

Crterios de curvas de acumulaci3n de biomasa para la dosificaci3n de la fertirrigaci3n ecol3gica del tomate en organop3nico

Biomass accumulation curves as criteria for doses management in ecological fertirrigation of tomato crop in organic production

Carmen Duarte D3az¹, Felicita Gonz3lez², Osvaldo Campos³ y Magdalena Pedroso³

RESUMEN. En condiciones de organop3nico, fueron determinadas las CURVAS de materia seca sobre biomasa a3rea total, por per3odos de crecimiento definidos en el cultivo de tomate Vita, tom3ndose como criterio para determinar la dosis m3s oportuna de aplicaci3n de Fitom3s E. en la fertirrigaci3n. Se utilizaron dos tratamientos del biofertilizante y un tratamiento testigo, los cuales mostraron diferencia significativa desde los primeros per3odos de crecimiento. La curva de materia seca, de mejor resultado en la dosis de fertilizante fue comparada con un modelo te3rico generado para estimar la acumulaci3n diaria de materia seca, teniendo en cuenta las proporciones referidas al per3odo de crecimiento, adem3s los datos observados y los estimados fueron relacionados mediante una regresi3n lineal cuya ecuaci3n result3 altamente significativa ($R^2 = 0.99$, $P < 0.01$), por lo que puede sealarse que la funci3n log3stica que simula la acumulaci3n de materia seca es v3lida. Fueron evaluados adem3s, los rendimientos frescos de los frutos y algunos aspectos de la calidad interna, coincidiendo con igual tendencia a la mantenida en la materia seca foliar.

Palabras clave: fertilizaci3n riego, FITOMAS E, producci3n org3nica.

ABSTRACT. In organic production were determined dry matter curves over total aerial biomass for defined periods of tomato crop growth for variety Vita, and these curves were taking as criteria for determine the optimal dose of biofertirrigation with Fitomas E. It was used two treatments of biofertilize and a witness treatment without fertilize, which show differences from the first crop growth periods. The dry matter curve of better results in fertilization doses was compared with a theoretical model generated for estimation of diary accumulation of dry matter, taking into account the proportions related to crop growth period. The observed data and estimated data were related through a lineal regression which equation has a highly signification ($R^2=0,99$, $P<0,01$) because of that is defined that logistic function that simulate dry matter accumulation is valid. It was evaluated also the crop yield of fruits and some aspects of internal quality and it was obtained the similar tendency of leave dry matter.

Keywords: irrigation fertilization, FITOMAS E, organic production.

1 Dr.C. Investigador Titular, Instituto de Investigaciones de Ingenier3a Agr3cola, IAGRIC. Apdo Postal 6090. C . Habana. Cuba. E-mail: carmen@iagric.cu

2 Master en Ciencias. Investigador Auxiliar. IAGRIC. Apdo Postal 6090. C . Habana. Cuba. e-mail: felicita@iagric.cu

3 T3cnico Agr3cola. IAGRIC. Apdo Postal 6090. C . Habana. Cuba.

Recibido 11/09/09, aprobado 15/05/11, trabajo 01/11, investigaci3n.

INTRODUCCI3N

El tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill, es la hortaliza m3s difundida en el mundo y de mayor valor econ3mico y representa el 30 % de la producci3n hort3cola mundial (Mej3a *et al.*, 2007).

El alto potencial de producci3n del tomate hace que requiera grandes cantidades de nutrientes para compensar la alta producci3n de biomasa. La nutrici3n se explica en funci3n de la participaci3n de los nutrientes en el metabolismo de la planta, lo cual representa un importe importante sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, precocidad, rendimiento y calidad de los frutos, adem3s de ejercer influencia secundaria en la resistencia y tolerancia a plagas y enfermedades, debido al efecto que tiene sobre el patr3n de crecimiento, la morfolog3a y en particular la composici3n qu3mica de la planta, reflejadas en exceso o en d3ficit o las interacciones antagonicas que son perjudiciales seg3n Medina *et al.* (2001) y Escobar y Cooman (2001).

En tal sentido, ante la creciente escasez de recurso h3dricos destinados para la agricultura y el alto costo de los insumos agr3colas, resulta indispensable buscar alternativas tecnol3gicas que reduzcan los costos de producci3n, con los que se obtengan altos rendimientos con calidad sin detrimento de los recursos naturales y en tal sentido Bugarin *et al.* (2002) apunta adem3s que el fertirriego ha resultado la t3cnica promisorias en agrosistemas hort3colas intensivos para abastecer adecuadamente con agua y nutrimentos, mediante sistemas de riego localizados.

A pesar de las ventajas del fertirriego a3n quedan problemas que solventar en cuanto a la dosis y momento de aplicar que permitan aumentar la eficiencia del aprovechamiento de los fertilizantes.

Por otra parte, existen varios criterios para realizar la dosificaci3n de fertilizantes en las hortalizas, dado que son los principales cultivos en los que se justifica el

empleo del fertirriego, pues son altamente demandantes de nutrimentos, según Sandoval (2004).

Las hortalizas requieren de una fertilización de fondo que incluye aproximadamente el 20% del total que requiere y para el resto del 80% se necesita conocer el criterio a utilizar para realizar la dosificación adecuada.

Dentro de los criterios de dosificaciones existentes en la cuantificación de fertilizantes para el nutrimento de las hortalizas y entre ellas el tomate, se encuentran los propuestos por Sandoval (2004), los cuales permiten el abasto oportuno y evita las pérdidas de los nutrimentos, permite además, seleccionar la fuente más recomendable para las fases vegetativas y o reproductivas y por último decide la eficacia de éstos métodos para programar la aplicación de fertilizante.

Los criterios son:

- Curvas de velocidad de acumulación de biomasa
- Curvas de extracción nutrimental
- Grados días de desarrollo
- Intervalos de suficiencia en el cultivo como en la solución del suelo.

Del Amor y Gómez- (2007) plantearon que la caracterización y modelización de los cultivos, posibilita una herramienta de predicción utilizable para la determinación de la absorción de agua y nutrientes, válidos tanto desde el punto de vista medio ambiental como económico, sugiriendo para ello, la utilización de parámetros comunes de crecimiento para ajustar el crecimiento del cultivo en biomasa, utilizando funciones de crecimiento de acuerdo a estudios de Macías, (1986), mediante el cual se establecen relaciones entre la absorción de los elementos nutrientes y la producción de biomasa, fundamentalmente con el nitrógeno, el fósforo y el potasio en dependencia del período de crecimiento.

Según Galvis *et al.* (1994), referidos por Bugarín *et al.* (2002) se sugiere calcular la demanda nutrimental a través del rendimiento total en materia seca y los requerimientos internos nutrimentales, de manera que la materia seca entre varias partes de la planta se describe como un equilibrio del funcional o como funciones de distribución dependientes del tiempo o del estado de desarrollo lo que ha facilitado la producción de materia seca a lo largo del ciclo de crecimiento.

Para la estimación de la acumulación de materia seca para la cuantificación de nutrimentos en el tomate Bugarín *et al.* (2002), propusieron un modelo basado en la biomasa aérea total, teniendo en cuenta otros modelos teóricos tales como los propuestos por Galvis (1998),

para el trigo, cuya aplicación puede ser válida para diferentes condiciones de producción y hábitos de crecimiento, empleando como variable de entrada el rendimiento esperado y la duración del período de crecimiento del cultivo.

Actualmente, se ha establecido una dinámica de propuestas y alternativas tendientes a reducir el uso de los fertilizantes químicos, alegando el efecto contaminante que producen (Guzmán, 2004). Lo que ha acrecentado la búsqueda de productos ecológicos que permitan el mismo efecto productivo y que conserven el medio ambiente.

En Cuba, se utiliza el Fitomás E, como un producto bionutriente con propiedades bioestimulantes o biorregulador natural, antiestrés según (ICIDCA, 2006), el cual incrementa los rendimientos y la calidad de las cosechas hortícolas; siendo un compuesto natural elaborado a partir de los derivados de la caña de azúcar, con materiales proteicos, aminoácidos, carbohidratos, péptidos de bajo peso molecular y minerales asociados a las cadenas orgánicas.

De acuerdo a lo referido con anterioridad, y a la necesidad de conocer los requerimientos nutrimentales parciales del cultivo de tomate en éste estudio se propone como objetivos:

- Delimitar la dosificación del fertilizante ecológico en el cultivo de tomate, por las curvas de velocidad de acumulación de biomasa.
- Precisar la cuantificación del fertilizante a través de la validación de un modelo teórico de estimación de la biomasa aérea total.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Organopónico Experimental del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje, en Ciudad de La Habana, en canteros de asbesto cemento con un ancho de 0.76 m, largo de 8 m y un ancho de pasillo de 0.90 m, en los cuales se sembró el cultivo del tomate variedad Vita a una distancia de 25 cm a 2 hileras.

Se evaluaron algunos parámetros físico- químicos del agua de riego, tales como la conductividad eléctrica con valor promedio de 0,52 m S, con 333 ppm de sales solubles totales y pH 7,6

El sustrato utilizado fue de biotierra, enriquecida con estiércol vacuno, cuyas propiedades, se muestran a continuación (Tabla 1).

TABLA 1. Propiedades hidrofísicas y físico- químicas de la biotierra

Parámetros de la función K no saturada (ajustada al modelo de Libardi et al, 1980)			Cc (flujo 1 mm/ día) (cm ³ /cm ³)	Densidad aparente (g/cm ³)	MO %
K _o (mm d ⁻¹)	b	θ _o (cm ³ cm ⁻³)			
4,8	28,409	0,478	0,423	0,977	5,2

En la Tabla 1, se observan los datos de la función de conductividad hidráulica no saturada y de capacidad de campo, que fueron actualizados por López, *et al* (2007),

con la utilización del método de balance de flujo; a partir de la dinámica de humedad realizada con el equipo sensor de humedad volumétrica TDR.

El TDR, con sus dos pares de varillas de sensores utilizables a 10 y 20 cm de profundidad en éste medio, abarcó el perfil de suelo presente en las canaletas.

El cálculo de las necesidades hídricas del cultivo, fue realizado estableciendo norma fija, a partir de los datos anteriores del sustrato. Se utilizaron los coeficientes del cultivo determinados para éstas condiciones por León *et al.* (2003), Tabla 2 y la serie histórica de

evapotranspiración de referencia, a partir de los datos climáticos de la Estación de Santiago de las Vegas. No obstante se hicieron mediciones de humedad volumétrica, con vistas a validar los coeficientes y corregirlos en las fases correspondientes. Para ello se utilizó el TDR, el cual permitió determinar la dinámica de humedad y la lámina de agua almacenada para cada caso.

TABLA 2. Coeficientes del cultivo de tomate en Organopónico (León *et al.*, 2003)

Fase del cultivo	Coefficiente de cultivo (kc)
Vegetativa	0.54
Floración- Fructificación	0.92
Fructificación- Maduración	1.06
Maduración- Cosecha	0.78
Global	0.83

Se estableció, además, frecuencia de riego fija en días alternos.

El sistema de riego empleado fue localizado por microaspersión con un gasto de 38,7 L/h, por emisor insertado en laterales de PEBD de 16 mm de diámetro separados a 1m de espaciamiento.

El sistema de riego empleado trabaja con coeficiente de uniformidad de 92.49 %, determinado para éstas condiciones por el método de Merriam y Keller, (1974), según Pizarro (1987) para la presión de 1.5 atm, con lo que se garantiza el riego uniforme en todos los canteros del experimento .

En los tratamientos fueron utilizados la dosis del fertilizante Fitomás E que en investigaciones anteriores resultó más efectivas para el tomate Vita, según Duarte *et al* (2007), detectado a través del rendimiento del cultivo y la dosis recomendada por el ICIDCA a través de investigaciones de Montano, (1998). Los mismos consistieron en aplicar 700 mL/ha, 1 L/ha y sin Fitomás. Fueron aplicados de forma fraccionada en fase vegetativa y al inicio de floración.

Se realizaron muestreos de plantas para la determinación de materia seca por períodos de crecimientos, diferenciando las etapas, según consideraciones de Escobar, (2001)

- Desde el trasplante hasta el inicio de floración.
- Hasta la formación de primeros frutos.
- Hasta el final de la cosecha.

En éste caso, el período final se consideró anterior al momento de la cosecha. Posterior al muestreo se procedió a la determinación de materia seca aérea de la planta completa por órganos y se mantuvieron en estufa, hasta peso constante.

Fueron confeccionadas las curvas de materia seca sobre biomasa, por períodos de crecimiento y por tratamientos aplicados.

Se realizaron mediciones de humedad del suelo con el empleo del TDR, para comparar la dinámica de humedad existente con el manejo de riego realizado a través de la

utilización de los coeficientes del cultivo en condiciones de organopónico.

Para la cuantificación del fertilizante para el fertirriego se utilizó el criterio de las curvas de velocidad de acumulación de biomasa y se procedió a validar el método a partir del modelo de Bugarín (2002), propuesto para tomate en condiciones de invernadero e hidroponía.

Se tuvo en cuenta la composición del fertilizante utilizado. El producto de Fitomás tiene una composición de 150 g/L de extracto orgánico y se aprecia en la Tabla 3.

La aplicación del producto se realizó mediante la fertirrigación con la bomba inyectora biofert, acoplada al sistema de riego.

Se cuantificó la acumulación de materia seca en la biomasa aérea de las plantas de tomate colectadas a los 11, 33 y 61 ddt referidas a la distribución de las fases del tomate.

Fue considerada como variable independiente el tiempo transcurrido entre la fecha del trasplante y la cosecha (Pc) y la variable dependiente fue la materia seca acumulada en la biomasa aérea total durante el período de crecimiento (Pc). Las variables se codificaron asignando a cada una el valor de 0.0 y 1.0 al valor máximo en la cosecha. Los datos intermedios se codificaron proporcionalmente al máximo observado. Se ajustó una función a los datos experimentales codificados para obtener los parámetros del modelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se aprecia la tendencia de acumulación de materia seca en la biomasa aérea, según los períodos de crecimiento, en las fases especificadas y correspondientes a los días 11, 33 y 61 días después del trasplante, en que se hicieron los muestreos de las plantas, con vistas a definir la demanda de fertilizante parcialmente de acuerdo a lo apetecible nutrimentalmente por el cultivo en cada estadio.

TABLA 3. Composición del fertilizante Fitomás E (Tomado del Boletín Fitomás E. del Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar e Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 2006)

Elementos	Concentración
Nitrógeno Total (N ureico y amónico)	55 g/l
Fósforo (P ₂ O ₅)	31 g/l
Potasio (K ₂ O)	60 g/l
Aminoácidos	50% Alifáticos 30 % Aromáticos y Heterocíclicos (ácido aspartico y glutámico, alanita, arginina, fenilalanina, glicocola, hidroxiprolina, isoleucina, leusina, lisina, metionina, prolina, serina, treonina, histidina, histidina, tirosina y triptófano)
Carbohidratos	7 %

El contenido de materia seca reflejado tiene igual tendencia, aunque diferente valor para las diferentes dosis de fertilizante aportado por fertirriego según los tratamientos empleados, y que ha sido tomado como criterio de dosificación, dado que los análisis de los vegetales permiten integrar los efectos producido por el suelo y por el clima (García, 2002), siendo particularmente importante para el diagnóstico de nutriente cuya dinámica en el suelo es compleja, como lo es el caso de los micronutrientes; para lo que se recomienda el balance de nitrógeno a través de modelos de simulación teniendo en cuenta el estado de desarrollo del cultivo.

En sentido general se aprecia, que desde el inicio del período de crecimiento la dosis empleada de 1L/ha de

Fitomás, se comportó significativamente superior en la materia seca de la biomasa total, lo que corrobora los estudios realizados por Duarte *et al.* (2007); los cuales probaron diferentes dosis de aplicación del biofertilizante y se destacó éste tratamiento por su elevado rendimiento fresco por encima de los otros cantidades aportadas. Las barras verticales indican la desviación estándar de las repeticiones por muestreos de plantas realizados en cada período. El análisis estadístico realizado reflejó diferencias significativas entre los tratamientos y cada período y diferencia altamente significativa en el valor de biomasa total. Se observó como mejor dosis aplicada la 1l/ ha o tratamiento 2.

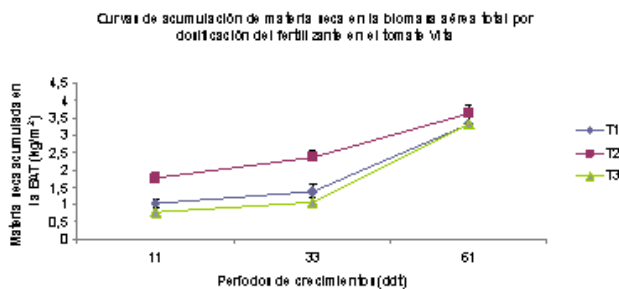


FIGURA 1. Curvas del comportamiento de la materia seca en la biomasa total para diferentes tratamientos de fertilizante por fertirriego.

De lo anterior se deriva la posibilidad de realizar la cuantificación de la demanda nutrimental hasta diaria, en el cultivo de tomate, con vistas a realizar los ajustes necesarios en el manejo de la fertirrigación; ya que con anterioridad se ha estudiado por numerosos autores, la demanda total a través del rendimiento en materia seca total y el requerimiento interno de los nutrimentos de interés, por lo que Rodríguez *et al.* (2001), a pesar de haber validado éste procedimiento, considera que el mismo no permite conocer la demanda parcial durante un determinado período de crecimiento de un cultivo. Según Heuvelink, (1995); mediante el empleo de modelos de simulación, es factible determinar la producción de

materia seca en diferentes cultivos aunque en ocasiones requieren de datos de entrada difíciles de conseguir o que no se cuenta con ellos, tales como TOMSIM (Spitters *et al.*, 1989) y TOMGRO (Jones *et al.*, 1991), en los que se simuló la producción de materia seca total.

Para comprobar, la tendencia en la cuantificación de materia seca en diferentes períodos del ciclo del cultivo de tomate variedad Vita, se ajustaron los datos experimentales al modelo teórico propuesto por Bugarín, *et al.* (2002); que incluye datos de diferentes variedades, sistemas de riego y condiciones de producción en disímiles experimentos y

que permiten estimar la acumulación diaria de biomasa aérea total.

Se aplicó el procedimiento sugerido por los autores, en el que se convirtieron en términos proporcionales al valor máximo en cada caso, de tal forma que se tanto la materia seca como el período de crecimiento alcanzaron un valor de 0 en el momento del trasplante y de 1 en la cosecha y lo valores intermedio se asignaron proporcionalmente al máximo determinado experimentalmente.

En general, la tendencia de acumulación diaria fue ajustada al modelo teórico siguiente:

$$MS_{BATp} = 1.1/[1+\exp(3.5-5.7Pcp)]$$

Y, se resume en la Figura 2, lo que permite inferir que al acotar el período de crecimiento del cultivo de tomate en términos proporcionales en el modelo teórico, es posible

estimar la acumulación de materia seca en la biomasa aérea total, para cualquier período del cultivo y a la vez calcular la tasa de crecimiento, como de absorción de cualquier nutriente en específico determinado. En el presente resultado el período de crecimiento del tomate estimado estará entre 0,18, 0,54 y 1, representando los días proporcionales en que se dispondrá de concentración de materia seca significativa del período vegetativo definido.

A cada valor propuesto por el modelo para el período de crecimiento, le corresponderá el valor asignado proporcionado por la codificación en la materia seca acumulada en base a la biomasa aérea total y estará en el rango desde 0.2 hasta 1,0.

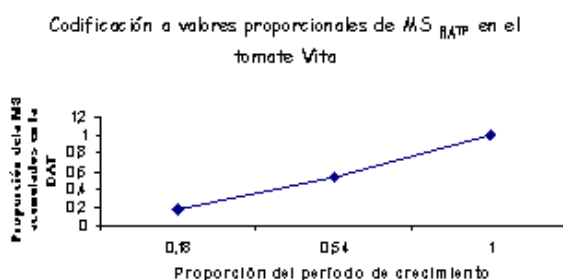


FIGURA 2. Codificación a valores proporcionales de materia seca y período de crecimiento.

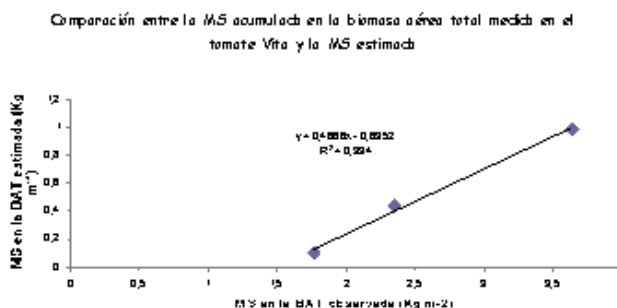


FIGURA 3. Comparación entre la materia seca acumulada en la biomasa aérea total experimental y la estimada por el modelo teórico.

En la Figura 3, se aprecia la comparación entre la materia seca acumulada experimentalmente en la biomasa aérea total medidas durante las diferentes etapas de crecimientos y desarrollo en el cultivo de tomate y los correspondientes valores estimados a partir del modelo teórico utilizado.

La relación se realizó mediante una regresión lineal $y = 0.466x - 0.695$; $R^2 = 0.994$ altamente significativa, indicando que tiene valor la función que simula la acumulación de materia seca.

Por otra parte fueron evaluados los rendimientos frescos del cultivo y parámetros calidad del mismo reflejados en la Tabla 4. Los datos de la tabla 4 reflejan el rendimiento fresco del tomate Vita y algunos componentes de calidad, asumidos como materia seca del fruto y contenido de azúcares; lo cual indica la preponderancia del tratamiento

donde se aplicó 1 L/ha del biofertilizante, corroborando lo obtenido parcialmente en la planta a nivel del estudio de materia seca de la biomasa aérea total. En todos los aspectos evaluados el tratamiento tuvo un mayor valor de rendimiento y de calidad. Es posible añadir que hubo una mayor eficiencia en el uso del agua y del fertilizante por cuanto se aplicó igual dosis de agua y el fertilizante ecológico permitió con la dosis probada alcanzar tenores aceptables para el consumo humano.

CONCLUSIONES

Las curvas de velocidad de acumulación de materia seca sobre biomasa, permitieron delimitar la dosis más efectiva aplicada del biofertilizante en el cultivo de tomate, destacándose la dosis de 1 L/ha de producto, por cuanto permitió obtener los mayores rendimientos y calidad

interna. Se realizó una cuantificación más precisa del biofertilizante a través del fertirriego, determinado en la

comparación del modelo teórico de validación de materia seca empleado.

Tabla 4. Rendimiento fresco y componente calidad del tomate Vita

Tratamientos	Rendimiento kg/m ²	ES±	MS %	ES±	Brix %	ES±
Testigo	8,3 c	0,75	4,3c	0,22	4,0 c	0,53
0,7 L/ha	8,9 b	1,5	4,9 b	0,25	4,2 b	0,50
1 L/ha	9,7 a	1,3	5,3 a	0,23	5 a	0,46

Nota: Letras iguales no difieren al 95 % de confianza

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUGARÍN M. R.; A. GALVIS; P. SÁNCHEZ y D. GARCÍA: "Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total del tomate", *TERRA Latinoamericana*. 20 (004), 401- 409 pp. México, 2002.
- DEL AMOR, F.M. y M. D. GÓMEZ LÓPEZ: En: **XI Congreso SECH**, Albacete. Actas de Horticultura N° 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. ISBN 978-84-690-5619-6, 2007.
- ESCOBAR, H.;A. COOMAN. *Manejo del cultivo Producción de tomate bajo invernadero*, 29- 42 pp., Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo , 2001.
- ESCOBAR, H. *Generalidades del cultivo. Producción de tomate bajo invernadero*, 21- 27 pp., Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo, 2001.
- GALVIS, S. A.:*Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales*, 135 pp. **Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)**, Colegio Postgraduados, México, 1998.
- GARCÍA, F. *Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. Aproximaciones zonales*, International Plant Nutrition Institute, INPOFOS/PPI/PPIC, Cono Sur, Argentina, 2002.
- LÓPEZ T.; F. GONZÁLEZ, C. DUARTE y G. CID: "Actualización de propiedades físicas e hidrodinámicas para un sustrato en condiciones de organopónico", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(3): 1-5, 2008.
- MACÍA O.: *Balace hídrico y mineral del pimiento de Gernika en cultivo hidropónico*, Premio de Félix Cocoroa de Investigación Vasca de Alimentación, España, 1986.
- MEDINA, A; A. COOMAN; A. ESCOBAR: *Producción de tomate bajo invernadero*, 136pp., Fundación Universidad de Bogotá, Jorge Tadeo, Colombia, 2001.
- MEJÍAS DE TABUR SARA; E. ESTRADA; MARGARITA FRANCO: "Respuesta del tomate chonto cultivar Unapal Maravilla, a diferentes concentraciones de nutrientes", *Acta Agronómica* 56(2): 75-83, 2007.
- MERRIAN, J. L.Y KELLER, J.: *Far irrigation system evaluation: A guide for management*, Utah State University, Logan Utah, USA, Third Edition, 1978.
- MONTANO, R., R. GONZÁLEZ, A. GÓMEZ, R. LÓPEZ: *Diferentes dosis de fitomás E. en el cultivo de tomate variedad Amalia en la provincia de Guantánamo. Cuba*, Disponible en: <http://w.w.w.nomu.com> [Consulta mayo 24, 2005].
- RODRÍGUEZ, S.;D. PINOCHET Y F. MATUS: *Fertilización de cultivos*, Ediciones Lom, Chile, 2001.
- SANDOVAL, M: Criterios para la dosificación de fertilizantes en hortalizas, En:**Congreso Internacional de Agroplasticultura CYTED, Fertirriego: Tecnologías y Programación en Agroplasticultura**, Trabajo Presentado al Taller de Riego y fertirrigación, pp. 227-228, ISBN: 84-96023-27-3. México, 2004.

