesgo agroclimático.

Dado el contexto actual de CCG, se hace necesario, generar estrategias a escala local, que permitan enfrentar efectos negativos de los fenómenos climáticos extremos en los sistemas productivos agropecuarios. En ese sentido, Agrosavia mediante el proyecto MAPA, financiado por el Fondo Adaptación, evaluó diferentes tipos de labranza y fertilización en el cultivo de ñame espino (*Dioscorea rotundata*), con el fin de reducir su vulnerabilidad frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el marco del enfoque teórico y metodológico de la Agricultura Climáticamente Inteligente (CSA, por sus siglas en inglés).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció una parcela de integración en el municipio de Ayapel (Córdoba), vereda Palotal, Finca El Garcero, cuya georreferenciación corresponde a las coordenadas: Norte 8° 6' 22".104" y Oeste 75° 10' 0.803". Se implementó un cultivo de ñame con surcos separados a 1,0 m y plantas a 0,6 m, y densidad de siembra: 16.666 plantas.ha⁻¹ (70% superior a la utilizada por productores locales). Se utilizó tutorado con alambre galvanizado reforzado y sistema de riego por goteo. Para el registro de variables climáticas, se instaló una estación meteorológica manual (termómetro y pluviómetro) y un sensor para el seguimiento de la humedad del suelo (datalogger).

Cuando el datalogger registró valores cercanos al punto de marchites permanente, condiciones de humedad del suelo por debajo de 20% de humedad volumétrica y con una tensión entre 50 y 65 centibares, se aplicó riego complementario inmediatamente, acorde a la evapotranspiración del cultivo de ñame (5,5 mm diarios).

Las opciones tecnológicas validadas durante el periodo de agosto de 2015 a febrero de 2016, fueron: mecanización de los suelos y fertilización (química y orgánica). La fertilización se realizó con base en los requerimientos del cultivo y el resultado

del análisis químico de suelos. En la fertilización orgánica se utilizó lombriabono. Se evaluaron dos tipos de mecanización: sin caballones (un pase de cincel rígido y dos pases de rastra pesada) y con caballones (un pase de cincel, dos pases de rastra pesada y un pase de caballoneador).

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), cuatro tratamientos, cada uno con 60 repeticiones, siendo la planta la unidad experimental. Cada tratamiento se estableció en un área de 1250 m², para un total de 0.5 ha. En la descripción se relacionan los tratamientos:

Tratamiento	Descripción
1	mecanización sin caballones y fertilización orgánica
2	mecanización sin caballones y fertilización química
3	mecanización con caballones y fertilización orgánica
4	mecanización con caballones y fertilización química

Las variables evaluadas fueron: Diámetro medio del tubérculo (cm), longitud (cm) y peso medio del tubérculo (g). Para la evaluación de las variables se tomaron 60 plantas por cada tratamiento, separando las plantas por la sección de la semilla (20 plantas de semilla sección cabeza, 20 plantas de semilla sección medio y 20 plantas de semilla sección cola). Adicionalmente, se calculó el rendimiento (Kg.ha⁻¹), para esta variable, los tubérculos se separaron en tres categorías: tubérculo comercial, semilla y dañado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

• Contexto agroclimático

En la tabla 1 se muestra la precipitación promedio multianual (mm), la precipitación promedio en la parcela durante el periodo de validación (mm), la variación mensual de la precipitación (%) y el valor del ONI¹ (Índice Oceánico El Niño). Se observa que durante el periodo se registró disminución generalizada de las precipitaciones con relación al promedio multianual, lo que indica los efectos de la ocurrencia del fenómeno de El Niño.

¹ El ONI expresa la magnitud de aumento o disminución de la temperatura promedio de la superficie del Océano Pacífico ecuatorial. Cuando la variación supera valores de +0,5 °C se

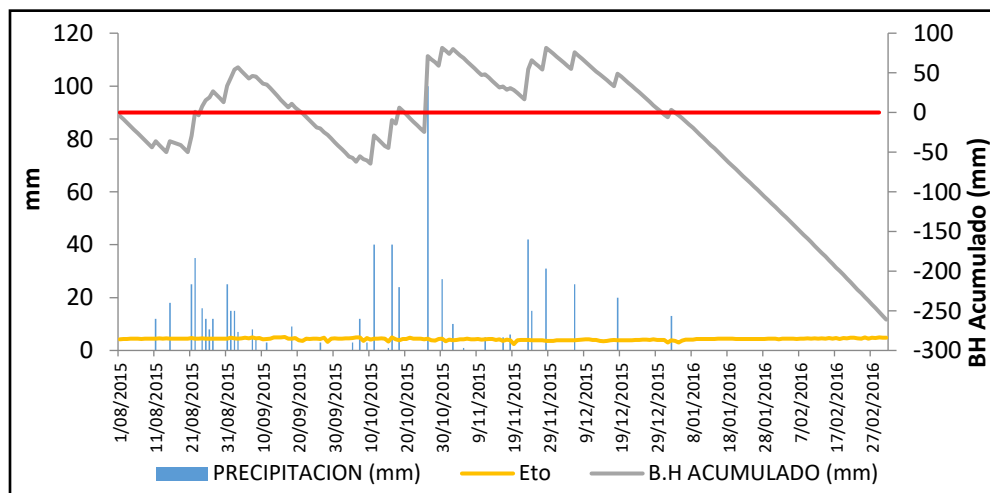
habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0,5 °C es un evento La Niña, durante por lo menos cinco meses consecutivos para ambos casos.

Tabla 1. Anomalía de precipitación registrada en la parcela de integración de ñame en el periodo de validación, con respecto al promedio histórico multianual de precipitación en el municipio de Ayapel (Córdoba).

Parámetro	Ago.15	Sep.15	Oct.15	Nov.15	Dic.15	Ene.16	Feb.16
Precipitación promedio multianual (mm)	397	330	310	231	74	19	29
Precipitación promedio Periodo validación (mm)	163	64	250	115	45	13	0
Variación precipitación (%)	-60	-80	-20	-50	-40	-30	-100
Valor ONI	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDE	DEF
	1,3	1,6	1,9	2,3	2,5	2,5	2,3

En el periodo de evaluación se registró un total de 666 mm distribuidos durante los primeros cinco meses del ciclo productivo. En los últimos dos meses no se presentaron lluvias en la parcela de integración.

Durante este periodo, la evapotranspiración de referencia (ET_o) fue superior a las precipitaciones, el balance hídrico atmosférico negativo (figura 1a), el coeficiente de estrés hídrico (K_s) fue cero y el agotamiento superior al agua fácilmente aprovechable (figura 1b), lo cual indica déficit hídrico en el suelo.



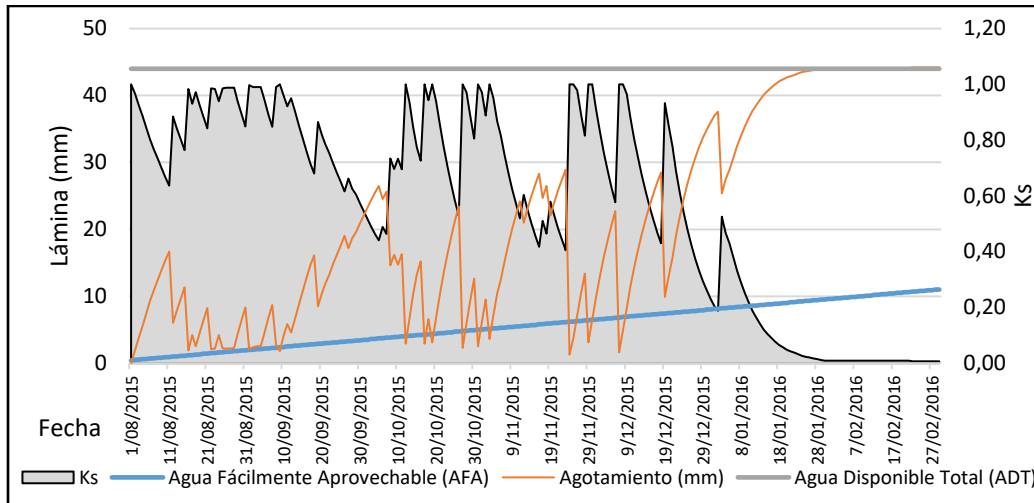


Figura 1. a.) Balance hídrico atmosférico y b.) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de ñame en el municipio de Ayapel (Córdoba) entre los meses de agosto de 2015 y febrero de 2016.

Según (Montaldo, 1991-77), el ñame requiere aproximadamente 1500 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo. Según (IITA, 2009), una precipitación anual de 1000 mm repartidos en cinco a seis meses, en suelos profundos, fértiles y bien drenados son ideales para el sistema productivo de ñame.

La necesidad de agua disponible en el suelo para las plantas en las primeras etapas fenológicas determina el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo y la obtención de altos rendimientos. (Onwueme, 1975) ha mostrado que un déficit hídrico al inicio del ciclo de crecimiento del ñame reduce su producción y pospone el inicio de la tuberización. Como se observa en la figura 1, al inicio de la validación se presentaron condiciones leves de déficit atmosférico y agrícola; sin embargo, con el uso de riego se suplieron los requerimientos durante este periodo.

(Acevedo et al., 2014), evaluando el desarrollo y productividad de ñame (*Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*) en diferentes condiciones hídricas, donde las variables fueron: riego de 888 mm durante la etapa crítica del cultivo, riego de 944 mm durante todo el ciclo del cultivo, y ausencia de riego con una oferta de agua de 750 mm provenientes de precipitación, señalaron que

los tratamientos de riego aumentaron los rendimientos y que el riego en etapa crítica del cultivo permite alcanzar los mejores resultados.

Por su parte, (Carvallo y Metri, 2000), evaluaron la fracción de agotamiento del agua del suelo y su efecto sobre la producción del ñame (*Dioscorea cayennensis* Lam.); la deficiencia de agua en el suelo durante la fase de crecimiento, afectó la producción de tubérculos para el consumo humano y para semillas.

Durante el periodo de seguimiento se logró establecer que las precipitaciones acompañadas por las aplicaciones de riego mantuvieron la humedad necesaria para el normal desarrollo del sistema productivo. Los sensores ubicados en las diferentes profundidades (0-15 y 15-30 cm) en la áreas de mecanización con y sin caballones, presentaron una tensión en la cual el

suelo se mantuvo a capacidad de campo (cerca a los 28 Cb). Pasado el sexto mes (finales del mes de enero de 2016) se suspendió el riego buscando de esta manera reorientar los procesos metabólicos de llenado de tubérculo y no se superó el punto de marchitez permanente (45 Cb) (figura 2).

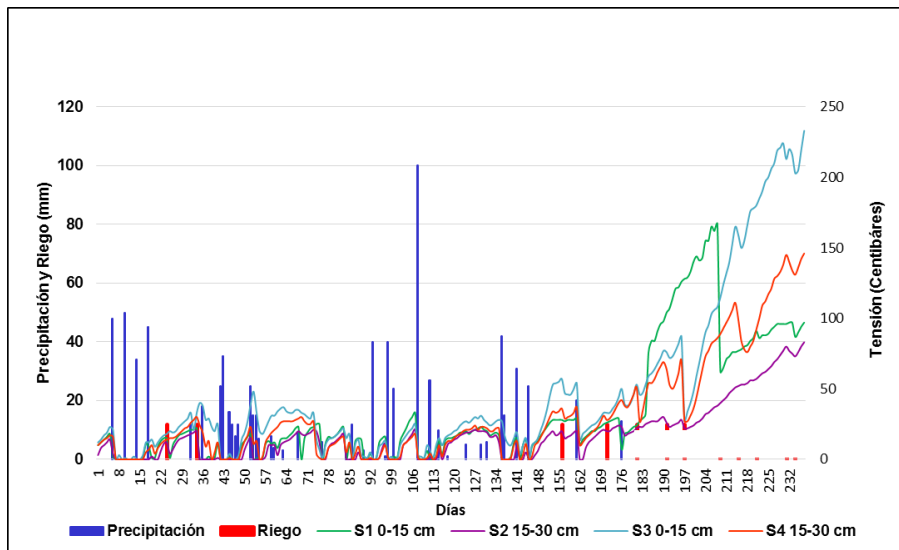


Figura 2. Dinámica de la humedad del suelo con respecto a la precipitación y la aplicación del riego en el sistema productivo de ñame espino en el municipio de Ayapel- Córdoba. Fuente:

La suspensión del suministro de agua en los últimos dos meses favoreció el llenado del tubérculo, que se comporta como órgano sumidero al cual los órganos aéreos tallos y hojas vierten sus asimilados. El cambio del crecimiento de los tallos y las hojas hacia el órgano de almacenamiento suele ser drástico y provoca la cesación del crecimiento de los tejidos aéreos (Loomis y Rapoport, 1977). Sin embargo, este proceso favorece la maduración del tubérculo para su cosecha y evitar de este modo daños mecánicos y fisiológicos en la poscosecha.

Una vez finalizada la validación, se obtuvo que las plantas que recibieron el tratamiento tres (mecanización con caballones y fertilización orgánica) presentaron los mayores valores en las variables: diámetro de tubérculo, longitud de tubérculo y peso del tubérculo, evidenciando solo

diferencia significativa en el diámetro del tubérculo ($p > 0,01$); lo que indica que el uso de caballones contribuye al mejor desarrollo del grosor del tubérculo en condiciones climáticas restrictivas de humedad del suelo. Adicionalmente, esta combinación tuvo el mayor rendimiento ($20,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), con 72,1% de tubérculos comerciales, 30,2% en tubérculos tipo semilla y 1,3% dañado, a pesar de no observarse diferencias estadísticas de forma significativa ($p < 0,05$), esta tecnología de producción, se convierte en una herramienta en la toma de decisiones ante los escenarios de variabilidad climática. En general, los tubérculos a los que se aplicó fertilización orgánica presentaron mayores valores en peso y rendimiento en comparación con los tubérculos con fertilización química (figura 3).

• **Crecimiento y rendimiento**

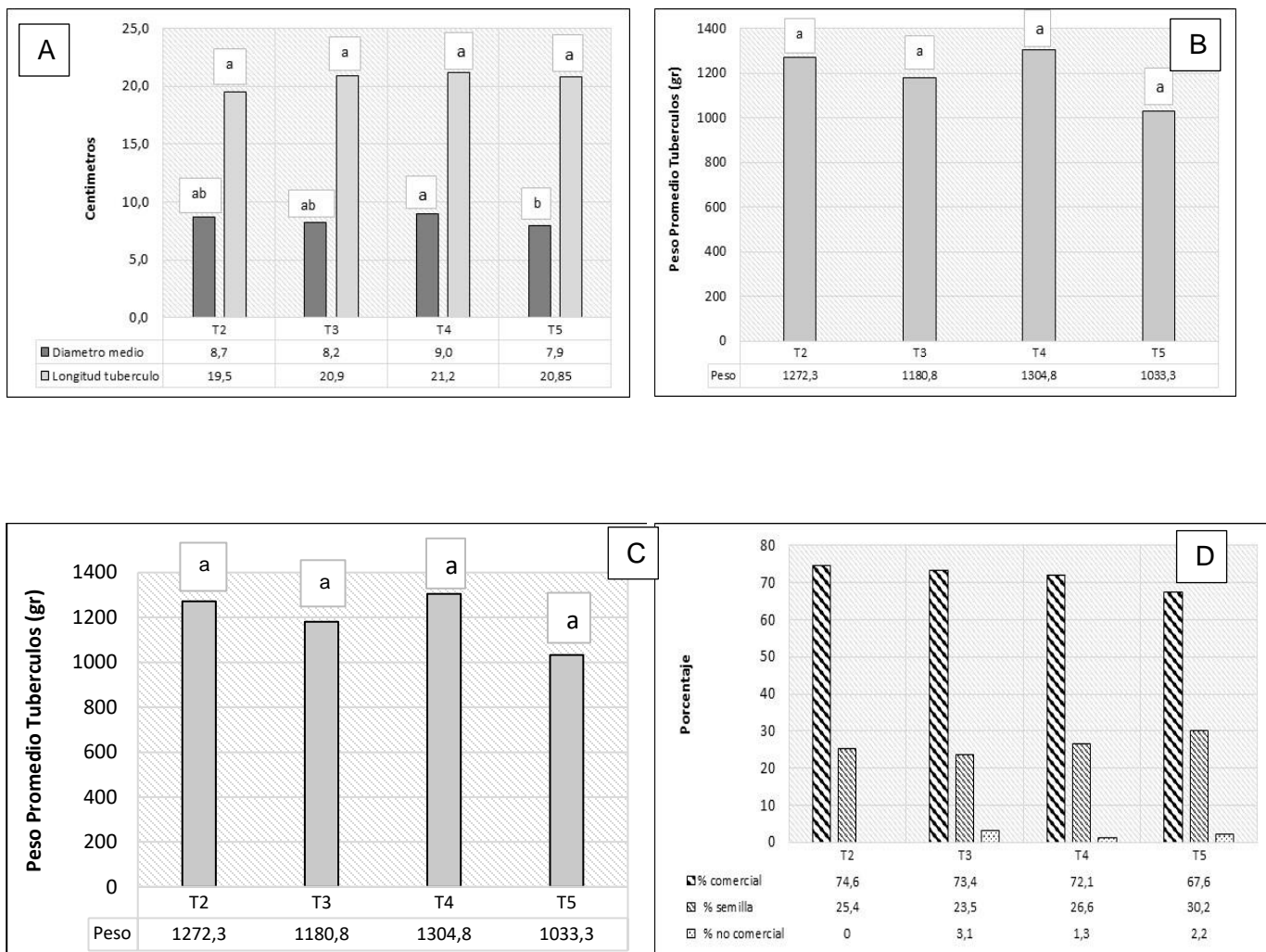


Figura 3. Variables evaluadas en los tubérculos de ñame en la parcela de integración en Ayapel. A.) Diámetro y longitud. B.) Peso promedio. C.) Rendimiento. D.) Distribución de la producción en tres categorías: comercial, semilla y dañado. Fuente:

Varios autores señalan que el uso de fertilización nitrogenada en ñame genera incremento en la producción de tubérculos. Se ha informado de un incremento igual al 10%. En algunos casos, bajos niveles de potasio provocaron leves aumentos del rendimiento pero, las respuestas al fósforo son poco comunes (Ferguson y Haynes, 1970). Este resultado infiere que la fertilización química presentó menor rendimiento promedio con respecto a la fertilización orgánica lo que es similar a lo encontrado por (Ayoola y Adeniyani, 2006) quienes reportan valores bajos de

rendimiento con el uso de fertilización química inorgánica.

La mejora de las condiciones físicas del suelo se puede atribuir al aumento en el contenido de materia orgánica del suelo (Stockdale et al., 2001). Varios trabajos realizados en el sistema productivo de ñame han informado que la aireación, porosidad y capacidad de retención de humedad de los suelos aumenta bajo fertilización orgánica (Colla et al, 2000; Radhakrishnan et al, 2006; Ramesh et al, 2010). La construcción de montículos o caballones puede hacer frente a las

malas condiciones físicas del suelo e incrementar la respuesta de los ñames a los fertilizantes (Kang y Wilson, 1981).

Los ñames requieren suelos fértiles, profundos, de textura franca y bien drenada. La profundidad del suelo debe ser superior a los 0,6 m (Coursey, 1967). Esta característica coincide con lo encontrado por (Ferguson y Gumbs, 1976) quienes reportan que en condiciones de compactación del suelo se reduce el sistema radical del ñame y deforma sus tubérculos. Igualmente, (Rodríguez, 1994), encontró que la presencia de un "pie de arado" o capa dura en el horizonte donde crece el tubérculo causa que el mismo emerja del suelo y que la forma de su extremo distal se distorsione, lo cual coincide con los resultados obtenidos en la parcela de integración de ñame de este estudio.

CONCLUSIÓN

La fertilización orgánica y la preparación de suelos con caballoneo en el sistema productivo de ñame, junto con la aplicación de riego por goteo en los periodos que ocurre déficit hídrico en el suelo, representa una opción viable para los productores de ñame de Ayapel para enfrentar las condiciones restrictivas de humedad y reducir pérdidas en el rendimientos del sistema productivo.

BIBLIOGRAFÍA

Ayoola, O. y Adeniyani, O. 2006. Influence of poultry manure on yield and yield components of crops under different cropping systems in South West Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 5: 1386-1392

Acevedo, A. N., Sandoval, I. S., Salcedo. J. G. 2014. Desarrollo y productividad de ñame (*Dioscorea trifida* y *Dioscorea esculenta*) en diferentes condiciones hídricas vol.64, n.1, pp.30-35. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/44925/1/43917-218000-1-PB.pdf>.

Altieri M. y C. Nicholls. 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. *Agroecología*. Vol: 3, 7-28.

Caballero M., L. Socorro y B. Ortega. 2007. Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Revista Digital Universitaria*. Instituto de Geofísica e Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México. 8 (10), 1 – 12. Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/int78.htm>.

Colla, G., Mitchell, J.P., Joyce, B.A., Huyck, L.M., Wallender, W.W., Temple, S. R., Hsiao, T.C. y Poudel, D.D. (2000). Soil physical properties and tomato yield and quality in alternative cropping systems. *Agron. J.*, 92: 924-932.

Coursey, D. G. (1967). Yams; an account of the nature, origins, cultivation and utilization of the useful members of the Dioscoreaceae. London, Longmans. 230 p. (Tropical Agriculture Series).

Ferguson, T. U. y Haynes, P. H. 1970. The response of yams (*Dioscorea* spp.) to nitrogen, phosphorus, potassium, and organic fertilizers. In: 2nd. Symposium of the International Society for Tropical Root Crops Cock, vol. 1. Plucknett, D. L. ed. Hawaii, University Press of Hawaii. pp. 93-96.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2013. Efectos del cambio climático en la producción y rendimientos de cultivos por sectores. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Efectos+del+Cambio+Climatico+en+la+agricultura.pdf/3b209fae-f078-4823-afa0-1679224a5e85>.

IFPRI. 2009. CAMBIO CLIMÁTICO: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Informe de Política Alimentaria. Washington. 30p.

- IPCC, 2007. Climate Change 2007. Synthesis report. Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/syr/ar4_syr.pdf
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2016. Glosario de términos. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>
- IITA. 2009. Yam production in Africa. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Nigeria. Available from.
- Kang, B. T. y Wilson, J. E. (1981). Effect of mound size and fertilizer on White Guinea Yam (*Dioscorea rotundata*) in southern Nigeria. *Plant and Soil* 61: 319-327
- Loomis, R. S. y Rapoport, H. 1977. Productivity of Root Crops. In 4th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Cali, 1976. Proceedings. Cock, J.; MacIntyre, R.; Graham, M. eds. Ottawa, IDRC, pp. 70-84.
- Montaldo, A. 1991. Sistema productivo de raíces y tubérculos tropicales. Lima: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA., p. 91-127.
- Radhakrishnan, B., Ranjit Kumar, Q. Ganapathy, M. N. K. and Hudson, J.B. 2006. Effect of conventional, organic and biodynamic farming systems in tea. *J. Plantation Crops*, 34: 330- 333.
- Rodríguez, W. (1994). Las raíces y tubérculos tropicales como alternativa de producción en Costa Rica. *Boletín Técnico de la Estación Experimental Fabio Baudrit* 27 (1): 67-79.
- Ramesh, P., Panwar, N.R., Singh, A.B., Ramana, S., Yadav, S.K., Shrivastava, R. and Subha Rao, A. 2010. Status of organic farming in India. *Curr. Sci.*, 98: 1190-1194.
- Stockdale, E.A., Lampkin. N. H., Hovi, M., Keating, R., Lennartsson, E. K. M., Macdonald, D. W., Pade, I S., Tattersall, F. H., Wolfe, M.S. and Watson, C. A. 2001. Agronomic and environmental implications of organic farming systems. *Adv. Agron.*, 70: 261- 327.