

Morfofisiología de posturas de papaya irrigadas con tres calidades diferentes de agua

Morphophysiology of papaya seedling irrigated with three different qualities of water

José E. González Ramírez¹, Rosa Elena González Vázquez¹, Eliet Veliz Lorenzo², Ángel Mollineda Trujillo³, Daniel Rodríguez Pérez¹, Edilberto Pozo-Velázquez³.

¹ Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT). Apdo 6. CP. 53000. Santo Domingo. Cuba.

² Centro de Investigaciones de Ozono (CIO). Ave. 15 y calle 230, Siboney, Playa, C. Habana, Cuba.

³ Centro de Investigaciones de Agropecuarias (CIAP), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera Camajuaní km 5½. Santa Clara. Cuba.

E-mail: josee@inivit.cu

RESUMEN. La papaya (*Carica papaya* L.) se encuentra entre los frutales tropicales de mayor importancia en Cuba y en el mundo. El vivero es la etapa inicial de desarrollo del cultivo y la calidad de las posturas es un componente fundamental del posterior rendimiento de las áreas de producción. La fertilidad de los sustratos utilizados en este estadio define los resultados que se obtendrán. Las aguas residuales domésticas presentan gran carga contaminante fundamentalmente para las redes acuíferas. Sin embargo, por su composición bioquímica, representan un alto potencial para su reutilización en el riego agrícola, contribuyendo además, a la necesidad de nuevas fuentes de agua para la agricultura. El ozono ha demostrado tener una alta capacidad oxidante, por lo que presenta gran número de aplicaciones entre ellas, la desinfección de aguas albañales. En el presente trabajo se utilizó el agua residual doméstica de la comunidad del Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales (INIVIT) recuperada, a través de un tratamiento físico-químico que incluye una desinfección final con ozono, en el riego de posturas de papaya bomba, logrando disminuir en nueve días el tiempo necesario para que las posturas estén listas para el trasplante, aumentando en más de 2,5 veces la eficiencia del uso del agua.

Palabras clave: Aguas de reuso, ozono, papaya, posturas.

ABSTRACT. Papaya (*Carica papaya* L.) is among the most important tropical fruit in Cuba and the world. The nursery is the initial stage of crop development and quality of the positions is a key component of the subsequent performance of the production areas. The fertility of the substrates used in this stage defines the results to be obtained. Domestic wastewater has large pollution load networks mainly to aquifers. However, its biochemical composition represents a high potential for reuse in agricultural irrigation, contributing also to the need for new sources of water for agriculture. Ozone has been shown to have high oxidative capacity, so therefore has many applications including disinfection of sewage. In this study we used the domestic wastewater recovered, through a chemical treatment that includes a final disinfection with ozone, in irrigation of papaya seedling; results shows that this plantlets are able for transplanting nine days before the others, increasing by over 2.5 times the efficiency of water use.

Key words: Treated wastewater, ozone, papaya, seedling.

INTRODUCCIÓN

El papayo (*Carica papaya* L.) se incluye actualmente en la familia de las *Caricaceae*. Es nativa de América Tropical Continental, probablemente del territorio que abarca el Sur de México hasta Costa Rica en América Central. (MINAG, 2011)

En Cuba se cultiva desde el siglo XIX en escala comercial, su fruto es altamente apreciado por su

sabor agradable, así como su uso industrial para dulces y farmacéutico. En 2011 se plantaron alrededor de 7 920 ha de papaya con una producción de 135 700 t. La inexistencia de una tecnología integral, así como el mal manejo del cultivo han propiciado que los rendimientos sean bajos y los costos de producción altos. (FAO, 2012). Los viveros constituyen una fase importante a tener en cuenta para elevar los

rendimientos de este cultivo. En esta etapa deben tenerse en consideración factores como: ubicación y protección, suelo o sustrato, desinfección del suelo, calidad del agua, dimensiones de las bolsas, llenado y colocación de las bolsas, dimensión del cantero, pregerminación de las semillas, riego, arropamiento, sombreo, control fitosanitario, fertilizaciones complementarias y ciclo de vivero. La fertilidad de los sustratos, entre otros, determina lo anteriormente expuesto. (MINAG, 2011)

Para el correcto desarrollo de esta etapa debemos tener en cuenta una serie de elementos como son: el mejor suelo para su desarrollo que reúna, una correcta protección fitosanitaria, ubicación cerca del área de cultivo pero evitando la colindancia, el tipo de bolsa a utilizar con un llenado correcto. (Rodríguez y Sánchez, 2009) Los períodos de tiempo necesarios para alcanzar los mínimos valores de calidad se alargan, encareciendo los costos por mayor tiempo trabajo, uso del agua, etc. La poca calidad de las posturas se refleja en plantaciones de poco potencial de rendimiento con mayores costos de producción. (Rodríguez y Sánchez, 2009)

La reutilización del agua en la agricultura constituye una alternativa de gran relevancia en Cuba, en países como México se descargan un total de 200 m³/s (6,3 km³ por año) de los cuales es aprovechado en riego agrícola un volumen total de 108 m³/s (3,4 km³ por año); sin embargo, sólo el 8,2 % de estos tiene algún proceso de tratamiento, mientras que el 91,8 % se aplica sin tratamiento alguno en 254,597 ha distribuidas en 26 Distritos de Riego. En contraparte, se ha demostrado que el empleo en riego del agua negra es la causa principal de la transmisión de enfermedades diarreicas ocasionadas por helmintos en la región del valle del Mezquital donde los niños entre 4 y 16 años sufren 16 veces más de Ascariasis que en zonas donde se emplea agua limpia. (Veliz *et al.*, 2010)

El ozono tiene un altísimo valor oxidante, muy superior al del oxígeno, el cloro u otros oxidantes conocidos (Rice, 2007); en condiciones de trabajo, puede llegar a tener un poder desinfectante de 300 a 3 000 veces superior al cloro. (Naito, 2009) Debido a las propiedades anteriormente señaladas ha comenzado a tener una gran cantidad de aplicaciones enfocadas al tratamiento de aguas, aires y la eliminación de olores desagradables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los viveros fueron desarrollados en un suelo pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2005) más materia orgánica en igual proporción. Se emplearon semillas de la variedad 'Maradol Roja' en bolsos de 500 g. Se siguieron las indicaciones del Instructivo Técnico de la Fruta Bomba. (MINAG, 2011).

Se prepararon tres grupos de 50 plantas las que fueron sometidas a riego controlado en días alternos, en cada ocasión se emplearon entre 60 y 70 mL de tres aguas diferentes, donde los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Control (agua del río Sagua la Grande).
2. Agua ozonizada con concentraciones de ozono disuelto en el rango de 1 ppm.
3. Aguas residuales domésticas tratadas por un proceso físico-químico de floculación-deposición y posterior desinfección con ozono.

Para el Tratamiento 2 se utilizó un generador de ozono AQOZO-221 alimentado con flujo de aire atmosférico con el que se suministraron 15 g de ozono por hora durante 10 minutos a 5 L de agua destilada.

Para el Tratamiento 3, se empleó la metodología de Veliz *et al.* (2010) a partir de las aguas residuales producidas en la comunidad del INIVIT. El producto resultante fue caracterizado en el Centro de Investigaciones de Ozono (CIO), adjunto al Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC). Los datos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza de clasificación simple y la comparación múltiple de medias según el test de Tukey HSD (Lerch, 1977) con el empleo del paquete STATGRAPHICS Versión 5.1 sobre Windows XP.

Semanalmente se realizaron mediciones de la altura (cm) hasta la primera hoja y del grosor (mm), en la base del tallo de las posturas, hasta que las mismas alcanzaron los parámetros recomendados para el trasplante (altura entre 12 cm y 15 cm) para determinar la dinámica de crecimiento de los grupos y establecer el momento (días) en que podían ser trasplantadas.

En este estudio se determinó la altura (cm) promedio de las plantas en cada grupo. Para caracterizar el desarrollo morfoagronómico de cada grupo, se tomaron como muestra las diez plantas que se encontraban más cerca del valor medio de altura determinado para todo el grupo, y se realizaron las mediciones siguientes:

- grosor promedio del tallo (mm) medido en la base
- peso fresco de las hojas (g).
- peso de los tallos (g)
- peso fresco de las raíces (g)
- peso fresco total de las plantas (g)

Se determinó el peso seco de las plantas, para lo que se sometió al tejido vegetal a tratamientos de 60 °C de calor seco durante 8 h, repitiendo el procedimiento hasta que no se encontraran disminuciones en las medidas de peso. Para estas

mediciones se empleó una balanza de platos Harvard Trip. Se calculó la relación entre el grosor del tallo (mm) y la altura (cm) como medida de la calidad de las posturas.

Para la determinación del área foliar se empleó el método del disco, tomando en cada caso 30 discos de 1,2 cm² con sacabocado metálico correctamente afilado. Estos fueron pesados en balanza Sartorius hasta 200 g. Se determinó la eficiencia (ζ) del aprovechamiento del agua para los grupos dos y tres de posturas, para lo que se utilizó la fórmula siguiente: $\zeta = (\text{masa seca tratamiento}_{(mg)} - \text{masa seca control}_{(mg)}) / \text{agua empleada}_{(L)}$. Para este cálculo se empleó la masa seca del primer grupo como control y para el consumo de agua por tratamiento se tuvieron en cuenta 70 mL por 35 días de riego, es decir, 2,1 L de agua en cada caso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones realizadas en etapa de vivero

El vivero desarrollado en suelo pardo con carbonato + Materia Orgánica aceleró su desarrollo cuando

se aplicó agua residual tratada y agua ozonizada (Figura 1), con mayor crecimiento de las posturas y engrosamiento en la base del tallo (Figura 2).



Figura 1. Posturas de papaya irrigadas con diferentes aguas. A. agua ozonizada. B. agua de río. C. agua residual doméstica tratada

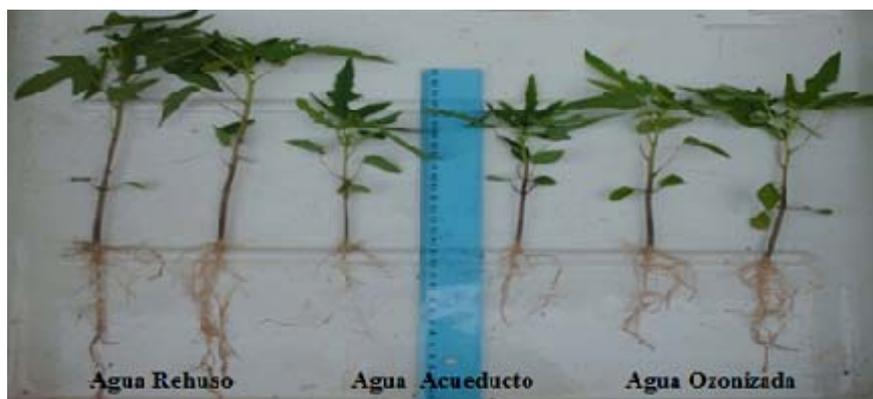


Figura 2. Diferencias de altura y grosor de las posturas provenientes de los tres tratamientos

Se acortó el tiempo necesario en esta etapa en nueve y tres días, respectivamente (Figura 3). Rodríguez y Sánchez (2006) señalaron adelantos de entre ocho y diez días al utilizar semillas des papaya peletizadas con micorrizas como consecuencia de aumento de la eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes por parte de las plántulas. El crecimiento de las posturas se acelera a partir de la segunda semana después del trasplante (Figura 3). En este momento el desarrollo radicular de las plántulas le permite aprovechar la acumulación, en las bolsas, de sustancias nutritivas aportadas por el agua residual doméstica utilizada en el riego. Estos resultados coinciden con los

obtenidos por Cerezo *et al.* (2005), que encontraron mayor diferenciación del crecimiento de posturas de naranjos durante la segunda mitad de la etapa de vivero diferenciando tasas diarias de absorción de nutrientes específicas para cada cultivo y clima, por lo que el riego puede diferenciarse por etapas. Bar-Yosef (2005) asegura que para programar correctamente el fertirriego se deben conocer el consumo de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo que resulta en el máximo rendimiento y calidad. Además, que la curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación de un determinado nutriente, evitando así las posibilidades de deficiencia y de consumo de lujo.

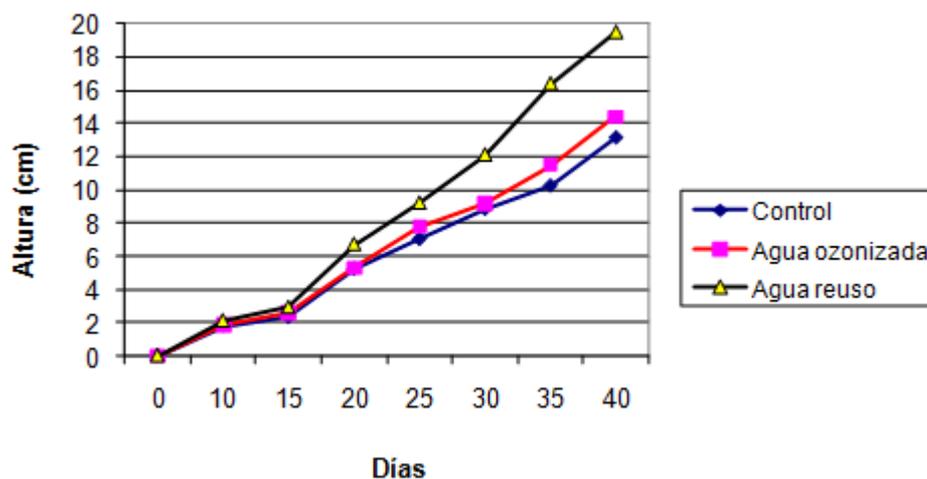


Figura 3. Curvas de crecimiento de las posturas. Sustrato suelo pardo mullido carbonatado + MO (50:50)

El riego con agua ozonizada propició un adelanto de tres días para que las posturas alcanzaran el tamaño necesario, lo que indica un mayor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y posibilita su mejor desarrollo. Numerosos reportes indican el acortamiento de los ciclos de diferentes cultivos al ser regados con agua ozonizada. Scott *et al.* (2004) señala que esto se debe a que produce una mayor aportación de oxígeno a la raíz de la planta, lo que permitirá una nutrición con la seguridad de eliminar gérmenes, bacterias, esporas y cualquier microorganismo que impida un crecimiento o funcionalidad equivocada de la planta.

Evaluaciones realizadas al momento del trasplante

Las posturas evaluadas al alcanzar las condiciones necesarias para el trasplante mostraron mejores parámetros de crecimiento en el grupo regado con aguas residuales recuperadas (Tabla 1 y Figura 4), con diferencias significativas en cuanto a grosor en la base del tallo y altura. La relación entre estas dos magnitudes favorece también a este tratamiento, a pesar del incremento marcado en el denominador de la fracción calculada.

Tabla 1. Resultado de las evaluaciones de altura y grosor realizadas en el vivero en suelo pardo mullido carbonatado + M.O. al momento del trasplante

Grupo	Altura promedio total de las plantas (cm)	Grosor promedio del tallo (mm)	Relación grosor/altura del tallo (mm/cm)
Control	13,4 a	3,90 a	0,26
Agua ozonizada	14,1 a	4,06 a	0,28
Agua reuso	18,5 b	5,48 b	0,30

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren según prueba de Mann Whitney a $p \leq 0,05$.



Figura 4. Aspecto de las posturas al momento del trasplante

Tabla 2. Mediciones de peso fresco y área foliar realizadas en el vivero establecido en suelo pardo mullido carbonatado + M.O. al momento del trasplante

Grupo	Peso total de la hoja fresca (g)	Área total foliar (cm ²)	Área foliar x planta (cm ²)	Incremento* (%)
Control	11,49 a	399,3 a	39,9 a	-
Agua ozonizada	19,21 b	464,2 b	46,4 b	16,3
Agua reuso	32,93 c	915,4 c	91,5 c	129,3

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren según prueba de Mann Whitney a $p \leq 0,05$.

Tabla 3. Mediciones de peso fresco de las posturas realizadas en el vivero establecido en suelo Pardo mullido carbonatado + M.O. al momento del trasplante

Grupo	Peso total (g)	Peso/planta (g)	Peso hojas/planta (g)	Peso total raíces (g)	Peso raíz/planta (g)	Peso seco/planta (g)
Control	18,03 a	1,80 a	0,72 a	2,9 a	0,29 a	0,72 a
Agua ozonizada	23,10 b	2,31 b	0,83 a	4,51 b	0,45 b	1,38 b
Agua reuso	41,72 c	4,17 b	1,65 b	8,31 c	0,83 c	2,50 c

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren según prueba de Mann Whitney a $p \leq 0,05$

En todos los parámetros evaluados se observó un efecto marcado de la aplicación del agua residual doméstica tratada. En los indicativos del área foliar existen diferencias estadísticas entre los tres grupos, apreciando incrementos del 16 % y 129 % cuando se regó con agua ozonizada y residual doméstica recuperada, respectivamente (Figura 5). Gorete *et al.* (2006), encontraron incrementos en el tamaño de hojas de lechugas de 38 cm como promedio, y en peso de 12,5 g, al regar con agua ozonizada en huertas organopónicas.

El incremento del área foliar constituye un criterio indiscutible de calidad de las posturas producidas por su relación directa con las capacidad fotosintética de la plantas. Taylor y Sexton (1972) citados por Espinosa (2009), dan a conocer a través de sus trabajos la marcada incidencia en la fotosíntesis neta de las musáceas de las dimensiones alcanzadas por las hojas.



Figura 5. Diferencias en área foliar entre tratamientos. A) agua de reuso. B) agua de río. C) agua ozonizada

En cuanto a los pesos determinados en raíces y en la totalidad de la planta, el efecto resulta estadísticamente diferente en los tres tratamientos evaluados, siendo por orden descendente la aplicación del agua residual doméstica más favorable y en segundo lugar el agua ozonizada. El mayor desarrollo radical es un factor muy importante a tener en cuenta para evaluar la calidad de las posturas. En INIBAP (2004) se señala que la raíz y las hojas constituyen los dos órganos más relacionados con el rendimiento posterior de los cultivos. Estos resultados coinciden con los alcanzados por Gorete *et al.* (2005), cuando observaron incrementos de un 75 % en el peso de las raíces de las muestras analizadas al aplicar agua tratada con ozono, planteando que éste favorece la nitrificación y la asimilación de los nutrientes al aportar oxígeno al suelo.

Mahalaskshmi *et al.* (2003) constataron que el nitrógeno es un elemento que interviene en el crecimiento, desarrollo y producción de materia seca por lo que estas diferencias en crecimiento pueden deberse al aporte de este macroelemento en el agua de riego.

El crecimiento más acelerado de las posturas regadas con agua ozonizada y su mayor calidad

indican una mayor velocidad en los procesos de desarrollo de las plántulas lo que coincide con lo obtenido en condiciones de casa de cultivo por Bocci (2006) quien expresó que cuando se ozoniza el agua de riego se logra acortar los períodos de cosecha y una mayor calidad de los productos obtenidos.

En esta investigación se demostró que la calidad de las posturas se incrementó significativamente con la aplicación de agua residual doméstica tratada.

La cantidad de miligramos de materia seca producida por litro de agua utilizado en los tratamientos fue de 314 mg.L⁻¹ para el grupo regado con agua ozonizada y de 847mg.L⁻¹ para el regado con agua residual doméstica, por lo que podemos afirmar que ambos tratamientos hacen más eficiente el uso del agua en los viveros de papaya, destacando el tercer grupo donde este parámetro se incrementa más de 2,5 veces con respecto al segundo. Este resultado adquiere significación teniendo en cuenta la necesidad actual de optimizar el empleo del agua para la humanidad. Nuestros resultados coinciden con Mahalaskshmi *et al.* (2003) quienes señalaron que la fertirrigación mejora la productividad ya que proporciona los nutrientes de manera más fácilmente asimilable por la planta.

CONCLUSIONES

1. En el vivero de sustrato pardo con carbonato + materia orgánica, el grupo de plantas con mejor crecimiento resultó ser el regado con aguas residuales domésticas tratadas (38 % incremento en la altura), seguido por el de agua ozonizada (7 % incremento en la altura).
2. El riego con aguas residuales domésticas tratadas permitió un acortamiento del tiempo de vivero en 9 días con respecto al grupo control.
3. El empleo de aguas residuales domésticas tratadas incrementó, aproximadamente en 2,5 veces, la eficiencia en el uso del agua.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bar-Yosef, B.; Fertilization under drip irrigation. In: Fluid Fertilizer Science and Technology. Palgrave, D.A. (Ed). Marcel Dekker, Inc., New York, pp 285-329, 2005.
2. Bocci, V.: Is it true that ozone is always toxic? The end of a dogma. Toxicol. Appl. Pharmacol. 216: 493-504, 2006.
3. Cerezo, M.; L. Lapeña y P. García-Agustín: Desarrollo vegetativo de cítricos (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) regados con agua residual urbana depurada. En: "Avances en la Investigación en la Zona no Saturada". I. Antigüedad (ed). Serv. Central Public. Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz, 2005.
4. Espinosa, E.: Efecto de alternativas órgano minerales sobre la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente lavado y el rendimiento del plátano 'FHIA-21' en sistema extradenso. Tesis maestría. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, 150 pp., 2009.
5. FAO (activa abril 2012): FAOSTAT. FAO Statistics Division. <http://faostat.fao.org/site/526/default.aspx>, 2011.
6. Gorete, P.M., D.A. Da Silva, C.O. De Andrade y H.N. De Souza: Fertirrigação com águas residuárias, no semiárido nordestino. ABES, Rio Grande, Brasil, 8 pp., 2005.
7. Hernández, A.; M.O. Ascanio; D.M. Morales y R.A. Cabrera Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INCA). 58 pp.; 2005.
8. INIBAP. MusaDoc. Bananos: alimento y riqueza. Hojas divulgativas. International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP), Montpellier, France. ISBN: 2-91081-69, 2004.
9. Lerch, G.: *La experimentación en las ciencias biológicas y agrícolas*, La Habana, Ed. Científico-Técnica, 302, 1977.
10. Mahalaskshmi, M; N. Kumar y K. Soorianathasundaram: Efecto de la fertigación e irrigación sobre el rendimiento de las plantaciones del cv, Robusta sembrado a alta densidad. INFOMUSA 12(1):42-44, 2003.
11. MINAG: Instructivo técnico del cultivo de fruta bomba, La Habana, Cuba, 13 pp., 2011.
12. Naito S. Ozone Inactivation of Food spoilage acid-producing bacteria. Proceeding of the 19th Ozone World Congress & Exhibition. IOA. August Tokyo. Japan, 2009.
13. Rice RG. IOA-PAG. User success report-commercial applications of ozone in Agri-Food. Ozone News. 35 (2):17-21, 2007.
14. Rodríguez, A.A. y P. Sánchez: *Especies de frutales cultivadas en Cuba en la agricultura urbana y suburbana*, 4ta ed., INIFAT, La Habana, Cuba, 150 pp., 2009.
15. Scott, C, N.I. Faruqui y L. Raschid. Wastewater use in irrigated agriculture: confronting the livelihood and environmental realities. IWMI, IDRC, CABI, Sri Lanka. 240 pp.; 2004.
16. Véliz, E; M. Bataller; L. A. Fernández, and I. Fernández: Chapter: Municipal wastewater treatment for reuse in agricultural irrigation. Handbook of Environmental and Waste Management. World Scientific Publishing Co. Singapore, 2010.

Recibido: 12/02/2012

Aceptado: 11/09/2012