

Riego con aguas residuales en la producción sostenible de granos para alimento animal

Irrigation with waste waters in the sustainable production of grains for animal food

Lorenzo Montero¹, Reynaldo Cun¹, Jeny Pérez¹, Marta P. Ricardo¹ y Julián Herrera²

RESUMEN. El trabajo se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa Camilo Cienfuegos de la granja urbana del municipio San Miguel del Padrón, en la provincia La Habana, con el objetivo de estudiar el efecto del riego con aguas residuales sobre el rendimiento de los cultivos sorgo (*Sorghum bicolor*. L. Moench var. Blanco C-21) y maíz (*Zea mays*. L var. Tusón), para incrementar la producción de granos, destinado a la alimentación animal en la agricultura urbana. Los tratamientos estudiados fueron T1: riego con aguas residuales y T2: sin riego (condiciones de secano). El sistema de riego utilizado fue aspersión semiestacionario (aspersor 5022 de 960 L·h⁻¹ espaciado a 12 m x 12 m). Se aplicó una dosis neta total de 1775,4 m³·ha⁻¹ de aguas residuales, distribuida en 31 riegos que permitieron incrementar significativamente el rendimiento en granos de los cultivos de sorgo y maíz con valores de 4,29 t·ha⁻¹ y 1,73 t·ha⁻¹ respectivamente con relación al tratamiento de secano. La variedad de sorgo estudiada alcanzó un mejor aprovechamiento del agua aplicada con rendimiento promedio de 1,59 kg·m⁻³ con respecto al maíz que obtuvo un valor de 1,09 kg·m⁻³.

Palabras clave: rendimiento, humedad, agua, secano, grano.

ABSTRACT. The work was carried out in the Basic Unit of Cooperative Production Camilo Cienfuegos of the urban farm of the municipality San Miguel del Padrón, in the province Havana, with the objective of studying the effect of the irrigation with waste waters on the yield of the cultivations sorghum (white variety C-21) and corn (Tusón variety), to increase the production of grains, dedicated to the animal feeding in the urban agriculture. The studied treatments was T1: irrigation with waste waters and upland conditions. The utilized system was of sprinkler irrigation (sprinkler 5022 of 960 L·h⁻¹ spaced 12 m x 12 m). A dose net total of 1775,4 m³·ha⁻¹ of waste waters was applied, distributed in 31 irrigation; it was possible to increase the yield significantly in grains of the cultivations sorghum and corn with values of 4,29 t·ha⁻¹ and 1,73 t·ha⁻¹ respectively. The sorghum variety reached got a better use of the applied water with yield average 1,59 kg·m⁻³ with regard to the corn that obtained a value of 1,09 kg·m⁻³.

Keywords: Yield, humidity, water, upland, grain.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha intensificado el desarrollo agropecuario en el contexto urbano, principalmente en la provincia La Habana, en el cual el riego juega un papel de gran importancia, sin embargo la disponibilidad de agua de buena calidad para riego es escasa, situación que exige de fuentes alternativas para estos fines, por lo cual se impone el reuso de aguas residuales urbanas. Esta es una práctica que se lleva a cabo en muchos países, con las consiguientes medidas sanitarias de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).

En este sentido Ortega y Orellana (2007), plantean que en el riego, es posible el empleo de prácticamente cualquier tipo de

agua, a pesar de las malas características que esta pueda tener, siempre que se tomen en cuenta la planificación de las normas de riego, el diseño y forma de siembra, por otra parte; Pérez y Hernández (2007), expresan algunas posibilidades que ofrece la utilización de aguas residuales en el riego de los cultivos como son: contribuyen al aumento del 20% de la disponibilidad de productos agrícolas frescos, ahorro del 10% de fertilizante, debido al valor nutritivo de esta agua, y disminuye al 60% los gastos por concepto de transporte y otros insumos.

A causa de las limitaciones con el agua para el riego, la producción de alimento animal en áreas urbanas y periurbanas es escasa, situación que repercute negativamente en la seguridad alimentaria de la población, razones que motivan a la necesidad

Recibido 27/06/10, aprobado 10/09/11, trabajo 54/11, investigación.

¹ M.Sc.; Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Carretera de Fontanar, km 2½ Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Teléf. (53) (7) 645-1731; 645-1353, E-✉: lorenzo@iagric.cu

² Dr. C., Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, La Habana, Cuba.

de realizar estudios para lograr una estrategia en el manejo del riego con aguas residuales como alternativa económicamente viable, para obtener producciones altas y estables de granos destinados a la alimentación de los animales. Todo esto influirá en un beneficio económico, social y medio ambiental que contribuirá a la seguridad alimentaria del país.

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo se propuso estudiar el efecto del riego con aguas residuales urbanas sobre el rendimiento y la productividad del agua en el sorgo y maíz cultivados en áreas de agricultura urbana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) “Camilo Cienfuegos” de la granja urbana del municipio San Miguel del Padrón, en la provincia Ciudad de La Habana. La siembra se efectuó de forma manual el 8 de enero del 2008, y se utilizó la distancia de plantación propuesta por Cross (2006), en el sorgo a chorrillo, posteriormente se procedió a ralea para dejar las plantas a una distancia deseada y 0,70 m entre hileras y en el maíz 0,50 m entre plantas y 0,70 m entre hileras (Cross 2006). Las cosechas se realizaron a los 5 días del mes de mayo en el sorgo (var. Blanco C-21) y a los 28 días del mes de junio en el maíz (var. Tusón) en el mismo año.

El suelo es un material transportado, semiconsolidado, bastante perturbado en sus posibles características originales, típico de áreas urbanas. Las propiedades hidrofísicas de este material fueron determinadas In Situ, para ello se utilizaron los métodos establecidos por Cid (1995) y se muestran en la Tabla 1.

El riego se realizó teniendo en cuenta la humedad existente en el suelo, manteniendo la misma en un límite productivo de 85% del límite superior de humedad en el suelo.

TABLA 1. Algunas propiedades hidrofísicas del suelo

Profundidad, cm	LSHS, cm ³ ·cm ⁻³	Lp, cm ³ ·cm ⁻³	Da, g·cm ⁻³
0-20	0,254	0,215	0,812

LSHS: Límite superior de Humedad del Suelo Lp; Límite productivo Da; Densidad aparente

Características del sistema de riego

El sistema de riego empleado fue por aspersión semiestacionario, con aspersores modelo 5022, con un gasto de 960 L·h⁻¹ a una presión de 25 m.c.a (metro de columna de agua), con un marco de puesta de 12 m entre laterales y 12 m entre aspersores y una pluviometría teórica de 6,67 mm·h⁻¹. La bomba posee un caudal de 2,13 L·s⁻¹ y 40 m.c.a.

Mediciones y evaluaciones realizadas

Las precipitaciones caídas durante el estudio se registraron en el período febrero-junio en un pluviómetro instalado en el Instituto de Investigaciones Ingeniería Agrícola, cercano al área de trabajo.

La humedad volumétrica del suelo se midió a una profundidad de 0 - 20 cm en cinco puntos en cada parcela a intervalos entre 3 y 5 días, con sonda electromagnética del tipo TDR,

calibrada por López *et al.*, (2006), para este tipo de suelo.

Los componentes del rendimiento se estimaron mediante los procedimientos descritos por Giralt (2005).

Los análisis de calidad del agua se realizaron a la fuente de abasto que consistió en el Río Hondo que tiene su origen en la presa San Francisco de Paula y en su curso atraviesa el área de la UBPC Camilo Cienfuegos, en principio se realizó un levantamiento para conocer la procedencia de los residuales y se determinó que en su totalidad son de origen domésticos. Para determinar la calidad de las aguas residuales se utilizaron las normas vigentes en los laboratorios de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos. Se realizaron dos muestreos, uno en el punto donde está ubicada la toma de agua del sistema de riego y otro después de la toma (aguas abajo), los indicadores de calidad del agua fueron: pH, Conductividad Eléctrica (CE en dS·m⁻¹), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5 en mg·L⁻¹), Demanda Química de Oxígeno (DQO en mg·L⁻¹) y Coliformes Totales y Fecales (CT, CF en Número Más Probable). Estos se evaluaron según las clasificaciones para aguas residuales recomendadas por Moreno *et al.* (1996).

Tratamientos, diseño experimental y análisis estadísticos utilizados

Los tratamientos objetos de estudio fueron: a) Riego con aguas residuales y b) Sin riego (condiciones de seco). Los experimentos se montaron en un diseño de bloque al azar con cuatro réplicas en parcelas de 48 m². Los datos fueron procesados por el paquete estadístico STATGRAPHIC. PLUS. Se realizaron análisis de varianza y en los casos donde existieron diferencias significativas las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de ocurrencia del error (* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de los análisis de calidad de las aguas residuales del Río Hondo para el riego de los cultivos sorgo y maíz

Los resultados de los análisis de la calidad del agua, desde el punto de vista bioquímico y microbiológico en los puntos analizados se muestran en la Tabla 2, se puede observar que los valores de pH (7,96 y 8,11) y CE (0,50 y 0,58), están dentro de los rangos permisibles para el uso del agua de riego de los cultivos de sorgo y maíz (Román *et al.*, 2001). En cuanto a los valores de DBO y DQO estos son muy bajos lo que significa que no hay contaminación por materia orgánica, en cambio los niveles de coliformes totales indican alta contaminación por microorganismos patógenos, lo cual limita el uso de estas aguas en el riego de cultivos de alto y mediano riesgo, no incluidos entre ellos ni el sorgo ni el maíz Moreno *et al.*, (1996).

La diferencia que existe entre los valores de los coliformes, se debe a la posición donde fueron tomadas las muestras de agua, el análisis de agua realizado en el punto después de la toma de agua, presenta una mayor concentración de residuales, ya que está ubicado aguas abajo del mayor desagüe de vertido urbano en el Río Hondo, mientras que la toma de agua del

sistema de riego, está situada aguas arriba del punto de vertido urbano y se observa que las deposiciones de residuales durante el trayecto, desde la presa hasta el punto de la toma del agua para el regadío son menores, por tanto los tenores de coliformes determinados según el análisis del agua en la toma para el riego, presentan valores permisibles para ser utilizadas para el riego de estos cultivos (Moreno *et al.*, 1996). Siempre que se tengan en cuentas las normas sanitarias para el uso de aguas residuales, recomendadas por la OMS (2006). Además de los análisis de calidad del agua se tuvieron en cuenta otras medidas para evitar al máximo las posibles contaminaciones de los granos cosechados. Esta consistió en el manejo del riego deficitario con estas aguas en el período crítico de los cultivos. En el sorgo se

suspendió el riego cuando el cultivo se encontraba en la fase de formación de la cosecha (establecimiento de la semilla hasta el inicio de la madurez fisiológica), dejando de regar la última fase (15 a 20 días ante de la recolección), en este período las panículas permanecen expuestas al sol y de presentar algún microorganismo patógeno, estos pueden desaparecer a causa de su corto ciclo biológico (Moreno *et al.*, 1996). Con relación al maíz, en el momento que se suspende el riego, coincidió con el final de la fase de llenado de los granos, es decir que el agua aplicada hasta este momento determina los rendimientos del maíz sin que se comprometa la producción final del cultivo (Monasterio *et al.*, 2008).

TABLA 2. Resultados de los análisis microbiológicos y bioquímicos del agua del Río Hondo

Puntos/indicadores	pH	CE, dS·m ⁻¹	DQO, mg·L ⁻¹	DBO5, mg·L ⁻¹	CT, NMP	CF, NMP
En la toma	8,11	0,58	13	37	1,5x10 ³	90
Después de la toma	7,96	0,50	28	< 1	2,3x10 ⁶	1,3x10 ⁵

Comportamiento de las precipitaciones y la humedad volumétrica en el suelo durante el período en estudio

En los meses de estudio las precipitaciones registradas fueron de 311,89 mm, distribuidas con una frecuencia de 19 ocasiones (Figura 1a) comportándose el período como húmedo. Estas lluvias permitieron mantener la humedad en el suelo, con valores por encima del 85% de la capacidad de campo (Figura 1b), la que favoreció el tratamiento de secano en los dos cultivos, fundamentalmente en las fases de espigamiento a inicio de la maduración del grano en el sorgo y durante el período de formación de los cabellos de la mazorca en el maíz.

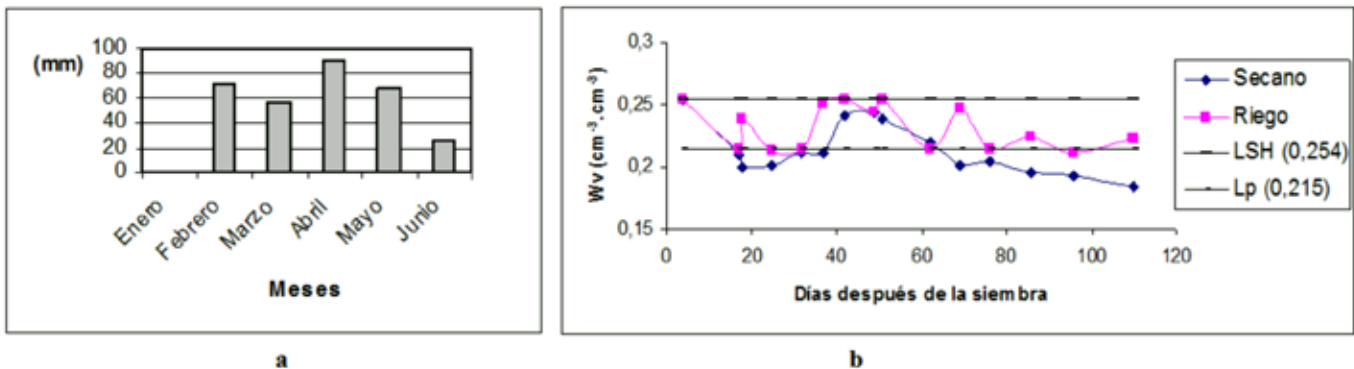


FIGURA 1. a) Comportamiento de las precipitaciones en los meses de estudio. b) Dinámica de la humedad en el suelo durante el período de estudio.

En el tratamiento de secano se aplicaron 4 riegos para garantizar la germinación de las semillas, con dosis neta total de 244,2 m³·ha⁻¹ (Tabla 3), mientras que el tratamiento con riego recibió un total de 31 riegos, con dosis neta parcial de 57 m³·ha⁻¹, aplicadas a intervalos de 5 días para un acumulado total de 1775,4 m³·ha⁻¹.

TABLA 3. Dosis de riego empleadas en los cultivos del sorgo y maíz

Tratamientos	Número de riegos	Intervalo de riego, día	Dosis neta parcial, m ³ ·ha ⁻¹	Dosis neta total, m ³ ·ha ⁻¹
Riego	31	5	57	1775,4
Secano	4	diario	61	244,2

Comportamiento del rendimiento de las variedades de sorgo Blanco C-21 y maíz Tusón regada con aguas residuales del Río Hondo.

El efecto del riego con aguas residuales sobre el proceso productivo de los cultivos del sorgo y el maíz se relacionan en la Tabla 4. Se aprecia que existen diferencias significativas

en los componentes del rendimiento, entre los tratamientos estudiados. Estos resultados confirman la importancia que tiene el riego sobre el rendimiento de estos cultivos. El sorgo en el tratamiento con riego alcanzó una producción de granos de 8,64 t·ha⁻¹, valor que supera al obtenido en el tratamiento en secano con 4,35 t·ha⁻¹, la diferencia que existe en cuanto a la masa de los granos entre los tratamientos, pudo estar

dada a que en el tratamiento donde se aplicó riego con aguas residuales existió mayor número de granos. Estos resultados expresan, que este cultivo a pesar de tener características que le permiten ser resistente a la sequía también responde satisfactoriamente a la aplicación del riego. No obstante el tratamiento de secano, se vio favorecido por las precipitaciones que ocurrieron durante las fases más críticas del cultivo (Doorenbos y Kassam 1980).

La producción de granos obtenidos en el sorgo en este trabajo superaron a los expresados con la misma variedad por Orama *et al.* (1998), en la provincia Habana en condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo con valores de 3,9-4,8 t·ha⁻¹. Resultados similares fueron obtenidos por Machado *et al.* (2001), en la Universidad Central de las Villas, quienes alcanzaron rendimientos que oscilan entre 5.9 - 9.9 t·ha⁻¹ con la aplicación de dos riegos, mientras que Gamboa *et al.* (2008), en diferentes localidades de la provincia de Tucumán en condiciones de secano logró obtener buenos resultados en híbridos con rendimientos entre 3,1-7,1 t·ha⁻¹.

En los componentes del rendimiento analizados en el cultivo del maíz (Tabla 4), se puede observar que tuvieron un comportamiento similar al presentado en el sorgo, el mayor rendimiento se alcanzó en el tratamiento que se le aplicó una mayor dosis de agua, con un valor de 5,40 t·ha⁻¹ con diferencia significativa con respecto al resultado alcanzado en el tratamiento de secano

con 3,67 t·ha⁻¹. Estos valores muestran que con el empleo del riego con las aguas residuales en las condiciones que se realizó el estudio, es posible incrementar la producción de granos de maíz en 1,73 t·ha⁻¹ en relación a la cosecha de secano, lo que evidencia el beneficio que nos aporta el riego con estas aguas residuales, en áreas productivas con déficit de agua de buena calidad para el riego de los cultivos. Además si consideramos que el maíz es uno de los granos más extensamente cultivado en Cuba y que factores como las limitaciones con el agua para riego deprimen su rendimiento (Zamora 2006), condiciones que a menudo se encuentran en las áreas de la agricultura urbana, justifican el reuso de las aguas residuales, como alternativas para el riego de este cultivo. Por lo que en este estudio se derivan como ventajas las medio ambientales conocidas, además que se obtienen producciones altas y estables, que contribuyen a la garantía de la alimentación animal. Es de señalar que los rendimientos logrados en este cultivo, superan el promedio a nivel mundial con 3,20 t·ha⁻¹ según Zamora (2006), sin embargo están por debajo de los expresados por Doorenbos y Kassam (1980), que plantearon que en condiciones de riego un buen rendimiento de maíz para grano se encuentra en el rango de 6–9 t·ha⁻¹. Sin embargo los rendimientos alcanzados por Gamboa *et al.* (2007), en la provincia de Tucumán en condiciones de secano los híbridos estudiados alcanzaron rendimientos promedios de 7,9 t·ha⁻¹.

TABLA 4. Resultados del rendimiento de los cultivos estudiados

Tratamientos	Sorgo C-21		Maíz Tusón.	
	Número de granos·m ²	Rend., t·ha ⁻¹	Número de granos·m ²	Rend., t·ha ⁻¹
Riego	42 350,60 a	8,64 a	3 824,24 a	5,40 a
Secano	23 599,90 b	4,35 b	2500,00 b	3,67 b
E.S.	1,296***	2,371***	3,832**	0,037**
C.V (%)	11,61	15,84	16,31	18,89

El comportamiento del rendimiento de los cultivos estudiados con relación a la cantidad de agua aplicada se resume en la tabla 5. En ella puede apreciarse que el sorgo obtuvo un rendimiento superior con un valor promedio de 1.59 kg·m⁻³ con respecto al maíz, que alcanzó como promedio 1,095 kg·m⁻³. Estos resultados muestran que con la misma dosis de agua aplicada a estos cultivos, se obtuvo 0,495 kilogramos de granos de sorgo más por cada metro cúbico de agua con respecto al maíz. Por tanto podemos decir que la variedad de sorgo blanco C-21 utilizó con mayor eficiencia el agua aplicada que la variedad de maíz Tusón. En consecuencia se debe tener presente, que al decidir que cultivo sembrar en condiciones de limitaciones de agua, el sorgo podría ser una mejor opción que el maíz, de igual modo, cuando se siembran ambos cultivos en la misma superficie y se pretende alcanzar la máxima producción por unidad de volumen de agua, el maíz tendrá prioridad con respecto al sorgo para el suministro del recurso agua (Doorenbos y Kassam 1980).

TABLA 5. Comportamiento del rendimiento de los cultivos en relación con el agua

Cultivo	Rend., kg·ha ⁻¹	Agua total, m ³ ·ha ⁻¹	Tratam.	Rend., kg·m ⁻³	Rend., kg·m ⁻³ prom.
Sorgo C-21	8 640	4 592	Riego	1,88	1,59
	4 350	3 350	Secano	1,30	
Maíz Tusón	5 400	4 592	Riego	1,10	1,095
	3 670	3 350	Secano	1,09	

CONCLUSIONES

- El uso de las aguas residuales en el riego para incrementar la producción de granos con fines a la alimentación animal es una fuente adicional y segura para satisfacer las demandas productivas en las unidades de producción urbanas, además de liberar considerables volúmenes de agua potable, así como aumentar el área de cultivos bajo riego.
- La aplicación de 1775,4 m³·ha⁻¹ de aguas residuales del Río Hondo en el riego ejerció un efecto en el rendimiento de los cultivos de sorgo y maíz, al incrementar la producción de granos con valores de 4,29 t·ha⁻¹ y 1,73 t·ha⁻¹ respectivamente

con relación al tratamiento de secano.

- En el sorgo se logró un mejor aprovechamiento del agua aplicada al obtener un incremento en el rendimiento en granos de 1,59 kg·m⁻³ con respecto al producido en el maíz que fue de 1,095 kg·m⁻³.
- La variedad de sorgo blanco C-21 sembrada en condiciones de secano con precipitaciones de 311,89 mm alcanzó un rendimiento satisfactorio con 4,35 t·ha⁻¹ de granos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CID, G.: *Introducción de métodos y metodologías para la caracterización de las propiedades hidrofísicas así como, las variaciones espaciales temporales*, 30pp., Informe Final de Proyecto de Investigación Contrato 004-17 IIRD-MTCMA, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, La Habana, Cuba, 1995.
- CROSS, W.: *Maíz y sorgo: agronomía del cultivo*, 69pp., En: Informe anual, Ed. Ploper, D. Ed. EEAOC, Tucumán, Argentina, 2006.
- DOORENBOS, J. y H. KASSAM.: *Cultivo y agua*, 141pp., En: Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos, Ed. Estudios Riego y Drenaje, FAO 33, Roma, Italia, 1980.
- GAMBOA, D; D. MEDINA y C. ESPECHE: “Experiencia con sorgo granífero en la provincia de Tucumán”, *Revista Avance Agroindustrial*, 29(1): 28-32, 2008.
- GAMBOA, D; D. MEDINA; C. ESPECHE; R. DEVANI y M. MORANDINI: “Análisis del comportamiento de híbridos de maíz durante cuatro campañas agrícolas en la provincia de Tucumán”, *Revista Avance Agroindustrial* 28(2): 33-36, 2007.
- GIRALT, E.: *Determinación de los parámetros fundamentales del régimen de riego del sorgo, sembrado en primavera en la región occidental del País en suelos Ferralítico rojo compactado*, Informe final de Proyecto, Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, MINAG. La Habana, Cuba, 2005.
- LÓPEZ, T; F. GONZÁLEZ y G. CID: Particularidades de la utilización de sondas electromagnéticas para la determinación de la humedad de los suelos y la cuantificación de balances hídricos. En: **Memorias de AGRING '2006**, La Habana, Cuba, 2006.
- MACHADO, A. M.A; R. NOVELLA; O. LEYVA y I. EXPOSITO: “Comportamiento en ocho variedades de sorgo ((*Sorghum bicolor* L. Moench) antes condiciones de escasos riegos”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 10(4):71-74. 2001.
- MONASTERIO, P; P. GARCÍA; G. ALEJO; A. PÉREZ; J. TABLANTE; W. MATUREL y L. RODRÍGUEZ: “Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: Caso Híbridos Blancos”, *Revista Agronomía Tropical*, 58(1): 69-71, 2008.
- MORENO, C; J. PÉREZ; M. DOLORES y R. MORA: *Análisis y calidad del agua de riego*, 220pp., Servicio de Publicaciones, Valencia, España, 1996.
- ORAMAS, G.; M. TORRES; M. DÍAZ; M. SÁNCHEZ y E. RODRÍGUEZ: *Nueva colección de Sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) para diferentes fines*, 160pp., En: Producción de cultivos en condiciones tropicales, Ed. Ramírez N. E.D., Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova, MINAG, La Habana, Cuba, 1998.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD: *Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en la agricultura y acuicultura*, 23pp., World Health Organization, Ed. OMS, Ginebra, Suiza, 2006.
- ORTEGA, F y R. ORELLANA: “El riego con agua de mala calidad en la agricultura urbana, Aspectos a considerar II. Aguas residuales urbanas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(3): 25-27, 2007.
- PÉREZ, Y. y G. HERNÁNDEZ: “Valoración de la calidad del agua del Arroyo Guachinango, con fines de riego”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(3): 6-8, 2007.
- ROMÁN, C. S; M. AGUILERA y H. ESTAY: *Concentraciones máximas de elementos toleradas en el agua de riego*, 145pp., En: Manual Básico de Fertirriego, Libro Azul, 2^{da} Ed. Aguilera M. Ed. SOQUIMICH COMERCIAL, Chile, 2001.
- ZAMORA, S.: *Requerimientos y manejo del agua para el cultivo del maíz (Zea mays L) bajo condiciones de aridez, en el Valle de la Paz B.C.S; México, Tesis (en opción al grado de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)*, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2006.