

RIEGO Y DRENAJE

ARTÍCULO ORIGINAL

DOI: <http://dx.doi.org/>

Indicadores agronómicos del riego por goteo sub superficial para el banano (*musa sp.*) en suelos ferralíticos rojos

Agronomic indicators of subsurface drip irrigation for the banana (musa sp.) in red ferric soils

Dr.C. Manuel Reinaldo Rodríguez-García, Dr.C. Roberto Martínez-Varona

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. La técnica de riego por goteo sub superficial parece ser una solución tecnológica a las deficiencias que durante los últimos años han mostrado los sistemas de riego localizado tradicionalmente empleados en las plantaciones de banano en Cuba. Este trabajo tuvo como objetivo elaborar los preceptos técnicos generales para el diseño agronómico de los sistemas de riego por goteo sub superficial en el banano plantado en suelos Ferralíticos Rojos, y para ello se investigaron tres índices importantes, como son: las necesidades de agua del cultivo, el caudal nominal del gotero, su número por planta, y el número de laterales por hilera de planta, así como la profundidad de colocación de los laterales de goteo. Como resultados se obtuvieron los picos de necesidades netas del cultivo por provincia y el emplazamiento de un lateral de goteo por hilera de plantas con emisores de 4 L·h⁻¹ espaciados a 0,60 m y soterrado a 30 cm en el suelo, que permite alcanzar un porcentaje de superficie de suelo a humedecer mayor que el mínimo exigido para el banano (40 %), con buenos rendimientos y alta rentabilidad económica.

Palabras clave: goteo subterráneo, indicadores de diseño, banano.

ABSTRACT. The technique of sub superficial leak irrigation seems to be a technological solution to the deficiencies that have shown the systems of located irrigation during the last years traditionally used in the banana plantations in Cuba. This work had as objective to elaborate the technical general precepts for the agronomic design of the irrigation systems of subsurface leak in banana planted in Red Ferric soils, being investigated three important indexes: the necessities of water for the culture, the nominal flow of the dropper, their number for plant, and the number of laterals for plant array, as well as the depth of placement of the leak laterals. As results were obtained the peaks of net necessities of the culture by province and the location of a leak lateral for array of plants with sprayers of 4 L·h⁻¹ spaced to 0.60 m buried to 30 cm in the soil that allows to obtain in a percentage of soil surface to be humidified bigger than the minimum demanded for the banana (40 %), with good yields and high economic profitability.

Keywords: underground dripping, design indicators, banana tree.

INTRODUCCIÓN

El Riego Localizado de Alta Frecuencia (RLAF) ha demostrado por múltiples investigaciones realizadas, tanto en Cuba, (Martínez y León, 1988; Martínez y Puig, 1999a), como internacionalmente^{1,2}, (Cevik, 1998), ser un método

de riego adecuado para el cultivo del banano por su particularidad de lograr mantener en el suelo altos potenciales hídricos, en forma localizada, algo que beneficia a esta especie vegetal.

¹ COELHO, E.F., S.L. OLIVEIRA Y E.L. COSTA: "Irrigação da bananeira". In: Simpósio Norte Mineiro sobre a Cultura da Banana, 1. 2001, Nova Porteira. Anais. Montes Claros: Unimontes: 91-101, 2001.

² FERREIRA, E. Y A.L. BORGES: "Otimização do volume molhado de solo sob microaspersão e extração de água pelo sistema radicular da bananeira". Relatório ejecutivo de acompanhamento. PPA 3666 – Inovação Tecnológica para a Fruticultura Irrigada no Semi-Árido Nordeste, 2003.

Sin embargo, de acuerdo con trabajos realizados por Martínez y Puig (1999b), en áreas de goteo, micro aspersión y mini aspersión, el emplazamiento superficial de la red de laterales y emisores utilizado tradicionalmente en Cuba, induce un desarrollo superficial del sistema radical del banano, que produce grandes pérdidas por caída de plantas con racimos que aún no han alcanzado su valor comercial, lo cual afecta de forma relevante la productividad que se alcanza con el uso de estas tecnologías.

Paralelo a esto, se produjeron daños severos en la red superficial de laterales y emisores durante el manejo agronómico de la plantación con labores manuales de limpieza de malas hiervas, deshoje, deshoje y cosecha del cultivo; así como por la acción de los agentes climatológicos y el vandalismo existente en algunas regiones. Por estas razones los gastos por concepto de reposición anual del sistema que están planificados en un 5%, han ascendido hasta 20% y a veces más, lo que afecta de forma relevante los costos de explotación.

Consecuencia de esta situación en la actualidad existen gran cantidad de áreas bananeras cuyos sistemas de riego localizado carecen o tienen en muy mal estado su red superficial de emisores y laterales.

Según Rogers y Lamm (2009)³, entre las claves para adoptar exitosamente Riego por Goteo Subsuperficial están: minimizar los problemas y asegurar la longevidad del equipamiento, enfatizando que para su diseño deben considerarse no solo las características de los suelos y aguas, sino no obviar componentes mínimos del equipo para eficientizar la distribución del agua y la durabilidad.

El desarrollo de los materiales termoplásticos y el advenimiento de nuevas tecnologías para la elaboración de emisores y otros elementos imprescindibles para poder sortear los problemas que se plantean a la hora de trabajar con tuberías goteadoras bajo tierra, han permitido el desarrollo y expansión del riego por goteo sub superficial o subterráneo (Ayars, 2007), el cual por su característica de profundización del volumen de suelo humedecido, puede ser una solución a los problemas del sistema radical somero del banano y a la protección del sistema de riego, mejorando el desenvolvimiento económico de las explotaciones bananeras regadas con riego localizado.

Teniendo en cuenta los elementos planteados se desarrolló el presente trabajo con el objetivo general de Elaborar los preceptos técnicos generales para el diseño agronómico de los sistemas de riego por goteo sub superficial en el cultivo del banano.

MÉTODOS

El trabajo consta de tres investigaciones, la primera realizada con la finalidad de determinar las necesidades diarias

netas de agua punta del banano para proyecto en las diferentes regiones del país, la segunda ejecutada con el objetivo de seleccionar el caudal nominal del gotero, su separación en el lateral y el número por planta, así como el número de laterales por hilera de planta y el tercero para conocer la profundidad de colocación adecuada de los laterales de goteo en un suelo Ferralítico Rojo.

Los trabajos experimentales fueron realizados en la Unidad de Desarrollo Científico Técnico del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola, enclavada en el municipio de Alquizar, provincia de Artemisa. (Latitud 22°46' N y Longitud 82° 37' W) a seis metros sobre el nivel del mar.

El suelo predominante es Ferralítico Rojo compactado^{4, 5}, siendo equivalente a la clasificación de Orthic Ferrasols según FAO/UNESCO, y el mismo ha sido ampliamente estudiado y caracterizado en cuanto a sus propiedades físicas por (Cid *et al.*, 2012).

Para determinar las necesidades diarias netas de agua punta, se utilizaron:

- Los valores medios de la evapotranspiración de referencia por provincia, reportados por el ISMET⁶ (Solano *et al.*, 2007).
- El valor punta del coeficiente de cultivo determinado a partir de datos experimentales de Martínez (1996)⁷.

Para seleccionar el caudal nominal del gotero, su separación en el lateral y el número por planta, así como el número de laterales por hilera de plantas, se trabajó de la siguiente forma:

- Se tomaron en cuenta los criterios de Hernández⁸ y Rodrigo *et al.* (1997), que plantean que para el banano el porcentaje mínimo de superficie a humedecer debe ser superior al 40% del marco de plantación del cultivo.
- Se utilizaron los valores de extensión del bulbo húmedo determinados por Rodríguez *et al.* (1998), a partir de distintos volúmenes de agua aplicados por goteros de 2, 4 y 8 L·h⁻¹ sobre la superficie de un suelo Ferralítico Rojo.
- Se consideraron los resultados alcanzados en un ensayo experimental conducido por Durañona y Rodríguez (2012) donde se probaron dos emplazamientos de laterales de riego, de un lateral por hilera de plantas y dos laterales por hilera de plantas.

Para establecer la profundidad de soterramiento del lateral de riego, se ensayaron a escala experimental:

- Cuatro posiciones de colocación del lateral de riego (superficial (TS), soterrados a 0,15 m (T15), a 0.30 m (T30) y a 0,45 m (T45) de profundidad) y un tratamiento testigo sin riego (TSR).

Para la comparación estadística del rendimiento, el análisis de varianza utilizado fue el correspondiente a un Bloque al Azar, realizando la Dócima de Tukey al 5% de probabilidad, cuando existieron diferencias significativas entre las medias.

³ ROGERS, D. & F. LAMM: Keys to successful adoption of SDI: minimizing problems and ensuring longevity. Proceedings of the 21st Annual Central Plains Irrigation Conference, Colby Kansas, February 24-25, 2009.

⁴ INSTITUTO DE SUELOS. MINAG.: Nueva versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Editorial Academia, La Habana, 102 pp. 1996a.

⁵ INSTITUTO DE SUELOS. MINAG. Correlación de la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, con Clasificaciones Internacionales (SOIL TAXONOMY y FAO-UNESCO) y Clasificaciones Nacionales (2da. Clasificación Genética y Clasificación de Series de Suelos). Publicación Interna. La Habana, 22pp. 1996 b.

⁶ SOLANO O. J; R. VÁZQUE: Mapa de Evapotranspiración de la Eto en Cuba. Informe de etapa 01 del proyecto ramal 22-07 del IIRD. Manuscrito. 2005.

⁷ MARTÍNEZ, R.: "Necesidades de agua para el cultivo del banano en los suelos Ferralíticos Rojos de la región de Alquizar". Trabajo de Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Inst. Inv. Riego y Drenaje. 102 p, 1996.

⁸ HERNÁNDEZ, J.M.: Algunas consideraciones sobre el volumen de suelo mojado y su importancia en el diseño y eficiencia de riego localizado. III Seminario Latinoamericano de Riego por Goteo. IICA. Brasil. p 286-308, 1979.

Con el fin de definir y evaluar económicamente la variantes experimentales más promisorias desde el punto de vista económico, se realizó un análisis utilizando como principales indicadores la rentabilidad y la relación beneficio costo (B/C), las cuales al decir de Muñoz (2007), constituyen indicadores muy útiles para recomendar la implementación de un proyecto de inversión sea a largo o corto plazo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de las necesidades diarias netas de agua punta, en dependencia de la región

En la Tabla 1 se muestran los valores calculados de la evapotranspiración del cultivo (ETc) punta por provincia, los cuales pueden ser utilizados en el cálculo de las necesidades netas de agua del banano en la etapa de diseño agronómico del sistema de riego.

TABLA 1. Valores calculados de la evapotranspiración del cultivo punta por provincia

Provincia	ETo	Kc	ETc	Provincia	ETo	Kc	ETc
Pinar de Rio	4,8	1,20	5,8	Sancti Spíritus	4,7	1,20	5,6
Artemisa	4,4	1,20	5,3	Camagüey	5,0	1,20	6,0
Isla de la Juventud	5,1	1,20	6,1	Ciego de Ávila	4,7	1,20	5,6
Mayabeque	4,4	1,20	5,3	Las Tunas	4,9	1,20	5,9
La Habana	4,7	1,20	5,6	Granma	4,9	1,20	5,9
Matanzas	4,5	1,20	5,4	Holguín	4,7	1,20	5,6
Cienfuegos	4,8	1,20	5,8	Santiago de Cuba	4,0	1,20	4,8
Villa Clara	4,5	1,20	5,4	Guantánamo	4,4	1,20	5,3

Selección del caudal nominal del gotero, su separación en el lateral y el número por planta, así como el número de laterales por hilera de plantas

La Tabla 2 muestra los porcentajes de superficie suelo humedecida obtenidos a partir de las áreas humedecidas alcanzadas por goteros de 1,5; 2 y 4 L·h⁻¹.

TABLA 2. Porcentaje de superficie humedecida obtenida a partir de diferentes caudales de goteros

Caudal (L·h ⁻¹)	Diámetro mojado (m)	Separación entre plantas (m)	Separación entre hileras (m)	P (%)	Laterales necesarios por hilera de plantas
1,5	0,66			22	2
2,0	0,84	2,0	3,0	28	2
4,0	1,22			41	1

En la misma se puede constatar que utilizando caudales de 1,5 y 2 L·h⁻¹son necesarios dos laterales para cumplir con el porcentaje mínimo de superficie a humedecer (P) del 40%, y manejando un caudal de 4 L·h⁻¹, sólo es necesario colocar un lateral por hilera de plantas, resultado éste similar a los reportados por Cote *et al.* (2003) y Rodríguez *et al.* (2003)⁹.

La Tabla 3 muestra los resultados económicos alcanzado con la aplicación de estos dos emplazamientos de laterales de goteo a una plantación de banano, encontrándose que la variante de colocar un lateral por hilera de planta, alcanza un porcentaje de superficie a humedecer superior al mínimo exigido con valor de 41% y presenta una rentabilidad económica muy superior a la variante de colocar dos laterales por hilera de plantas, la cual duplica el costo de la red superficial de laterales y emisores.

TABLA 3. Resultados económicos obtenidos a partir de dos emplazamientos de laterales por hilera en el cultivo del banano

Indicadores	Tratamientos	
	1 lateral/hilera	2 laterales/hilera
Área humedecida (%)	41,00	52,00
Rendimiento (t·ha ⁻¹)	102,77	104,66
Ingresos (peso·ha ⁻¹)	95 455.00	99 455.00
Costo de capital invertido (peso·ha ⁻¹)	57 045.00	107 594.00

⁹ RODRÍGUEZ, M.R., R. REY., V. TORRALBA y O. SARMIENTO: Comportamiento del patrón de mojado bajo riego por goteo sub superficial y superficial. 1er Congreso Internacional de Riego y Drenaje. Cuba Riego 2003. palacio de las Convenciones, Ciudad de La Habana, 2003.

Indicadores	Tratamientos	
	1 lateral/hilera	2 laterales/hilera
Costo de producción (peso·ha ⁻¹)	62 542.00	82 762.00
Rentabilidad (%)	27,20	8,80

Como colofón de este acápite podemos decir que con un lateral por hilera de plantas, utilizando emisores de 4 L·h⁻¹ espaciados a 0,60 m en el lateral y formando franja continua de humedecimiento, se puede lograr un porcentaje de superficie a humedecer mayor que el mínimo exigido para el banano (40%), con buenos rendimientos y alta rentabilidad económica

Determinación de la profundidad de soterramiento del lateral de riego

En la Tabla 4 se observan los rendimientos alcanzados por el banano, a partir de los diferentes emplazamientos de los laterales de goteo con que se le suministro el riego. Es de destacar que en las cosechas de los tres ciclos de producción, se alcanzaron rendimientos estadísticamente significativos a favor de los tratamientos soterrados, sobresaliendo el tratamiento T30, expresándose de esta forma las potencialidades productivas del riego por goteo subterráneo que según plantean, Lamm *et al.* (2007) y Génova *et al.* (2013a), los cultivos alcanzan sustanciales aumentos del rendimiento por existir mayor volumen de bulbo húmedo con humedad óptima y al disminuir la evaporación desde la superficie del suelo, aumentar la transpiración y por consiguiente la planta puede realizar los diferentes procesos fisiológicos con mayor intensidad, con lo que podrá elaborar una mayor cantidad de asimilados y alcanzar mayor crecimiento y rendimientos.

TABLA 4. Rendimiento (t·ha⁻¹) en los distintos tratamientos en los tres ciclos de producción estudiados

Ciclo de producción	Tratamientos					CV (%)	Es ±
	TS	T15	T30	T45	TSR		
Primer ciclo	41,07b	41,34b	44,52a	42,74b	25,66c	5,469	1,068
Segundo ciclo	47,17b	50,01ab	51,70a	51,16a	33,64c	4,480	1,048
Tercer ciclo	49,09b	50,59b	52,18a	49,65b	19,21c	5,503	1,238

Medias con letras distintas, difieren significativamente según prueba de Turkey al 5% de probabilidad.

En la Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos en los indicadores económicos calculados para los cuatro tratamientos experimentales (Martínez y Rodríguez, 2015). Como se puede observar, fue el tratamiento con laterales superficiales (T0) el que en mayores gastos por riego incurrió producto fundamentalmente de mayores gastos en mantenimiento del sistema, importe éste que supero en 24,48% al tratamientos con laterales soterrados a 15 cm (T15) y en un 51,14% a los tratamientos con laterales soterrados a 30 cm (T30) y 45 cm (T45), no obstante estos tratamientos con laterales enterrados haber tenido un gasto adicional de 1025.00 peso·ha⁻¹ por aplicación de herbicida Treflán, utilizado con la finalidad de prevenir la entrada de raíces dentro del emisor de riego según plantea Gury (1997).

Aun cuando el tratamiento con laterales soterrados a 15 cm contó con cierto enterramiento, se observa que no fue ésta garantía suficiente de su total protección, por lo que este tratamiento incurrió en gastos de mantenimiento superiores en un 21,42% a los obtenidos en los tratamientos más profundamente enterrados, resultados similares son reportados por Génova *et al.* (2013b) para laterales soterrados a 12cm comparados a los soterrados a 25 cm.

Como resultado de estos gastos y los mayores rendimientos obtenidos se observa en la Tabla 5, que fue el tratamiento T30 el que mayores utilidades netas después de impuestos (UNDI) obtuvo con 23 726.89 pesos·ha⁻¹ en los tres ciclos, importe éste que supero en un 42,04% a lo obtenido en el tratamiento T0, con laterales no soterrados. El impacto económico de este tratamiento queda demostrado al analizar el indicador beneficio – costo

(B/C), en este caso la relación obtenida por el tratamiento T30 muestra que los beneficios obtenidos por él, fueron superiores a los demás tratamientos, demostrando la conveniencia de su utilización.

TABLA 5. Resultados económicos del área experimental utilizando un tratamiento sin riego como testigo

Trat.	Inversión inicial	Gastos	Ingresos	Utilidades Netas	B/C
T0	3 869.00	20 930.36	41 178.00	16 704.30	1.96
T15	3 976.00	19 701.13	44 401.00	20 377.39	2.25
T30	3 976.00	20 165.13	48 925.00	23 726.89	2.42
T45	3 976.00	19 647.13	45 525.00	21 349.24	2.31

CONCLUSIONES

- Los valores obtenidos de evapotranspiración del cultivo punta por provincia, permiten el cálculo de las necesidades de agua del banano en la etapa de diseño agronómico de un sistema de riego localizado.
- Con goteros con caudal de 4 L·h⁻¹, espaciados a 0,6 m en el lateral y un lateral por hilera de plantas, se obtienen porcentajes de suelo humedecido superiores al mínimo exigido para el cultivo del banano.
- La profundidad de colocación más conveniente desde el punto de vista técnico-económico es la de 30 cm, con lo cual se obtienen los menores costos de mantenimiento, los mayores rendimientos y la mayor relación B/C

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYARS, J.E., D.A. BUCKS, F.R. LAMM AND F.S. NAKAYAMA: *Introduction, Micro irrigation for crop production design, operation and management*, pp. 473-551, Eds. Lamm, F.R., Ayars, J.E., and Nakayama, F.S. ISBN: Elsevier, 2007.
- CEVIK, B.: *Comparison of drip and basin irrigations systems in banana orchards on the southern coast of turkey*". *ISHS Acta Horticultural 228: IV International Symposium on Water Supplí and Irrigation in the Open and Protected Cultivation, [en línea] 1998, Disponible en: <http://www.actahort.org/books/228/index.htm>. [Consulta: mayo 22 2002].*
- CID, G, T. LOPEZ, F.GONZALEZ, J.HERRERA, M.R.RUIZ: "Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 2(2): 25 - 31, 2012.
- COTE, C.M., K.L. BRISTOW, P.B. CHARLESWORTH, F.J. COOK AND P.J. THORBURN: "Analysis of soil wetting and solute transport in subsurface trickle irrigation". *Irrigation Science*, ISSN: 0342-7188, 22(3/4): 143-156, 2003.
- DURAÑONA. I., M.R. RODRÍGUEZ: "Influencia de diferentes porcentajes de superficies de suelo humedecido sobre la respuesta del banano —no plantado en un suelo Ferralítico rojo compactado". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 21(2): 22-45, 2012.
- GÉNOVA, L. R. ANDREAU, P. ETCHEVERS; S.M. ZABALA, W. CHALE, M. ETCHEVERRY, C. ROMAY, H. SALGADO: Respuesta productiva del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo cubierta a la distribución de la humedad generada por riego por goteo subterráneo y superficial. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, ISSN: 0041-8676, 112(1):18-26, 2013a.
- GÉNOVA, L. R. ANDREAU, P. ETCHEVERS; M. ETCHEVERRY, W. CHALE, S.M. ZABALA, C. ROMAY: Diseño y operación de tres modalidades de riego por goteo de tomate y sus respuestas productivas *Revista Argentina de Ingeniería*, año 1, vol. 1 (1): 85-90, marzo de 2013b.
- GURY, D.: "Teflan Stops root penetration into sub-surface drippers". *International Water Irrigation Review*. 17(2): 1997.
- LAMM, F.R., J.E.AYARS AND F.S: NAKAYAMA: *Subsurface drip irrigation*, 551pp., Microirrigation for Crop Production - Design, Operation and Management. Ed: Elsevier Publications, ISBN. 2007.
- MARTÍNEZ, R. y I. LEÓN: "Régimen de riego del plátano (Musa AAA) en suelos pardos con carbonatos". *Ciencia y Técnica en la Agricultura, Riego y Drenaje*, ISSN: 0138-8487, 11(2): 45-48, 1988.
- MARTÍNEZ, R. O. PUIG "Distribución radical del banano con riego localizado de alta frecuencia" *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 8(2): 53-55, 1999a.
- MARTÍNEZ, R.,O. PUIG: "Importancia de aplicar dosis de riego de acuerdo a la demanda bioclimática en el cultivo del banano con microaspersión". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 8(3): 31-34, 1999b.
- MARTÍNEZ, R., M.R. RODRIGUEZ: Respuesta económica del cultivo de banano al riego por goteo subterráneo. *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 5(1), (enero-febrero-marzo), 27-33, 2015.
- MUÑOZ, C.: "Comparación económica de dos sistemas de producción de plátano en la zona norte de Costa Rica". *Tecnología en Marcha*, ISSN: 0379-3982, 20(3): 35-45, 2007.
- RODRIGO, J., J.M. HERNÁNDEZ., A. PÉREZ., J.F. GONZÁLEZ. Riego localizado. Ediciones MUNDI-PRENSA, ISBN. Madrid, España, 1997.
- RODRÍGUEZ, M.R., A. FIALLO Y V. TORRALBA: "Determinación de la extensión del bulbo húmedo para diferentes volúmenes de agua aplicado a partir de un emisor". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 7(1): 71-74, 1998.
- SOLANO O. J; R. VÁZQUEZ, A. CENTELLA, B. LAPINEL: *Una aproximación al Conocimiento de la Sequía en Cuba y sus Efectos en la Producción Agropecuaria [en línea] 2007, Disponible en: www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/[Consulta: noviembre 20 2009].*

Recibido: 14/04/2016.

Aprobado: 30/11/2016.

Manuel Reinaldo Rodríguez-García, Ingeniero en Riego y Drenaje, Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. Correo electrónico: dptoriego2@iagric.cu
Roberto Martínez-Varona, Correo electrónico: dptoambiente2@iagric.cu